



MARIA JACQUELINE DO NASCIMENTO MENDONÇA

**EVOLUÇÃO DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS E DO ESTADO DE TROFIA DA
LAGOA DE PORANGABUSSU, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL**

FORTALEZA - CEARÁ

2011



MARIA JACQUELINE DO NASCIMENTO MENDONÇA

**EVOLUÇÃO DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS E DO ESTADO DE TROFIA DA
LAGOA DE PORANGABUSSU, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Área de Concentração em Gestão e Saneamento Ambiental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Leonardo de Brito Buarque

FORTALEZA - CEARÁ

DEZEMBRO de 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M539e Mendonça, Maria Jacqueline do Nascimento.
 Evolução das condições limnológicas e do estado de trofia da lagoa de Porangabussu, Fortaleza, Ceará, Brasil / Maria Jacqueline do Nascimento Mendonça. - 2011.
 148 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental, Campus Fortaleza, 2011.
 Orientação: Prof. Dr. Hugo Leonardo de Brito Buarque.
1. Gestão Ambiental - Dissertação. 2. Ecossistemas lacustres. 3. Eutrofização. I. Título.
- CDD 628
-

MARIA JACQUELINE DO NASCIMENTO MENDONÇA

**EVOLUÇÃO DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS E DO ESTADO DE TROFIA DA
LAGOA DE PORANGABUSSU, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Área de Concentração em Gestão e Saneamento Ambiental, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em 20/12/2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hugo Leonardo de Brito Buarque (Orientador)
Instituto Federal do Ceará – IFCE

Prof^ª. Dr^ª. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral
Instituto Federal do Ceará – IFCE

Prof^ª. Dr^ª. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará – UFC

DEDICATÓRIA

Ao Meu Deus, criador de absolutamente tudo.
Imutável em seus atributos e por isso
sobrevivemos. Meu Deus, meu suporte.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico- FUNCAP, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador e Professor Dr. Hugo Leonardo de Brito Buarque, pelo desafio de me orientar nessa pesquisa, agradeço por sua presteza, respeito, serenidade e principalmente pelo seu apoio em tudo referente a esse trabalho. Um abraço amigo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará –IFCE, pela oportunidade a mim ofertada de me tornar uma profissional com qualificação.

À banca examinadora no exame de qualificação: Prof. Hugo Leonardo de Brito Buarque, Prof. Rinaldo dos Santos Araújo e a Prof^{ra}. Nájila Rejanne Julião Cabral, pela pronta disponibilidade em compor esta banca e contribuir com este trabalho.

À banca examinadora na defesa final: Prof. Dr. Hugo Leonardo de Brito Buarque, Prof^{ra}. Dr^a Nájila Rejanne Julião Cabral e a Prof^{ra}. Dr^a. Marta Celina Linhares Sales (Universidade Federal do Ceará – UFC), pelas sugestões que vieram oportunamente compor o documento final.

Aos meus pais, que me deram todos os valores que guardo como preciosidades. Minha mãe não entende absolutamente nada do que discurso, mas apóia e vibra com minhas vitórias.

Ao meu esposo Valney, por sua paciência e preciosa ajuda.

Ao meu filho Caio Rodrigo, meu bem mais precioso, minha mola mestra na conquista desse mestrado sempre me apoiando, um grande amigo.

À Milly por sua presença constante e fiel.

As minhas irmãs Fátima e Luzimar, principalmente por suas orações.

À minha irmã em Cristo Fátima Leandro, pelas orações, desabafos e incentivos preciosos.

Às minhas vizinhas Eloneide, Luana e Bete, obrigada por tudo.

À Andrea Cristina Ferreira da Silva, por todo apoio inicial.

Aos meus Professores do Programa de Pós-Graduação, todos muito queridos: Hugo, Rinaldo, Mabel, Catonny, Nájila, Priscila e Mickaela.

Ao querido Wilame, sempre presente, me dando encorajamento, carinho e provas de fé.

Aos colegas de turma: Lucimara, Mário, Eloiza, Taciane, Iara, Andrea César, Nilson, Zuleika, Patrícia, Aldenor, Leorne, Bruno Salgado, Bruno Santana, Herlen, Dany, Renata, Dinalva e Patrícia, foi bom tê-los conhecido nessa caminhada.

Ao Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias – LIAMAR/IFCE, na pessoa do Professor Bemvindo, por suas orientações tão necessárias, e por ter concedido o ambiente do laboratório como local para a realização das análises e logística das coletas de campo necessárias a efetiva realização deste trabalho.

Aos analistas do LQA, pela realização das análises físico-químicas, em especial a Jordana que enfrentou perigos para me ajudar nas entrevistas.

Ao André Porfírio, nunca vi alguém tão despojado em ajudar, muitíssimo obrigada.

À Isabelly (muito obrigada!), Aline, Tamires, Carla, Eduardo e André por serem os responsáveis por providenciarem toda a logística necessária para realização dos trabalhos laboratoriais e de campo.

A todos os analistas integrantes do LIAMAR, em especial ao Ivys, Nayane, Carlos, pela ajuda na realização das análises químicas e biológicas.

À Cris por seu apoio, sugestões e principalmente pelo seu carinho.

À Fabíola pela amizade e ajuda na aplicação dos questionários, sempre pronta a me ajudar.

À Irismar, Nádia, Vandinha e Valquíria, principalmente pelo carinho e a amizade que foi construída.

À Guarda Municipal de Fortaleza e ao Comando da Polícia Militar, pelo apoio dado nas coletas de campo.

À Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), pela disponibilidade de informações da localidade da região do Bairro Rodolfo Teófilo, onde a Lagoa do Porangabussu está inserida.

Aos professores Carlos Henrique e Sâmara, pelo apoio no empréstimo de equipamentos.

Ao Sr. Vagner (morador e usuário da Lagoa de Porangabussu), pela concessão do barco na primeira coleta nictemeral.

Ao Paulo Lima, pelas inúmeras vezes que tirou dúvidas em relação ao estudo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram e torceram pela conclusão deste trabalho.

RESUMO

Os ecossistemas lacustres, principalmente aqueles inseridos nas cidades, são responsáveis pela regulação dos microclimas urbanos, além de outros aspectos de grande importância para o homem e para o meio ambiente. Apesar disso, diversas lagoas urbanas brasileiras sofrem graves impactos ambientais cotidianamente. Neste contexto, a Lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, tem estado continuamente submetida a distintos impactos. O seu entorno é ocupado por áreas residenciais, comerciais e de serviços que contribuem para o processo de eutrofização artificial, devido ao constante aporte de esgotos despejados por meio de seus tributários. Nesse estudo, procurou-se avaliar a evolução das condições limnológicas e do estado de trofia deste ecossistema, no período de 2006 a 2011, bem como realizar um diagnóstico socioambiental com vistas a subsidiar ações de recuperação e de preservação. Então, dados climatológicos e de qualidade da água foram compilados ou obtidos experimentalmente. Também foram realizadas duas coletas nictemerais em dois períodos estacionais: seco e chuvoso, em três profundidades de um ponto escolhido com 2,5m de profundidade. Um IET de Lamparelli foi utilizado na estimativa do grau de trofia do ecossistema. Finalmente, parâmetros e testes estatísticos (e.g., Kruskal-Wallis, correlação de Spearman) foram aplicados aos dados, de modo a avaliar a relação das estações e condições climáticas com as variáveis limnológicas e com o estado de trofia da lagoa, como também a correlação entre os diferentes parâmetros de qualidade monitorados (e.g., oxigênio dissolvido, fósforo total, pH). Os resultados revelam que algumas variáveis estão fortemente correlacionadas entre si e ou com as condições climáticas, apresentando comportamentos distintos nas estações seca e chuvosa da região. Também foi verificado que a lagoa permaneceu predominantemente hipereutrofizada durante todo o período estudado. Ainda, apesar do entorno do ecossistema ser bem cuidado e agradável a sua utilização se torna restrita devido à grande violência que impera nas redondezas, bem como a visível poluição em que se encontram as águas da lagoa, inviabilizando assim usos como de banho e pesca.

Palavras-Chaves: ecossistemas lacustres, eutrofização, percepção ambiental.

ABSTRACT

The lacustrine ecosystems, especially those inserted in the cities, are responsible for the regulation of urban microclimates, and other issues of great importance to man and the environment. Despite this, several Brazilian urban lakes suffer severe environmental impacts daily. In this context, the Lagoon Porangabussu, in Fortaleza city, has been continually subjected to different impacts. Its surroundings are occupied by residential, commercial and services units that contribute to the process of eutrophication due to the constant inflow of sewage discharged through its tributaries. In this study, we intent to evaluate the variations of limnological conditions and trophic state of this ecosystem in the period 2006 to 2011, as well as a socioeconomic diagnostic in order to support social and environmental actions for the recovery and preservation. Then, climatological data and water quality were collected or obtained experimentally. Also, it was performed two nyctemeral samplings in two seasonal periods: dry and rainy season, in three depths of a chosen point to 2.5 m deep. A Lamparelli trophic state index was used to estimate the eutrophication of the ecosystem. Finally, parameters and statistical tests (eg, Kruskal-Wallis test, Spearman correlation) were applied to the data in order to assess the relationship of the seasons and weather conditions with the limnological variables and the trophic state of the lagoon, as well as the correlation between different quality parameters monitored (eg, dissolved oxygen, total phosphorus, pH). The results show that some variables are highly correlated among themselves or with the climate, with distinct behaviors in the dry and rainy seasons in the region. They also found that the lake remained predominantly hypertrophic throughout the study period. Yet, despite the surrounding ecosystem is well maintained and pleasing to their use becomes restricted due to the great violence that prevails in the area, as well as visible water pollution suffered by the lagoon, thus impeding uses such as bathing and fishing.

Keywords: lacustrine ecosystems, eutrophication, water quality, socioeconomic conditions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percentual das classes de IET dos pontos de amostragem dos corpos lóticos e lênticos monitorados pela Agência Nacional de Águas no ano de 2008	32
Figura 2 – Estratificação térmica e termoclinia num corpo aquático lêntico	42
Figura 3 – As principais lagoas urbanas de Fortaleza/CE	48
Figura 4 – Área de Estudo, destacando a Lagoa de Porangabussu	52
Figura 5 – Distribuição das médias mensais de precipitação no período de 1980-2010, em Fortaleza-CE.	54
Figura 6 – Pontos de coleta: Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3 e Ponto N (nictemeral)	58
Figura 7 – Mapa Batimétrico da Lagoa de Porangabussu	59
Figura 8 – Distribuição pluviométrica na área de influência da lagoa de Porangabussu no período de estudo (2006 a 2011).	67
Figura 9 - Localização dos tributários da lagoa de Porangabussu-CE identificados	69
Figura 10 – Diagrama de caixas para os dados compilados de temperatura da água	70
Figura 11 – Temperatura da água nos Pontos 1, 2 e 3, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	73
Figura 12 – Diagrama de caixas para os dados compilados de transparência da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	74
Figura 13 – Diagrama de caixas para os dados compilados de turbidez da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	75
Figura 14 – Turbidez da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	75
Figura 15 – Diagrama de caixas para os dados compilados de condutividade elétrica da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	76
Figura 16 – Condutividade elétrica da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	77
Figura 17 – Diagrama de caixas para os dados compilados de pH da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	78
Figura 18 – pH da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	78

Figura 19 – Diagrama de caixas para os dados compilados de alcalinidade total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	79
Figura 20 – Alcalinidade total da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	80
Figura 21 – Diagrama de caixas para os dados compilados de oxigênio dissolvido da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	81
Figura 22 – Oxigênio dissolvido da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	81
Figura 23 – Diagrama de caixas para os dados compilados de fósforo total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	83
Figura 24 – Fósforo total da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	83
Figura 25 – Diagrama de caixas para os dados compilados de ortofosfato solúvel da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	85
Figura 26 – Ortofosfato solúvel nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	85
Figura 27 – Diagrama de caixas para os dados compilados de teores de nitrato da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	86
Figura 28 – Diagrama de caixas para os dados compilados de teores de nitrito da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	87
Figura 29 – Diagrama de caixas para os dados compilados de teores de amônia total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009	88
Figura 30 – Diagrama de caixas para os dados compilados de clorofila <i>a</i> da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006- 2009	89
Figura 31 – Clorofila <i>a</i> nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011	89
Figura 32 - Índices de estado trófico do Ponto 1 da lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, no período de estudo: 2006 a 2011	91
Figura 33 - Índices de estado trófico do Ponto 2 da lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, no período de 2006 a 2011	91
Figura 34 - Índices de estado trófico do Ponto 3 da lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, no período de 2006 a 2011.	92
Figura 35 – Variação vertical e nictemeral para a temperatura da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011	94

Figura 36 – Variação vertical e nictemeral dos teores de oxigênio dissolvido da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011	95
Figura 37 – Variação vertical e nictemeral para o pH, da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011	96
Figura 38 – Variação vertical e nictemeral para a condutividade elétrica da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011	97
Figura 39 – Variação vertical e nictemeral para a turbidez da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011.	98
Figura 40 – Variação vertical e nictemeral para a alcalinidade total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011.	98
Figura 41 – Variação vertical e nictemeral para o fósforo total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011.	99
Figura 42 – Variação vertical e nictemeral para o ortofosfato solúvel da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011.	100
Figura 43 – Variação vertical e nictemeral para a clorofila <i>a</i> da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011.	101
Figura 44 – Situação habitacional dos respondentes	103
Figura 45 – Condomínio localizado na Rua Cel. Nunes de Melo, próximo a Lagoa de Porangabussu	104
Figura 46 – Entrada da Vila Samuel, localizada na Rua Ana Neri	104
Figura 47 – Residências localizadas na Rua Ana Neri	104
Figura 48 – Deposição de lixo na Rua Ana Neri (Limite Sul, da lagoa onde se localiza parte dos moradores próximos a chamada “Favela da SAMASA”)	105
Figura 49 – Resposta dos respondentes quanto a qualidade da água da Lagoa de Porangabussu	106
Figura 50 – Tributários que adentram na Lagoa de Porangabussu, nesse trecho a cor da água é marrom-escura	106
Figura 51 – Peixes mortos à margem da lagoa	107
Figura 52 (a e b) – Trecho da Lagoa de Porangabussu (Rua Cel. Nunes de Melo), impactada pelas ações antrópicas, presença de espuma e óleos proveniente provavelmente das galerias pluviais	107
Figura 53 – Vista parcial da lagoa, com ênfase os coqueiros às margens da mesma	108

Figura 54 – Vista parcial da lagoa com ênfase na presença de pássaros e na vegetação em parte de seu entorno	108
Figura 55 – Crianças em momento de lazer	109
Figura 56 – Resposta quantos aos cuidados estéticos no entorno da lagoa do Porangabussu-CE	109
Figura 57 – Retirada (“limpeza”) da vegetação do entorno da lagoa PMF	110
Figura 58 – Com a retirada da mata ciliar pelo corte, os resíduos da vegetação entram na lagoa, impactando ainda mais o ecossistema. (Trecho do entorno da Lagoa de Porangabusu, entre as Ruas Coronel Nunes de Melo e Ana Nery)	110
Figura 59 – “A limpeza” potencializa o assoreamento no entorno da lagoa.	111
Figura 60 – Reprodução digitalizada do Parecer 356/2010 do COÉTICA/UNIFOR, aprovado o projeto de pesquisa que viabilizou este estudo.	148

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vazões médias e disponibilidades hídricas no Brasil	23
Quadro 2 – Efeitos indesejáveis da eutrofização e seus problemas socioambientais	27
Quadro 3 – Caracterização trófica de corpos aquáticos e aspectos relacionados	29
Quadro 4 – Valores máximos de fósforo total para águas doces das classes 1, 2 e 3	39
Quadro 5 – Pontos monitorados na Lagoa de Porangabussu/CE	59
Quadro 6 – Parâmetros físicos e químicos monitorados pela PMF de 2006 a 2009, na Lagoa do Porangabussu-CE	61
Quadro 7 – Parâmetros físicos e químicos monitorados nos ciclos nictemerais	61
Quadro 8 - Critérios de classificação trófica utilizados por Lamparelli (2004)	63
Quadro 9 - Localização geográfica dos tributários identificados	69
Quadro 10 – Questionário socioambiental aplicado no estudo	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas das variáveis físicas e químicas na lagoa de Porangabussu-CE, para o período seco, nos anos de 2006 a 2009	71
Tabela 2 – Estatísticas das variáveis físicas e químicas na lagoa de Porangabussu-CE, para o período chuvoso, nos anos de 2006 a 2009	72
Tabela 3 – Estatísticas das variáveis limnológicas no Ponto N nas três profundidades	93
Tabela 4 – Número de respondentes por estágio de aplicação dos questionários	102
Tabela 5 – Número de respondentes categorizados em Usuários e Não Usuários	102
Tabela 6 – Parâmetros de qualidade de água compilados para a lagoa de Porangabussu no período seco nos anos de 2006 a 2009	141
Tabela 7 – Parâmetros de qualidade de água compilados para a lagoa de Porangabussu no período chuvoso nos anos de 2006 a 2009	142
Tabela 8 – Dados determinados para os pontos P.01, P.02 e P.03 em 2010 e 2011	143
Tabela 9 – Dados da campanha nictemeral de novembro de 2010 no Ponto N	144
Tabela 10 – Dados da campanha nictemeral de abril de 2011 no Ponto N	145
Tabela 11 – Médias mensais de precipitação monitorada nos anos 2006 a 2011	146
Tabela 12 – Médias mensais de temperatura do ar monitorada nos anos 2006 a 2011	146
Tabela 13 – Médias mensais de velocidade dos ventos monitorada nos anos 2006 a 2011	147
Tabela 14 – Médias mensais de evaporação monitorada nos anos 2006 a 2011	147
Tabela 15 – Médias mensais de umidade relativa do ar monitorada nos anos 2006 a 2011	147

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CE	Condutividade Elétrica
CL _a	Clorofila <i>a</i>
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CPQT	Centro de Pesquisa e Qualificação Tecnológica.
CV	Coeficiente de Variação
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Conta as Secas
DP	Desvio Padrão
DS	Disco de Secchi
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
LIAMAR	Laboratório Integrado de Águas Mananciais e Residuárias
LQA	Laboratório de Processos e Análises Químicas
IET	Índice de estado Trófico
NT	Nitrogênio Total
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PT	Fósforo Total

P-ORTO	Ortofosfato Solúvel
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
TRANSP	Transparência
T	Temperatura
TURB	Turbidez
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo Geral	21
2.2 Objetivos Específicos	21
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1 Água, Poluição Hídrica e Saúde Humana	22
3.1.1 Recursos hídricos no Brasil.	22
3.1.2 A urbanização e suas implicações socioambientais e sanitárias.....	23
3.2 Eutrofização de Corpos Hídricos	26
3.2.1 Nutriente limitante.	27
3.2.2 Graus de trofia.	28
3.2.3 Índices de estado trófico – IET	29
3.3 Avaliação da Qualidade da Água	33
3.3.1 Parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos	34
3.3.2 Estudos nictemerais	42
3.4 Sistemas Lacustres de Fortaleza/CE	45
3.4.1 A limnologia e os fatores condicionantes dos sistemas lacustres	45
3.4.2 As lagoas urbanas de Fortaleza/CE	46
4 MATERIAIS E MÉTODOS	52
4.1 Caracterização da Área de Estudo.....	52
4.2 Descritores Geoambientais da Lagoa de Porangabussu	53
4.2.1 Clima e pluviometria	53
4.2.2 Relevô	55
4.2.3 Geologia	55
4.2.4 Pedologia	56

4.3 Compilações de Dados e Procedimentos de Coleta	57
4.4 Cálculo do Índice do Estado Trófico	62
4.5 Caracterização Socioeconômica do Sistema Lacustre	63
4.6 Tratamento dos Dados	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5.1 Caracterização Limnológica Espaço-Temporal da Lagoa de Porangabussu	67
5.2 Índice de Estado Trófico	90
5.3 Estudos Nictemerais	93
5.4 Avaliação da Caracterização Socioeconômica e Ambiental dos Usuários e Não Usuários da Lagoa de Porangabussu e das Ruas Adjacentes à Lagoa.	101
6 CONCLUSÕES	113
7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
APÊNDICE A – Questionário	137
APÊNDICE B – Dados compilados a partir do convênio PMF/IFCE/CPQT	141
APÊNDICE C – Dados coletados nos anos 2010 e 2011.	143
APÊNDICE D – Dados climatológicos dos anos de 2006 a 2011	146
ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	148

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso de fundamental importância aos organismos na Terra, participando tanto de processos metabólicos essenciais à vida quanto dos sistemas reguladores do clima. Entretanto, o mau uso da água e os impactos a ela submetidos causam, na maioria das vezes, a degradação deste bem natural.

De acordo com Figueirêdo (2007), muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua capacidade de abastecimento de populações, de manutenção da vida aquática e de recreação. Uma das principais causas desse fato está relacionada ao processo de eutrofização dos corpos aquáticos, que dentre outros problemas, resultam na proliferação de cianobactérias, em detrimento de outras espécies aquáticas, as quais podem produzir toxinas fatais aos animais e aos seres humanos, quando submetidas a determinadas condições ambientais.

As lagoas, principalmente aquelas inseridas no meio urbano, proporcionam serviços relevantes para o Homem, muitos dos quais fazem parte do dia a dia de numerosas pessoas e constituem elemento indispensável para a manutenção da qualidade de vida em muitos municípios brasileiros. Dentre os serviços mais relevantes estão: ambiente de lazer, proporcionando socialização entre a comunidade; controle de inundação, por conter as cheias ao dar escoamento adequado às águas pluviais; receptor de efluentes domésticos e industriais; criação e manutenção da vida de diversos organismos aquáticos, valorização imobiliária das áreas circunvizinhas; beleza cênica e harmonia paisagística. No entanto, grandes aglomerados urbanos próximos aos corpos d'água e os consequentes usos e ocupações da área de drenagem da bacia hidrográfica têm a potencialidade de alterar a qualidade da água (ESTEVES, 1998).

Segundo Bozelli *et al.* (1992), estudos ecológicos nestes ecossistemas são necessários na medida em que muitos deles estão notadamente alterados, especialmente no que diz respeito às suas características abióticas. Além de tudo isso, não se pode minimizar o fato de que ecossistemas aquáticos que perdem sua capacidade de manutenção da vida acabam desaparecendo, gerando conflitos ainda não totalmente compreendidos para o ambiente.

Na cidade de Fortaleza-CE, diversas lagoas urbanas estão sob constante impacto, a lagoa de Porangabussu não é exceção. Desde de 2005, em notícias veiculadas pela mídia local, discute-se o projeto de urbanização da lagoa, “urbanização” essa, promovida pela gestão pública municipal, Universidade Federal do Ceará e associação dos moradores da localidade, em conjunto trabalhando para minimizar os impactos físicos como erosão e

assoreamento do corpo aquático e em particular a entrada de esgotos domésticos e industriais oriundos das residências e comércio próximos à lagoa.

Um episódio recente acometeu espécies de peixe na lagoa de Porangabussu, A Secretaria do Meio Ambiente e Controle Urbano de Fortaleza (SEMAM) autuou a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) por crime ambiental. De acordo com a SEMAM “a morte dos peixes que apareceram boiando na lagoa na manhã do dia 22 de novembro de 2011, foi causada por um vazamento de esgoto para a lagoa devido a uma obra da própria CAGECE” (MORTE..., 2011). De qualquer forma a mortandade de peixes na lagoa de Poragabussu não é um fato recente, visto que em 2006 e janeiro de 2007, houve mortandade. Laudos técnicos do Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) e o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) apontaram como causa de parte dessas mortes a insuficiência de oxigênio na água, resultado da presença de matéria orgânica oriunda de possíveis ligações de esgoto clandestinas (PMF, 2009).

Neste contexto, a Lagoa de Porangabussu, um patrimônio público e ambiental do Município de Fortaleza-CE, precisa ser cuidada, recuperada e preservada para as gerações futuras. Para tanto, esta lagoa precisa ser mais bem conhecida em seus aspectos ambientais, sociais e histórico-culturais. Assim, esse estudo busca contribuir na compreensão dos aspectos socioambientais, suas potencialidades e limitações desse importante ecossistema lacustre urbano da quinta mais populosa capital brasileira, e sua relação com os impactos ambientais, bem como com as intervenções do poder público sobre esse ecossistema.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições limnológicas e o estado de trofia da água da Lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, por intermédio de parâmetros físicos e químicos de qualidade e de índice de estado trófico no período compreendido entre 2006 e 2011, relacionando esse estado com os impactos antrópicos sofridos e com as ações do poder público.

2.2 Objetivos Específicos

- Compilar dados bimestrais de qualidade física e química da água da Lagoa de Porangabussu, em três pontos superficiais distintos, no período de três anos, compreendidos entre agosto de 2006 e agosto de 2009;
- Determinar dados limnológicos da lagoa nos três pontos superficiais já citados e realizar um estudo nictemeral em três diferentes profundidades, em dois períodos climáticos: estação seca (novembro de 2010) e estação chuvosa (abril de 2011);
- Levantar o perfil social e econômico dos moradores e usuários do entorno da lagoa.
- Avaliar a evolução do grau de trofia, com base na metodologia do índice do estado trófico de Lamparelli.
- Avaliar a evolução da qualidade da água e a opinião dos usuários diretos e indiretos em relação à qualidade da água, reurbanização da lagoa e ações do poder público no local.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Água, Poluição Hídrica e Saúde Humana

3.1.1 Recursos hídricos no Brasil

A água é um recurso natural limitado e de domínio público, dotado de valor econômico, cuja disponibilidade atual e das gerações futuras deve ser assegurada, em padrões de qualidade adequados aos seus respectivos usos (BRASIL, 1997). Atualmente, sabe-se que somente um pequeno percentual da água do planeta, águas doces superficiais e subterrâneas, está efetivamente disponível e pode ser obtida para consumo humano, constituindo os chamados recursos hídricos (TUNDISI, 2003b). Além disso, a distribuição de água na Terra não é homogênea, variando muito entre os continentes em razão das peculiaridades climáticas e geográficas. Há ainda a variabilidade natural das medidas dos volumes e vazões dos rios em determinadas bacias e microbacias hidrográficas (TUNDISI, 2003a).

No Brasil, que ocupa posição de destaque, relativamente aos recursos hídricos, tanto no continente sul-americano como no cenário mundial, possuindo mais de 50% da produção total de águas doces da América do Sul e quase 14% da disponibilidade hídrica mundial (REBOUÇAS *et al.*, 2006; SHIKLOMANOV *et al.*, 2000 *apud* MARENGO *et al.*, 2010), a distribuição geográfica de água também é heterogênea. O Quadro 1 apresenta dados de disponibilidade hídrica superficial¹ e vazões médias nas regiões hidrográficas brasileiras.

Além disso, a maioria dos recursos hídricos brasileiros também está desigualmente distribuída em relação à densidade populacional, haja vista que mais de 80% destes recursos estão localizados na Amazônia, compondo o ecossistema da floresta amazônica, uma região com baixa densidade demográfica, conquanto que a região semiárida do Nordeste, abrigando 35% da população brasileira, possua apenas 4% dos recursos hídricos do país (CONJUNTURA..., 2010; MARENGO *et al.*, 2010; SENRA, 2004), contribuindo significativamente para a já antiga problemática da escassez de água nesta região, o que explica uma das práticas tipicamente implementadas para garantir a oferta de água na Região Nordeste: a construção de açudes, que atuam de forma a armazenar água para os períodos secos, além de regularizar as vazões dos corpos d'água na região (CONJUNTURA..., 2010).

¹ A disponibilidade hídrica equivale à vazão com permanência de 95% (Q₉₅).

Quadro 1 – Vazões médias e disponibilidades hídricas no Brasil.

Regiões hidrográficas	Vazão média (m³/s)	Disponibilidade hídrica (m³/s)
Amazônica	132.145	73.748
Tocantins-Araguaia	13.799	5.447
Atlântico Nordeste Ocidental	2.608	320
Parnaíba	767	379
Atlântico Nordeste Oriental	774	91
São Francisco	2.846	1.886
Atlântico Leste	1.484	305
Atlântico Sudeste	3.162	1.109
Atlântico Sul	4.055	647
Paraná	11.414	5.792
Uruguai	4.103	565
Paraguai	2.359	782
Brasil	179.516	91.071

Fonte: CONJUNTURA... (2010).

Similarmente, as demais regiões do país, onde vivem mais de 60% da população, e que contavam com amplas reservas de recursos hídricos no passado, atualmente enfrentam também a ameaça crescente de escassez de água em decorrência do crescimento econômico e da urbanização acelerada (MARENGO *et al.*, 2010).

3.1.2 A urbanização e suas implicações socioambientais e sanitárias

É fato que os recursos hídricos sempre nortearam o estabelecimento ou a migração de populações em diversas áreas do planeta e, assim, o surgimento ou a extinção das civilizações. O uso destes recursos naturais permitiu que civilizações se abastecessem de alimentos e exportassem o excedente, criando riquezas e associando a água a uma melhor qualidade de vida das pessoas. Contudo, o uso inadequado desses mesmos recursos, observado, sobretudo, nas últimas décadas, tem proporcionado impactos negativos à própria humanidade (MACIEL-FILHO *et al.*, 2000; RODRIGUES, MALAFAIA, 2009).

Neste contexto, é importante destacar que são nas regiões metropolitanas e nos aglomerados urbanos, por apresentarem um significativo adensamento populacional, além de graves distorções urbanas (SILVA, DANTAS, 2010), onde se observa normalmente um maior

comprometimento dos recursos naturais, devido principalmente à degradação ambiental oriunda da poluição hídrica.

Aliás, em relação à poluição e à degradação ambiental, a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981, Art. 3º, grifo nosso), já aborda a problemática e dá as seguintes conceituações:

poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões estabelecidos;

degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente.

Assim, a escassez de água e outros graves problemas socioambientais das metrópoles brasileiras, tais como ocupações irregulares em áreas de risco, segregação socioespacial, proliferação de favelas e bairros com baixa qualidade de vida, assoreamento da rede hídrica e dos reservatórios de água doce, contaminação dos mananciais, dos aquíferos e de outros corpos aquáticos, aumento das cheias, entre outros, estão diretamente relacionados com a aceleração e o ritmo intenso com que tem se desenvolvido o processo de urbanização no Brasil (ANDREOLI, 2003 *apud* MONTEIRO, 2006; LOPES, MENDONÇA, 2010; RIBEIRO, 2008; TUCCI, 2010).

Percebe-se, então, que os ecossistemas aquáticos são áreas especiais que devem ser consideradas no processo de ocupação urbana, o qual por si só pode ser considerado como um elemento poluidor e pode influenciar não somente na quantidade de água, mas também na qualidade dos corpos hídricos (CORDEIRO, 2009; MONTEIRO, 2006).

Além disso, a qualidade dos recursos hídricos pode ser degradada a partir de um processo de urbanização mal conduzido, seja por intermédio da disposição inadequada de efluentes líquidos e resíduos sólidos, pela coleta de lixo precária ou inexistente, ou como consequência da emissão de poluentes veiculares e industriais (MONTEIRO, 2006; TUCCI, 2010). Ainda, pode-se dizer que a degradação dos corpos d'água pode ser estabelecida a partir de diversas fontes poluentes pontuais e difusas. As cargas pontuais são introduzidas por meio de lançamentos localizados, como aqueles que ocorrem a partir de redes de esgotos domésticos ou industriais, tratados ou não, e a partir de galerias de águas pluviais, que carregam diferentes poluentes. Contrariamente, as fontes difusas são introduzidas a partir de um ponto de lançamento não específico, como o escoamento superficial em áreas urbanas e

agrícolas, a infiltração no solo, e a precipitação de chuvas ácidas (BERNHARDT, 1990 *apud* GALLI, ABE, 2010; MOTA, 1997; VON SPERLING, 2005).

Estas fontes podem aumentar o teor de sólidos suspensos e dissolvidos, responsáveis por aumentar os níveis de cor e de turbidez da água, comprometendo os processos fotossintéticos; elevar a quantidade de material orgânico, que reduz o oxigênio dissolvido no corpo aquático; aumentar os teores de nutrientes, que transportados para os reservatórios resultam, em geral, na proliferação de algas; favorecer a deposição de metais pesados e outras substâncias nocivas, que acumulam nos sedimentos, podendo causar diversos problemas na biota; como também são responsáveis pelo surgimento de bactérias e vírus patogênicos (BOLLMANN, 2005; MARTINS, 2009).

Ressalte-se que a poluição hídrica constitui um tema de importância mundial, sendo assunto de matérias em todos os veículos de comunicação, quase diariamente, podendo ser definida como a introdução de qualquer matéria ou energia num corpo aquático que venha a alterar as propriedades de suas águas, afetando, ou podendo afetar, a saúde das espécies animais ou vegetais que dependam dessas águas ou com elas tenham contato, bem como prejudicando os legítimos usos que são feitos daquele corpo aquático (PORTUGAL, 2005 *apud* ASSIS, 2006; VON SPERLING, 1994).

Os poluentes químicos e agentes biológicos, oriundos das fontes já mencionadas, também podem alcançar o Homem por meio de ingestão direta da água, pelo contato da mesma com a pele ou mucosas, ou pelo seu uso em irrigação ou na preparação de alimentos, e desta forma, constituem um meio de transmissão de diversas doenças ao Homem (MOTA, 2008), o que revela a estreita relação entre a degradação ambiental da água e a saúde humana (CONFALONIERI *et al.*, 2010; LIBÂNIO *et al.*, 2005). Na verdade, tem-se estimado que 80% de todas as moléstias e mais de um terço de óbitos dos países em desenvolvimento, em que se inclui o Brasil, sejam causados pelo consumo de água contaminada e que, em média, até 10% do tempo produtivo de cada pessoa se perde por causa de doenças relacionadas à água (PAIVA, SILVA JUNIOR, 2004; PRÜSS-ÜSTÜN *et al.*, 2008 *apud* RODRIGUES, MALAFAIA, 2009).

3.2 Eutrofização de Corpos Hídricos

O lançamento dos diferentes poluentes, anteriormente mencionados, numa quantidade superior à capacidade de autodepuração de um meio aquático estabelece o estado de poluição do ecossistema receptor (MARTINS, 2009). Ademais, Toledo Jr. *et al.* (1983) comenta que enriquecimento do meio aquático por nutrientes, fenômeno denominado eutrofização, é um dos mais importantes processos que podem comprometer a qualidade das águas dos corpos d'água.

Estes nutrientes, particularmente os sais de nitrogênio e fósforo, indispensáveis ao crescimento da biota de um ecossistema aquático, quando presentes em excesso nos corpos d'água são geralmente responsáveis pelo crescimento excessivo de algumas espécies de algas e de plantas aquáticas, inclusive de cianobactérias potencialmente tóxicas, tornando-se um risco à saúde daquele sistema ecológico. Ressalte-se que a eutrofização pode ainda ser classificada como natural ou artificial, dependendo da forma como os nutrientes são adicionalmente fornecidos ao corpo hídrico (TOLEDO JR *et al.*, 1983; WELCH, LINDELL, 1992; ESTEVES, 1998; GALLI, ABE, 2010).

A eutrofização natural é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. Neste caso, o corpo aquático pode estabilizar, embora mais eutrofizado, quando a taxa de fornecimento de nutriente volta aos níveis anteriores, retornando a uma situação de equilíbrio (WELCH, LINDELL, 1992; ESTEVES, 1998).

A eutrofização artificial, cultural ou antrópica é o processo decorrente das atividades humanas, tais como as atividades agropastoris e industriais, e as ações degradantes decorrentes destas: disposição inadequada de resíduos e efluentes domésticos, industriais e de fertilizantes em recursos hídricos, lançamento de águas pluviais oriundas de centros urbanos em corpos aquáticos, entre outras. É um processo rápido e dinâmico, normalmente ocorrendo num período de dez a cinquenta anos, em que acontecem profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do ecossistema, podendo ser considerada uma forma de poluição, já que pode causar interferências com os usos desejáveis dos corpos d'água (WELCH, LINDELL, 1992; ESTEVES, 1998; VON SPERLING, 2005). Alguns efeitos indesejáveis da eutrofização e sua relação com problemas socioambientais são mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Efeitos indesejáveis da eutrofização e seus problemas socioambientais.

EFEITOS INDESEJÁVEIS	PROBLEMAS RELACIONADOS
Aumento da biomassa das algas, de macrófitas aquáticas e de alguns organismos consumidores.	Redução do valor estético, recreacional e comercial do corpo aquático, devido às florações algais, ao crescimento excessivo da vegetação, distúrbios com mosquitos e insetos, eventuais maus odores, etc.
Diminuição da biomassa de peixes e moluscos cultiváveis.	
Alterações na composição de espécies macrófitas e redução da diversidade de espécies.	Rejeição ou maior dificuldade no uso da água para abastecimento humano ou industrial e elevação nos custos de tratamento da água, em virtude das substâncias tóxicas e outros poluentes.
Aumento do número de espécies de algas potencialmente tóxicas ou não comestíveis.	Mortandades eventuais de peixes, em virtude dos baixos teores de oxigênio dissolvido ou toxicidade da água.
Redução da transparência da água e depleção do oxigênio dissolvido.	Redução na navegação e capacidade de transporte, com o desaparecimento gradual do corpo aquático, em virtude da diminuição do espelho d'água, da elevação do assoreamento e da deposição exagerada de sedimentos.
Eventuais condições anaeróbias no corpo d'água, com produção de amônia, metano, gás sulfídrico, e outros poluentes tóxicos.	

Fonte: GALLI e ABE (2010) e VON SPERLING (2005), com adaptações.

3.2.1 Nutriente limitante

A “Lei do Mínimo” de Liebig estabelece que o crescimento de um organismo seja limitado pela substância disponível nas quantidades mínimas relativas às suas necessidades (ODUM, 1971 *apud* TOLEDO JR *et al.*, 1983). Assim, um nutriente limitante é aquele, que sendo essencial para uma dada comunidade ecológica, limita o seu crescimento. Em baixas concentrações do nutriente limitante, o crescimento populacional é baixo. Com a elevação da concentração do nutriente limitante, também aumenta o crescimento populacional, até que outro nutriente passe a ser o limitante.

Thomann e Mueller (1987 *apud* VON SPERLING, 2005) sugerem a relação entre as concentrações de nitrogênio e fósforo (N/P) como critério para a estimativa preliminar do nutriente limitante do crescimento de algas em um lago. Assim, para valores de N/P muito superiores a dez, a limitação do meio é por fósforo, característico de grandes lagos, onde há predominância de fontes difusas de nutrientes; enquanto que para valores muito inferiores a dez, a limitação é por nitrogênio, típico de lagos pequenos, em que há predominância de fontes pontuais de nutrientes.

É ainda importante mencionar que muitos reservatórios brasileiros e a maioria dos lagos tropicais da América Latina são limitados por fósforo (TOLEDO JR *et al.*, 1983; SALAS, MARTINO, 1991 *apud* VON SPERLING, 2005). Outro aspecto relevante é que, em geral, é preferível dar uma maior prioridade ao controle das fontes de fósforo quando se pretende controlar a eutrofização num corpo aquático, haja vista que muitas algas têm a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, tornando ineficaz, nesses casos, o controle externo de fontes de nitrogênio (VON SPERLING, 2005).

3.2.2 Graus de trofia

A caracterização do estado de eutrofização, também denominado estado trófico de um corpo hídrico, envolve a determinação de níveis ou limites baseados no grau ou intensidade do fenômeno e das suas consequências, permitindo assim, o estabelecimento de critérios de tomada de medidas preventivas e corretivas para o processo de degradação da qualidade do recurso hídrico (TOLEDO JR *et al.*, 1983; VON SPERLING, 2005). Atualmente, esta caracterização tem sido feita por intermédio da seguinte classificação:

- ultraoligotróficos, corpos aquáticos limpos, com produtividade¹ muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água;
- oligotróficos, corpos aquáticos limpos, com baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis e decorrentes da presença de nutrientes sobre os usos da água;
- mesotróficos, corpos aquáticos com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas, na maioria dos casos, em níveis aceitáveis;
- eutrófico, corpos aquáticos com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
- hipereutrófico, corpos aquáticos afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e de nutrientes, com comprometimento acentuado dos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandade de peixes.

¹ A produtividade de um corpo aquático pode ser entendida como a capacidade de propiciar e suportar o desenvolvimento da vida.

No Quadro 3 é apresentada uma caracterização com os cinco níveis tróficos apresentados, sua relação com a produtividade e com os usos do corpo aquático, como também com os teores de fósforo total na água. Destaque-se que a literatura apresenta diversas outras classificações, com um número menor ou maior de níveis tróficos.

Quadro 3 – Caracterização trófica de corpos aquáticos e aspectos relacionados.

ASPECTO	CLASSE DE TROFIA				
	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Fósforo total (µg/L)	< 5	< 10 a 20	10 a 50	25 a 100	> 100
Produção de Biomassa	muito baixa	reduzida	intermediária	elevada	muito elevada
Fração de algas verde e cianofíceas	baixa	baixa	variável	elevada	muito elevada
Presença de Macrófitas	ausente a baixa	baixa	variável	elevada/baixa	Baixa
Dinâmica de produção	muito baixa	baixa	intermediária	elevada	Alta, instável
Dinâmica de oxigênio	normalmente saturado	normalmente saturado	variável: supersaturado na camada superior e abaixo da saturação na inferior	variável	muito instável: ausente a supersaturado
Prejuízo aos usos múltiplos	Baixo	Baixo	Variável	elevado	muito elevado

Fonte: VON SPERLING (2005), com adaptações.

3.2.3 Índices de estado trófico – IET

Conforme afirma Toledo Jr *et al.* (1983), “alguns autores sugerem ser mais adequado o uso de certos índices, denominados comumente de índices de estado trófico (IET)”, para inferir o nível trófico de um corpo hídrico. Bem (2009) explica que a inquestionável vantagem do uso de índices é fornecer à sociedade e à comunidade científica, de maneira objetiva e sucinta, a qualidade da água num determinado período temporal. Enquanto que uma das desvantagens é a perda da informação individual dos parâmetros que os compõem.

Carlson (1977), por meio da análise de dados coletados em lagos de regiões temperadas, propôs um IET que utiliza teores de clorofila *a*, transparência do disco de Secchi e a concentração do fósforo total, partindo de equações desenvolvidas por Vollenweider (1969), Vollenweider (1976), Kirchner e Dillon (1975), Sakamoto (1966), Dillon e Rigler (1974) e Lasenby (1975).

Pelo critério adotado por Carlson (1977), a definição do estado trófico considerou a duplicação da biomassa de algas para a divisão entre cada estado. Assim, toda vez que a concentração de biomassa dobra de algum valor base, um novo estado devia ser reconhecido. Devido às relações recíprocas entre concentração de biomassa e transparência do disco de Secchi, cada duplicação da concentração de biomassa pode resultar em perda da metade da transparência. Então, por intermédio da transformação dos valores do disco de Secchi em logaritmos na base 2, cada duplicação de biomassa pode ser representada pelo todo inteiro dos valores de disco de Secchi (BEM, 2009).

Bem (2009) explica ainda que nos estudos de Carlson (1977), após a avaliação de todos os dados, foi feita a regressão linear entre os parâmetros fósforo total e transparência do disco de Secchi. Os resultados permitiram observar que o fósforo apresentava melhor correlação com a transparência quando aquele era o fator limitante de crescimento. Assim, para o cálculo do IET de Carlson (1977), na equação de regressão do fósforo total, foram utilizados os valores de concentração correspondentes ao verão, pois para esta estação foi determinada a melhor correlação entre o fósforo e a clorofila *a*, devendo ser considerado que, em regiões de clima temperado, não é comum o florescimento de algas no inverno.

Toledo Jr *et al.* (1983) realizaram estudos para adequar a ambientes subtropicais, as equações desenvolvidas Carlson (1977). Esta adaptação foi considerada necessária para reduzir distorções nos valores de classificação, uma vez que, por exemplo, as condições climáticas são diferentes daquelas das regiões de clima temperado.

Da mesma forma que Carlson, Toledo Jr *et al.* (1983) aplicaram a análise de regressão linear aos valores de fósforo total, clorofila *a* e transparência do disco de Secchi a reservatórios do Estado de São Paulo. Como resultado deste estudo, equações para fósforo total, ortofosfato solúvel, clorofila *a* e transparência do disco de Secchi foram produzidas. Os resultados obtidos da aplicação do IET, alterado por Toledo Jr *et al.* (1983), devem ser interpretados de acordo com os seguintes critérios:

- oligotrófico, $IET < 44$;
- mesotrófico, $44 \leq IET \leq 54$;
- eutrófico, $IET > 54$.

Desde a realização dos estudos de Toledo Jr *et al.* (1983), a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) paulista tem aplicado este índice para a determinação do estado de eutrofização de ambientes lênticos no Estado de São Paulo.

Entretanto, em função das características dos corpos aquáticos variarem no tempo e espaço, em função do uso e ocupação do solo, houve a necessidade de alterações em alguns métodos de avaliação para que continuem a representar a realidade. Em função disso, em 1990, Toledo Jr alterou aquele IET inserindo outras categorias de trofia. A nova classificação utiliza como critérios:

- ultraoligotrófico, $IET < 24$;
- oligotrófico, $24 \leq IET \leq 44$;
- mesotrófico, $44 \leq IET \leq 54$;
- eutrófico, $54 \leq IET \leq 74$;
- hipereutrófico, $IET > 74$.

Este aperfeiçoamento foi necessário porque os corpos aquáticos são sistemas complexos, não estáticos e, desta forma, algumas considerações passam a não corresponder à realidade do ambiente. Mais recentemente, Lamparelli (2004) tem desenvolvido novos IET para ambientes subtropicais, seguindo a mesma metodologia de Toledo Jr *et al.* (1983), aplicando novamente a análise de regressão linear com o objetivo de melhor avaliar o grau de trofia de ambientes lênticos, e categorizando a trofia destes como:

- ultraoligotrófico, $0 \leq IET \leq 47$;
- oligotrófico, $47 \leq IET \leq 52$;
- mesotrófico, $52 \leq IET \leq 59$;
- eutrófico, $59 \leq IET \leq 63$;
- supereutrófico, $63 \leq IET \leq 67$;
- hipereutrófico, $IET > 67$.

Ressalte-se que, apesar do desenvolvimento de diferentes IET, não existe no Brasil um trabalho suficientemente amplo de avaliação do grau de eutrofização dos ecossistemas aquáticos continentais. Contudo, a Agência Nacional de Águas (ANA), autarquia federal vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros, tem avançado nesse sentido, nos últimos anos. Em 2008, por exemplo, a ANA determinou o IET proposto por Lamparelli (2004) para 311 corpos lênticos (açudes e reservatórios) e 1.541 ambientes lóticos (rios, córregos, ribeirões). Os quantitativos percentuais dos ambientes lênticos e lóticos, enquadrados em cada uma dos seis níveis tróficos considerados, são mostrados respectivamente nos gráficos da Figura 1.

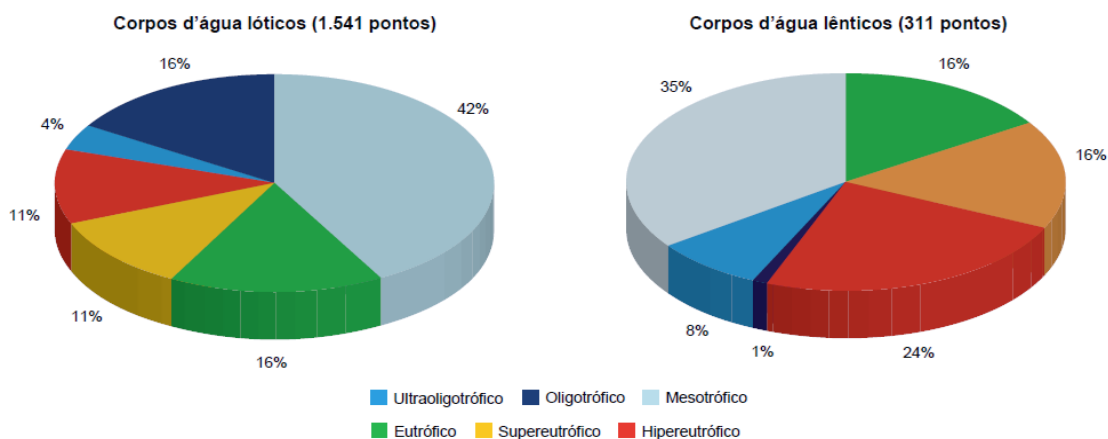


Figura 1 – Percentual das classes de IET dos pontos de amostragem dos corpos lóticos e lênticos monitorados pela Agência Nacional de Águas no ano de 2008. Fonte: CONJUNTURA... (2010).

Pode-se perceber um predomínio de sistemas não eutrofizados para os corpos aquáticos lóticos monitorados, enquanto que, para os ambientes lênticos, há uma predominância de sistemas eutrofizados (eutróficos a hipereutrófico). A Agência Nacional de Águas (CONJUNTURA..., 2010) ainda relata que os pontos mais críticos com relação ao IET encontram-se principalmente nos açudes da Região Nordeste, nos corpos d'água que recebem efluentes domésticos das regiões metropolitanas e nos corpos d'água de pequeno e médio porte na Bacia do rio Tocantins.

A eutrofização dos corpos aquáticos brasileiros pode ser ainda mais preocupante, ao se considerarem os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (ATLAS..., 2007), levando-se em conta as estimativas da produção média de esgoto por habitante, pois é possível verificar que, na grande maioria das bacias hidrográficas, o volume de esgoto coletado é baixo, menor que 50%, em relação ao produzido pelos municípios ali situados, principalmente para as grandes bacias hidrográficas.

3.3 Avaliação da Qualidade da Água

Os maiores e urgentes desafios para a gestão sustentável e eficiente dos recursos hídricos se baseiam nas demandas crescentes para o abastecimento humano e para a conservação da qualidade ambiental, e pressupõem uma distribuição equitativa das disponibilidades hídricas entre usos e usuários competitivos (BASSO, CARVALHO, 2007; LEMOS *et al.*, 2010).

A qualidade da água de um corpo hídrico é um aspecto de fundamental importância quando este recurso natural está sujeito a atividades antropogênicas, e assim, embora diversos critérios possam ser usados na caracterização dos usos e da magnitude dos impactos gerados pela ação antrópica nos variados ecossistemas aquáticos (BASSO, CARVALHO, 2007; LEMOS *et al.*, 2010),

os estudos de qualidade da água [...] buscam fornecer informações para a detecção e predição de processos de eutrofização, salinização, contaminação, princípios de manejo e gestão destes recursos, assim como para a elaboração de modelos produtivos que viabilizem o aumento da vida útil dos corpos aquáticos [...] (DINIZ *et al.*, 2006, p. 2).

Neste sentido, Lemos *et al.* (2010, p. 156) afirmam que

o monitoramento da qualidade da água se apresenta como um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que [...] possibilita o acompanhamento do processo de uso dos cursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental.

Barbosa (1994 *apud* MARROTA *et al.*, 2008, p. 68) reiteram esta asserção definindo um programa de monitoramento ecológico como “a tentativa de identificar mudanças nas variáveis bióticas e abióticas de maneira a gerar propostas de manejo para viabilizar o uso futuro dos recursos existentes”. Mencione-se, ainda, que

com os dados de qualidade da água obtidos durante períodos relativamente longos de tempo, estes estudos permitem a descrição dos ecossistemas aquáticos possibilitando avaliar a intensidade das modificações [...] pelas interações entre as variáveis físicas, químicas e biológicas, fornecendo um quadro diagnóstico de suas condições ecológicas e a compreensão dos mecanismos de resposta do sistema aos estímulos internos e externos. (DINIZ *et al.*, 2006, p. 2).

3.3.1 Parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos

A dinâmica dos processos biológicos, físicos e químicos determina as condições da qualidade da água (LAZZARO, 1997). Assim, na avaliação das características de uma água, diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos devem ser determinados. Entre os parâmetros mais utilizados para este fim, por estarem diretamente relacionados aos usos do solo e demais atividades antrópicas na bacia de drenagem, destacam-se : a concentração dos nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, os teores de oxigênio dissolvido e de clorofila *a*, bem como os valores de pH, de turbidez e de densidade de coliformes termotolerantes e totais no corpo d'água. Os principais parâmetros e propriedades relacionadas às características de uma água são sucintamente descritas em cada uma das alíneas a seguir apresentadas.

a) Temperatura

A mais importante característica física da maioria dos sistemas lacustres é o perfil de temperaturas do corpo aquático, mormente as variações de temperatura com a profundidade na massa de água (RAFFERTY, 2011). A temperatura influencia em algumas propriedades da água, com reflexos sobre a vida aquática. A transferência de calor, por radiação, condução e convecção, pode ocorrer a partir da atmosfera e do solo ou, ainda, pode ter origem em despejos industriais. As elevações de temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, aumenta também a taxa de transferência dos gases, o que pode causar mau cheiro, além de diminuir na solubilidade dos gases (e.g., oxigênio dissolvido), e assim, influenciando nos processos de estratificação térmica (LARENTIS, 2004; MARTINS, 2009).

As variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, e podem apresentar estratificação vertical. A temperatura da água é influenciada por fatores tais como radiação disponível, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ZUMACH, 2003 *apud* TOMAZELA, 2008).

b) Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é definida como o grau de atenuação de intensidade, que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (RELATÓRIO..., 2003). A turbidez não depende estritamente da concentração de sedimentos em suspensão, mas também de outras características do sedimento, tais como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica (SANTOS *et al.*, 2001).

A avaliação da turbidez é importante, pois, ela influencia a intensidade de luz que difunde no meio hídrico, como também a absorção de calor no compartimento aquático. Altos valores de turbidez podem ocasionar aumento de temperatura, redução da luz disponível para as plantas, com alteração na taxa de fotossíntese, além de interferir nos usos doméstico, industrial e recreacional de um corpo de água. A presença de turbidez pode ocorrer naturalmente, em função do processo de erosão, e artificialmente, em função de lançamento de despejos domésticos e industriais. A fauna e flora, também, podem sofrer distúrbios em função da redução em termos de penetração de luz (DERISIO, 2000).

Segundo os padrões de qualidade de água, estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005), os valores de turbidez para as águas de classe ¹ 1, 2 ou 3 não devem exceder 40, 100 ou 100 UNT, respectivamente.

c) Potencial hidrogeniônico e Alcalinidade

O potencial hidrogeniônico (pH) indica a condição de acidez, basicidade ou neutralidade da água. O pH pode ser resultado de fatores naturais e antrópicos. Altos valores de pH em águas podem estar associados à proliferação de vegetais, pois com o aumento das taxas fotossintéticas, há consumo de gás carbônico e, portanto, diminuição do ácido carbônico da água e consequente aumento do pH (VON SPERLING, 2005). Considerando-se que o pH é uma das variáveis ambientais mais significativas e, ao mesmo tempo, uma das mais difíceis de interpretar, o que se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo (ESTEVES, 1988). Um exemplo desta importância está associado ao fato do pH, juntamente com a temperatura, influenciar a transformação do íon amônio em amônia molecular (NH_3), forma potencialmente mais tóxica no ambiente hídrico (ELLIS, 1989).

A acidez no meio aquático é causada, principalmente, pela presença de gás carbônico, ácidos minerais e sais hidrolisados. A acidificação do meio pode ocorrer devido à liberação do íon hidrogênio, quando um ácido reage com a água. As variações do pH no meio aquático estão relacionadas, ainda, à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese (PEREIRA, 2004).

¹classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros (BRASIL, 2005).

Por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, este parâmetro deve ser considerado, uma vez que os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade em contrapartida, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes (TOMAZELA, 2008). Geralmente, um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

Quanto à alcalinidade, esta representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar, e tamponar ácidos a ele adicionados. Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (ESTEVES, 1988). Segundo Sawyer *et al.* (1994 *apud* VILAR, 2009), dentre os íons que conferem alcalinidade às águas naturais, destacam-se por sua abundância os bicarbonatos, já que são formados em quantidades razoáveis por ação do dióxido de carbono que age sobre materiais calcários presente no solo, promovendo sua dissolução.

d) Condutividade Elétrica

Condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2007).

Esteves (1998) salienta que esta variável é muito importante, pois, pode fornecer informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático, sobre a produção primária (redução dos valores da condutividade elétrica) e decomposição (aumento dos valores da condutividade elétrica), bem como sobre outros fenômenos que ocorrem na bacia de drenagem. Avaliando os valores de condutividade elétrica, podem-se detectar, ainda, algumas fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos (CRUZ, 2003).

e) Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (O.D) na coluna d'água possui ampla importância na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos, como em relação à respiração e metabolismo dos organismos aeróbios, agindo desta forma como fator limitante à sobrevivência, para a manutenção de processos bioquímicos (como fotossíntese e decomposição de matéria orgânica) e na dinâmica de parâmetros físico-químicos (como potencial de oxi-redução e pH), além da dinâmica de nutrientes na coluna d'água. As principais fontes de oxigênio para o lago são a difusão da atmosfera e a produção pela fotossíntese, ocorrendo principalmente nas camadas superiores da coluna d'água (LAMPERT, SOMMER, 1997 *apud* VARGAS, 2005).

De acordo com Carmouze (1994) e com Jordão *et al.*, (2007), a mensuração das concentrações de oxigênio dissolvido além de possibilitar a avaliação das condições aeróbias dos sistemas aquáticos, sendo de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água, detecta impactos ambientais, como a eutrofização e poluição orgânica.

Uma concentração apropriada de oxigênio dissolvido é essencial à manutenção dos processos naturais de autodepuração em sistemas aquáticos. Baixos conteúdos de OD indicam a presença de substâncias, como material orgânico biodegradável e íons em mais baixo estado de oxidação como Fe^{2+} e Mn^{2+} (Jordão *et al.*, 2007), pois, as bactérias decompositoras fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, durante a estabilização do material orgânico. O oxigênio dissolvido é um elemento de importância vital para os seres aquáticos aeróbios. Pohling (2009) destaca que a maioria dos macro e microrganismos não sobrevive a uma concentração de oxigênio abaixo de certo valor mínimo. Em se tratando da sobrevivência dos peixes, por exemplo, uma concentração de 3 a 4 mg/L é usualmente considerada baixa para este fim (PITTER, 1993 *apud* MARTINS, 2009).

No controle da solubilidade do O_2 na água, a temperatura é o fator mais relevante, pois a solubilidade dos gases em água diminui com a elevação da temperatura, a quantidade de oxigênio que solubiliza a 0°C (14,2 mg/L) é quase o dobro da que solubiliza a 35°C (7,0 mg/L). Embora insignificante quando comparada à temperatura, a salinidade também influencia na capacidade da água em dissolver oxigênio. O aumento da salinidade diminui a solubilidade do O_2 na água. Assim, a quantidade de minerais ou a presença de elevados teores de sais dissolvidos em decorrência de atividades potencialmente poluidoras podem, mesmo que em pequena intensidade, influenciar o teor de OD na água (FIORUCCI, BENEDITTI FILHO, 2005).

Os níveis de oxigênio dissolvido podem indicar poluição por despejos orgânicos que demandam oxigênio para sua decomposição. Dependendo da intensidade com que o oxigênio é consumido e da taxa de aeração do ambiente, pode ocorrer a morte de diversos seres aquáticos devido à ausência deste elemento. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se condições anaeróbias do ambiente e geração de condições redutoras, aumentando a toxicidade de muitos elementos químicos que, assim, tornam-se mais solúveis (BALLS *et al.*, 1996). As principais fontes de oxigênio na água são a troca com a atmosfera (aeração), a produção pelos organismos produtores primários via fotossíntese e a própria água.

Segundo os padrões de qualidade de água, estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005), os limites mínimos de oxigênio dissolvido estabelecidos para as águas de classes 1, 2 e 3 são 6, 5 e 4 mg/L, respectivamente.

f) Fósforo

Em águas naturais, o fósforo apresenta-se predominantemente na forma de fosfatos. Estes são classificados em ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta e outros polifosfatos) e fosfatos aderidos a sólidos. Podem estar em solução, particulados ou aderidos em organismos aquáticos (STANDARD..., 1995). Chapra (1997) apresenta uma nomenclatura representativa para as diferentes formas de fósforo encontradas em águas naturais, conforme apresentado a seguir:

- Fósforo inorgânico dissolvido - chamado de ortofosfato ou fósforo reativo dissolvido é a principal forma de fosfato assimilado pelos vegetais aquáticos e pode ser constatado sob diferentes espécies iônicas, em função do pH do meio: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} ;
- Fósforo orgânico particulado - presente nos seres vivos e nos detritos orgânicos;
- Fósforo orgânico não particulado - dissolvido ou presente em colóides de compostos orgânicos que contenham fósforo. É originado da decomposição do fósforo orgânico particulado;
- Fósforo inorgânico particulado - fosfatos minerais e fosfatos complexados ou adsorvidos a materiais sólidos;
- Fósforo inorgânico não particulado: fosfatos condensados, como os encontrados nos detergentes.

Segundo Esteves (1998), o fósforo presente em ecossistemas aquáticos continentais origina-se de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fósforo. Outros fatores naturais, que permitem o aporte

de fósforo, podem ser apontados, como o material particulado presente na atmosfera e o fósforo resultante da decomposição de organismos de origem alóctone (originado fora do lugar em que se encontra). As fontes artificiais de fósforo mais importantes são os esgotos domésticos e industriais e o material particulado de origem industrial contido na atmosfera (SILVA, 1997).

Esteves (1998) ressalta que, na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal fator limitante da produtividade primária fitoplanctônica. Salas e Martino (2001), analisando vários corpos aquáticos em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul e do Caribe, observaram que a limitação do fitoplâncton nos mesmos é devido, principalmente ao fósforo. Além disso, tem sido apontado como agente principal da eutrofização nesses ecossistemas, a qual pode ocasionar modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio, levando a perdas em sua produtividade e biodiversidade (LAMPARELLI, 2004).

No Brasil, era adotado um padrão de qualidade de água cuja concentração máxima de fósforo total permitida, estabelecida pela Resolução CONAMA nº 20 (BRASIL, 1986), era de 25 µg/L para águas doces, enquadradas nas classes 1 e 2. No entanto, no ano de 2003, foi criado um grupo de trabalho para revisão da legislação em questão e, então, foram propostos novos valores para o fósforo total.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) acompanhou os trabalhos desenvolvidos e, na ocasião, os participantes entenderam que o padrão anterior era muito restritivo e não refletia a realidade brasileira. A nova proposta foi aceita, vindo a fazer parte do conteúdo da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005). Os novos padrões para cada tipo de ambiente aquático são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Valores máximos de fósforo total para águas doces das classes 1, 2 e 3

CLASSE	AMBIENTE	FÓSFORO TOTAL (µg/L)
Classe 1	Lêntico	20,0
	Intermediário *	25,0
	Lótico	100,00
Classe 2	Lêntico	30,0
	Intermediário *	50,0
	Lótico	100,0
Classe 3	Lêntico	50,0
	Intermediário *	75,0
	Lótico	150,0

Fonte: BRASIL (2005), com adaptações.

Nota: * ambientes com tempo de residência de 2 a 40 dias ou tributários de ambientes lênticos.

g) Nitrogênio

O nitrogênio, assim como o fósforo, também desempenha papel fundamental nos ecossistemas aquáticos, sendo um dos elementos mais importantes desses ecossistemas, possuindo comportamento químico complexo em virtude das várias formas que pode assumir e dos impactos que a mudança do estado de oxidação pode trazer aos organismos vivos (LIMA *et al.*, 2001).

Dentro de seu ciclo na biosfera, o nitrogênio se alterna entre várias formas e estados de oxidação, como resultado de diversos processos bioquímicos. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico, amônia (NH_3), amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (VON SPERLING, 2005).

Amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) são as formas iônicas (reativas) mais comuns de nitrogênio inorgânico dissolvido em ecossistemas aquáticos (RABALAIS, 2002). Estes íons podem estar presentes naturalmente, como resultado da deposição atmosférica, escoamento superficial e subterrâneo, dissolução de rochas ricas em nitrogênio, fixação de N_2 por certos seres procariontes (em particular cianobactérias com heterocistos) e degradação biológica da matéria orgânica (WETZEL, 2001; RABALAIS, 2002).

Além de fontes naturais, o nitrogênio inorgânico pode, em ecossistemas aquáticos, ser proveniente de fontes derivadas de atividades humanas. Fontes não pontuais geralmente são de maior relevância que fontes pontuais, pois, estas normalmente são maiores e de mais difícil controle (HOWARTH *et al.*, 2000).

Segundo Campbel (1973), nitrogênio amoniacal ocorre, naturalmente, nas águas de superfície e em águas residuárias, pois, a amônia é o principal produto de excreção dos organismos aquáticos. O nitrogênio amoniacal se apresenta em duas formas dissolvidas: o amoníaco ou amônia e o íon amônio, cujas proporções dependem do pH, da temperatura e da salinidade presente no ambiente. Como o nitrogênio na forma de amônia é mais tóxico, as concentrações de amônio podem elevar-se sem que sua toxicidade se torne crítica (pH e temperatura dentro de certos limites). O amônio tende a ser transformado em nitrito e, posteriormente, em nitrato ($NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$) em um processo que consiste de duas etapas, em que atuam as bactérias aeróbias autotróficas *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, respectivamente (WETZEL, 2001).

O nitrogênio na forma de nitrito é o estado intermediário entre o amônio e o nitrato. Em baixas concentrações de oxigênio, pode haver redução do nitrato (desnitrificação),

elevando as concentrações de nitrito. Altas concentrações de nitrito podem significar grande atividade bacteriana e carência de oxigênio (BAUMGARTEN *et al.*, 1995).

O nitrato é a forma mais estável do nitrogênio, sendo um dos principais nutrientes utilizados pelos produtores primários. É regenerado por via bacteriana a partir do nitrogênio orgânico que, pela decomposição da matéria orgânica, transforma-se em nitrogênio amoniacal. Portanto, a produção do nitrato resulta da oxidação bacteriana do amônio, tendo o nitrito como intermediário (BAUMGARTEN, POZZA, 2001).

Todavia, amônio, nitrito e nitrato podem ser removidos da água por macrófitas, algas e bactérias, as quais podem assimilar estas formas de nitrogênio. Em águas anaeróbias e sedimentos anóxicos, bactérias anaeróbias facultativas (exemplo: *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*) podem utilizar nitrito e nitrato comoceptor final de elétrons, resultando na formação de N_2O e N_2 (WETZEL, 2001; PAERL *et al.*, 2002).

As diferentes formas dos compostos de nitrogênio, encontradas no meio aquático, podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas (LIMA *et al.*, 2001). Von Sperling (2005) salienta que o nitrogênio orgânico e o amônio estão associados a efluentes e águas recém poluídas. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, se condições aeróbias estão presentes, a oxidação da amônia acontece transformando-se em nitrito e nitrato, respectivamente, indicando poluição mais remota.

Segundo Camargo e Alonso (2006), os três principais problemas ambientais, em relação à poluição com nitrogênio inorgânico, são: 1- aumento da concentração de íons de hidrogênio nos ecossistemas aquáticos, quando há o processo de nitrificação, resultando em acidificação desses sistemas ecológicos; 2- estímulo ou aumento do desenvolvimento, manutenção e proliferação de produtores primários, o que pode ocasionar a eutrofização de ecossistemas aquáticos, podendo, em alguns casos, induzir a ocorrência de algas tóxicas; 3- limitação e, ou redução da capacidade de sobrevivência, crescimento e reprodução de animais aquáticos, como resultado da toxicidade direta de compostos nitrogenados inorgânicos.

Os limites máximos estabelecidos na Resolução do CONAMA n.º 357 (BRASIL, 2005) para concentrações de nitrato e nitrito, respectivamente, são de 10 e 1 mg/L, para águas de classe 1, 2 e 3. Os valores máximos da concentração de nitrogênio amoniacal total são dependentes do pH, sendo de 3,7; 2,0; 1,0 e 0,5 mg /L para valores de pH de 7,5; $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; $\text{pH} > 8,5$, respectivamente.

3.3.2 Estudos nictemerais

O conhecimento da dinâmica de um ecossistema aquático é uma premissa básica para a compreensão dos processos ecológicos que nele ocorrem (ESTEVES *et al.* 1988). A dinâmica de corpos dulciaquícolas lênticos é fortemente dependente da estratificação térmica da coluna d'água. Esta estratificação térmica é resultado da má distribuição do calor solar absorvido entre as diferentes camadas líquidas no interior do corpo aquático (RAFFERTY, 2011; WETZEL, 1983 *apud* GONÇALVES, 2001).

Consequentemente, no processo de estratificação, desenvolve-se na região superficial de um corpo hídrico, uma camada de águas menos densas e com temperatura relativamente uniforme e quente, denominada de epilímnio; uma porção intermediária do corpo aquático, denominada metalímnio, caracterizada por uma termoclina, isto é, uma marcante queda de temperatura com a profundidade; e uma camada de águas mais densas com temperaturas relativamente uniformes e mais frias, conhecida como hipolímnio (WETZEL, 1983 *apud* GONÇALVES, 2001). A Figura 2 ilustra a estratificação térmica num corpo aquático lêntico.

Esteves *et al.* (1988) afirmam, ainda, que a persistência da estratificação térmica dos ecossistemas aquáticos depende de diversos fatores como clima, temperatura e salinidade da água, área e profundidade do corpo aquático, e do regime de ventos.

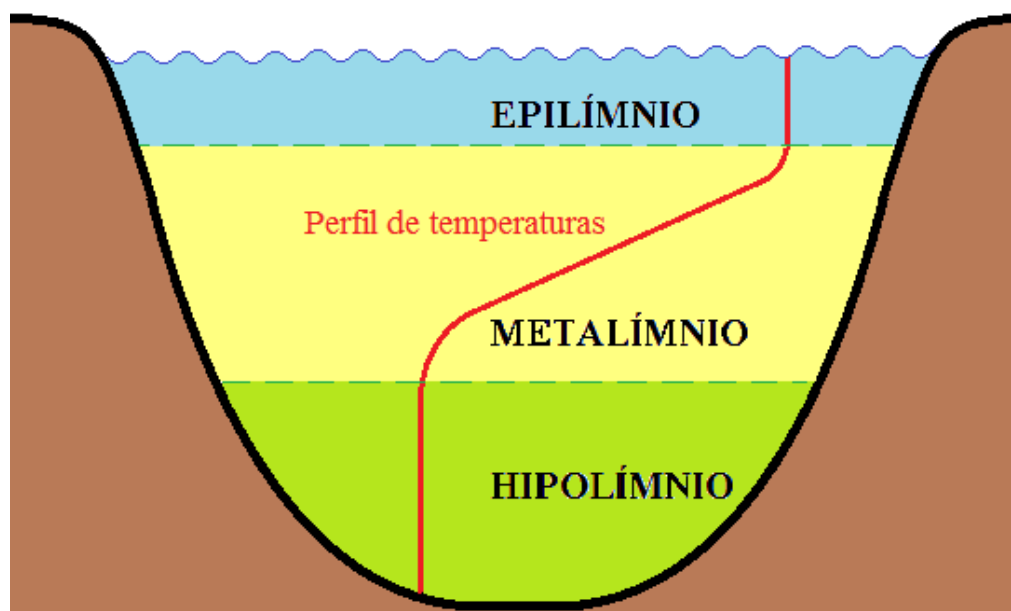


Figura 2 – Estratificação térmica e termoclina num corpo aquático lêntico. Fonte: a autora.

Em regiões de clima temperado, os padrões de estratificação térmica de sistemas lênticos estão relacionados às quatro estações do ano: outono, inverno, primavera e verão (ESTEVES *et al.*, 1988; RAFFERTY, 2011). No entanto, para regiões de clima tropical, normalmente caracterizados por um período de estiagem (seco) e um período chuvoso, Esteves *et al.* (1988) explicam que

O padrão de comportamento sazonal, onde o ciclo compreende praticamente um ano, com quatro estações bem definidas, gerando situações distintas e que persistem, não se mostra único para lagos tropicais. Estes ambientes aquáticos tropicais parecem responder química, física e biologicamente também a alterações ambientais observadas num curto espaço de tempo [...]

Diniz *et al.* (2006) ainda complementam o exposto afirmando que nas “regiões tropicais, a temperatura é elevada e, praticamente, constante ao longo do ano, sem acentuadas modificações [de perfil] de um mês para outro”. Contudo, vários estudos também têm mostrado que as variações de térmicas nictemerais (i.e., num período de 24 horas), são significativamente maiores que aquelas observadas ao longo de um ano (DINIZ *et al.*, 2006; ESTEVES *et al.*, 1988; MEDEIROS *et al.*, 2006).

Sperling (1999) também destaca que a profundidade dos corpos lênticos é um dos parâmetros morfométricos de grande relevância limnológica, ou seja as diferenças limnológicas são notáveis entre ambientes rasos e profundos.

Assim, nos ecossistemas aquáticos do semiárido nordestino brasileiro, os quais estão submetidos à elevada evaporação e a uma precipitação pluviométrica irregular, além de terem, em geral, profundidades reduzidas, sendo assim mais produtivos e sujeitos a uma maior ação dos ventos, os estudos nictemerais, juntamente com os levantamentos morfométricos e climáticos, são indispensáveis para a compreensão dos processos que determinam a qualidade da água de um ecossistema aquático (DINIZ *et al.*, 2006; SPERLING, 1999). Ressalte-se ainda que os impactos antrópicos, tais como o lançamento de esgotos ou o assoreamento são rapidamente perceptíveis nesses ambientes (SPERLING, 1999).

Esteves (1998) explica que em regiões tropicais estratificação e desestratificação térmica ocorrem diariamente, com variações de temperatura bastante significativas se comparada às variações sazonais. Ademais, ele comenta que durante a estratificação térmica, na maioria dos corpos aquáticos tropicais, há um acentuado aumento da concentração de fosfato com a profundidade, independente do nível de produção primária. A estratificação térmica, conforme acrescenta Von Sperling (2005), afeta também o comportamento dos

processos biológicos, alterando os perfis de oxigênio dissolvido no meio, como também a turbidez e transparência do corpo aquático.

Ressalte-se, ainda, que estudos nictemerais são particularmente importantes no desenvolvimento de planos de gerenciamento dos corpos de regiões tropicais (DINIZ *et al.*, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2006). Por tudo isso, diversos estudos enfatizam a importância dos estudos nictemerais na avaliação dos recursos hídricos brasileiros. Alguns destes estudos são sucintamente detalhados a seguir.

Barbosa (1981) constatou que durante o período de circulação da massa de água, a distribuição de nitrogênio amoniacal permaneceu praticamente homogênea em toda coluna de água. Entretanto, durante o período de estratificação térmica, os autores observaram baixas concentrações amoniacais no epilímnio a despeito das elevadas no hipolímnio, indicando um consumo pelo fitoplâncton do íon amônio no epilímnio e um intenso processo de amonificação de nitrato no hipolímnio.

Esteves *et al.* (1988), estudando duas lagoas costeiras do Rio de Janeiro, detectaram que as diferenças nas concentrações ao longo da profundidade são marcantes durante o período de estratificação, evidenciando também um acúmulo de amônia nas camadas inferiores da coluna d'água e diferenças significativas de produtividade primária entre os períodos de estratificação e de homogeneidade térmica.

Diniz *et al.* (2002) investigaram as oscilações verticais de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, para um ciclo nictemeral, no açude de Bodocongó, PB,. Eles observaram que as variações nictemerais ocorreram para os parâmetros temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia e coliformes termotolerantes.

Medeiros *et al.* (2006) estudaram as variações verticais e nictemerais no açude de Bodocongó, PB, num período de estiagem, e observaram que os parâmetros de qualidade da água analisados (temperatura, transparência, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, amônia, nitrito, nitrato, ortofosfato e fósforo total) não variaram significativamente, atribuindo como possível causa a profundidade rasa do açude.

Trindade *et al.* (2009) analisaram as variações nictemeral e sazonal de fatores limnológicos de um lago raso subtropical, verificando existir um padrão sazonal de variação de temperatura com processos diários de aquecimento e resfriamento de toda a coluna d'água ao longo do ano. Estes autores também observaram que: as concentrações de oxigênio dissolvido aumentavam gradativamente no período diurno e diminuíam à noite, enquanto que

os valores de pH, alcalinidade e condutividade elétrica variavam muito pouco do ponto de vista nictemeral e com a profundidade.

3.4 Sistemas Lacustres de Fortaleza/CE

Lagos são corpos aquáticos relativamente grandes, tipicamente dulciaquícolas, de água parada ou com escoamento lento (sistemas lênticos), ocupando uma bacia terrestre de tamanho apreciável. Ressalte-se que as definições que precisamente distinguem lagos de outros corpos d'água superficiais não estão bem estabelecidas (GOLTERMAN, 1975; LÖFFLER, 2004; RAFFERTY, 2011). Apesar disto, é praticamente consenso que os rios e os córregos têm escoamento mais rápido (sistemas lóticos), e que pântanos e brejos apresentam quantidades muito maiores de gramíneas, árvores ou arbustos. Entretanto, em relação às lagoas, embora normalmente se considere que tais corpos de água sejam relativamente menores que lagos, há aspectos ecológicos importantes que realmente os diferenciam (ODUM, 2004; RAFFERTY, 2011).

No Brasil, usa-se geralmente o termo lagoa para referir-se a todos os corpos d'água costeiros e mesmo interiores, independentemente de sua origem (ESTEVES, 1988). Deste modo, neste momento, tratar-se-á indistintamente os lagos e as lagoas, denominando-os conjuntamente como sistemas lacustres.

3.4.1 A limnologia e os fatores condicionantes dos sistemas lacustres

Neste contexto, a Limnologia, ciência multidisciplinar que estuda os ambientes dulciaquícolas, especificamente aqueles encontrados nos sistemas lacustres, fornece os fundamentos e os instrumentos necessários para o conhecimento dos fatores que condicionam ou interferem na caracterização de um ambiente aquático, entre os quais, os fatores (HENRY *et al.*, 1983 *apud* SILVA, 2007; PEDROSA, 1999; RAFFERTY, 2011):

- climatológicos, como radiação solar e pluviometria;
- morfométricos, como compacidade, declividade, altitude e batimetria;
- geológicos, como diastrofismo, orogenia, vulcanismo; e
- antropogênicos, como lançamento de efluentes e aquecimento global.

Factualmente, os fatores climatológicos afetam a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos. A radiação solar, por exemplo, é responsável pela distribuição de calor na massa da água, participando também nos processos fotossintéticos e evaporativos, enquanto que a pluviometria tem forte influência sobre a dinâmica daqueles ambientes,

suscitando aporte de nutrientes e material particulado, o que vem a alterar as características ópticas, físicas e químicas da água (HENRY *et al.*, 1983 *apud* SILVA, 2007).

Os fatores morfométricos também influenciam os eventos que ocorrem na bacia hidrográfica lacustre e na sua área de drenagem (LÖFFLER, 2004). Os fatores geológicos influenciam, principalmente, e de maneira significativa, os processos de sedimentação e extinção dos sistemas lacustres, além de estarem diretamente relacionados à origem da sua formação (GONÇALVES, 2001; RAFFERTY, 2011).

Os fatores antropogênicos são, indiscutivelmente, as principais causas das alterações rápidas nas características do ciclo hidrológico, podendo afetar a temperatura das águas superficiais de sistemas lacustres, rios e reservatórios, como também alterar a evapotranspiração, a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, produzindo impactos diversos nos ecossistemas lacustres (TUNDISI, 2003b).

3.4.2 As lagoas urbanas de Fortaleza/CE

A maioria dos ecossistemas lacustres brasileiros foi formada por meio de processos erosivos e de sedimentação, associados à dinâmica dos rios, os quais podem ser agrupados como: lagos amazônicos, lagos do pantanal mato-grossense, lagos e lagoas costeiras, lagos formados ao longo de rios de médio e de grande porte, represas e açudes (ESTEVES, 1988). O autor também ressalta que a maioria dos sistemas lacustres naturais brasileiros são rasos e que, muito raramente, são encontrados com profundidades superiores a 20 metros. Ainda sobre o assunto, Rebouças (2006) explica que não há grandes lagos recentes no Brasil, uma vez que não houve condições geotectônicas e climáticas propícias para tanto.

O Estado do Ceará possui uma linha de costa de 573 km apresentando paisagens compostas principalmente por praias arenosas, campos de dunas, estuários, manguezais, lagoas costeiras, falésias e tabuleiros. Constitui um dos maiores adensamentos litorâneos (cerca de 180 habitantes/km²) do Brasil, mais de três vezes superior à média do Estado, que é de aproximadamente 52 habitantes/km² (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Oliveira *et al.* (2010) afirma ainda que os problemas mais graves da zona costeira cearense estão relacionados àquela concentração populacional, gerando a ocupação desordenada em áreas frágeis e suscetíveis à degradação de seus recursos naturais, causando diferentes impactos e conflitos de uso. Mais recentemente, a ocupação e conseqüente degradação dos espaços litorâneos tiveram um crescimento contínuo, comprometendo ainda mais o patrimônio natural e a qualidade de vida da população costeira cearense.

As lagoas cearenses, tanto costeiras como interiores, têm sofrido diversas alterações como: assoreamento de suas margens, resultante do desmatamento para construção de estradas, residências e hotéis; lançamento de resíduos; retirada de depósitos de diatomita e de barro para fins industriais e da construção civil; e atividades agrícolas causando um processo degradatório em diversas lagoas situadas no município de Fortaleza, trazendo, com isso, muitos prejuízos econômicos e sociais (GOMES, 1998 *apud* PEREIRA *et al.*, 2006).

O Município de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, está localizado no litoral norte da região nordeste do Brasil. Com 313,14 km² de área e densidade demográfica de quase 7.900 hab./km², é atualmente a quinta maior capital do país em termos populacionais, estimando-se sua população residente total, em 2008, em 2.458.545 pessoas (GOMES *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2010). A capital cearense possui quatro sub-bacias hidrográficas: Vertente Marítima, bacia do rio Cocó, bacia do rio Maraguapinho/Ceará, bacia do rio Pacoti (GOMES *et al.*, 2011).

A bacia da Vertente Marítima, a única com todas nascentes localizadas em Fortaleza, compreende a faixa de terra localizada entre as desembocaduras dos rios Cocó e Ceará, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar. Assim, a Vertente Marítima é composta por diversas pequenas bacias que apresentam drenagem direta para o Oceano, sendo sua área de contribuição de cerca de 35 km² (LIMA *et al.*, 2009).

O rio Cocó tem aproximadamente 500 km² de bacia hidrográfica e 47 km de extensão, atravessando boa parte da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), sobretudo os municípios situados ao sudeste da capital, como Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Itaitinga, Aquiraz e Eusébio. Uma característica relevante é a existência de grande área de preservação ambiental, que se inicia na sua foz e se prolonga até o fim do terço inferior do percurso do rio. Ressalte-se, ainda, que o rio Cocó recebe descargas de esgotos do maior sistema de drenagem de Fortaleza, formado pelos canais do bairro Jardim América e da Avenida Aguanambi (ELABORAÇÃO..., 2007).

O rio Maraguapinho compreende uma bacia de drenagem de 215 km² de bacia hidrográfica e 40 km extensão cruzando a RMF. Tem sua nascente na serra de Maranguape, abrangendo os municípios de Maranguape, Maracanaú, Caucaia e Fortaleza, tendo pontos críticos a partir de Maracanaú, onde há o despejo de efluentes do Distrito Industrial e na Região de Fortaleza, consequência da ocupação desordenada de suas margens (ELABORAÇÃO..., 2007).

O rio Pacoti tem sua nascente no Município de Pacoti, fora da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), na vertente norte-oriental da Serra de Baturité. Possui curso de 130 km até sua foz, no oceano, no Município de Fortaleza, onde drena apenas 1,3% do município. Antes de chegar à Fortaleza, ele atravessa os municípios de Palmácia, Redenção, Acarape, Guaiuba e Aquiraz (LIMA *et al.*, 2009).

Um número razoável de lagoas urbanas é incorporado a essas bacias, principalmente às bacias dos rios Cocó e Maranguapinho (GOMES *et al.*, 2011), as duas principais responsáveis pela macrodrenagem das águas de chuva da capital (ELABORAÇÃO..., 2007). Entre os mais importantes sistemas lacustres de Fortaleza, do ponto de vista socioambiental e urbanístico, podem ser citadas as lagoas do Catão, da Itaperaoba, da Maraponga, Maria Vieira, de Messejana, do Mondubim do Opaia, do Papicu, da Parangaba, do Passaré, de Porangabussu, da Sapiranga, e o Lago Jacareí. A Figura 2 ilustra a localização geográfica destas lagoas de Fortaleza/CE. Ademais, dos vários estudos socioambientais e limnológicos já realizados em lagoas do Município de Fortaleza nas últimas décadas, pode-se destacar os trabalhos a seguir sumarizados.

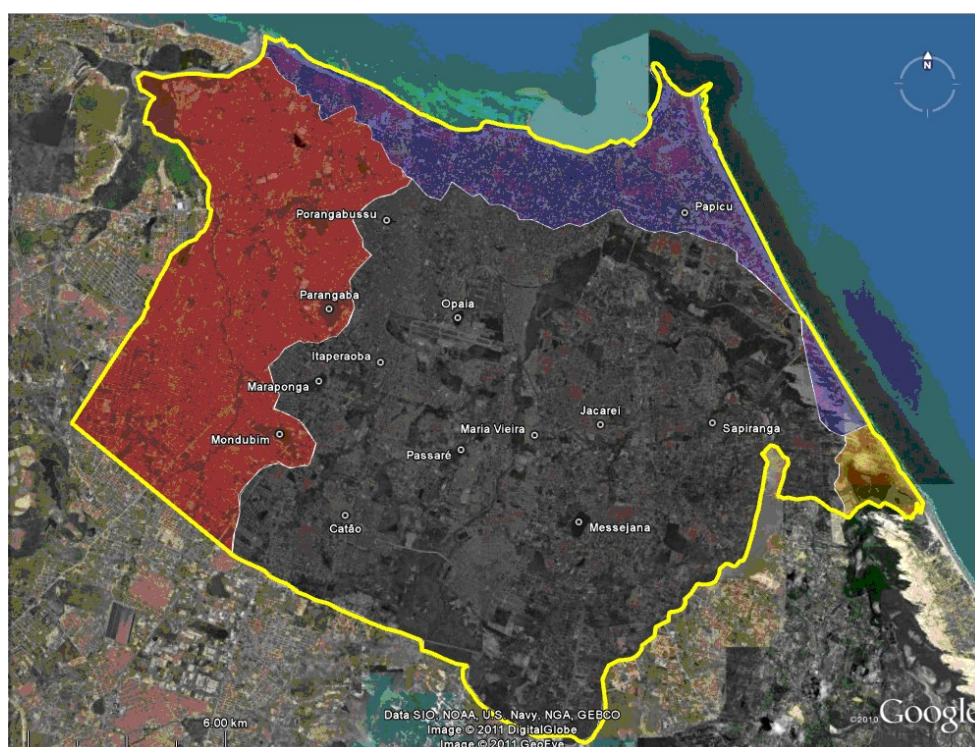


Figura 3 – As principais lagoas urbanas de Fortaleza/CE. Fonte: GOMES *et al.* (2011).

Andrade (1987 *apud* PEREIRA *et al.*, 2006) realizou estudo social e limnológico na lagoa de Messejana, levantando alguns dados pontuais de qualidade ambiental e social do ecossistema.

Branco (1991 *apud* SILVA, 2003) relata as condições levantadas para os corpos aquáticos da região costeira do município de Fortaleza, oriundas de ações antrópicas, e propõe medidas educacionais e corretivas para recuperação destes recursos hídricos.

Sales (1993) dissertou sobre a problemática ecológico-ambiental da zona costeira de Fortaleza, particularmente da lagoa do Papicu, e suas vinculações com aspectos antrópicos, inclusive o processo de urbanização.

Valente (1994 *apud* PEREIRA *et al.*, 2006) analisou os principais problemas degradatórios existentes na lagoa de Porangabussu, constatando as mais variadas formas de agressões àquele ecossistema, tais como: aterramento da lagoa, edificações em áreas protegidas, disposição inadequada de lixo e esgoto. O autor então propõe ação integrada da comunidade, dos empresários e da administração pública de modo a recuperar a lagoa.

Silva *et al.* (1997 *apud* SILVA, 2003) discutem os principais problemas ambientais do complexo hídrico Papicu/Maceió, constatando as mais variadas formas de agressão a esse ecossistema hídrico. Propõem ainda o desenvolvimento de estudos mais aprofundados, visando a mitigação daqueles.

Almeida *et al.* (1998) identificaram as principais fontes de poluição de oito corpos lênticos urbanos de Fortaleza/CE, assim como avaliaram a qualidade das águas destes corpos hídricos, constatando a necessidade de se dar uma maior importância ao problema da contaminação por esgotos. Gomes (2002) avaliou a qualidade sanitária e o grau de eutrofização da lagoa de Messejana, verificando relações importantes entre a qualidade da água e as atividades antrópicas às quais a lagoa estava submetida.

Silva (2003) analisou as condições ambientais do complexo hídrico dos riachos Papicu e Maceió, verificando a existência de vários impactos degradatórios na área, por exemplo, a contaminação das águas e processos de erosão e assoreamento na lagoa do Papicu, o que comprometia a qualidade hídrica e a redução do espelho d'água daquele corpo hídrico, bem como propôs algumas medidas de mitigação dos danos observados.

Herculano *et al.* (2005), Cordeiro *et al.* (2009) e Lima *et al.* (2010) avaliaram, respectivamente, o estado trófico da lagoa do Catão, das lagoas do Opaia e da Sapiroanga, e da lagoa da Maraponga e da Parangaba, utilizando índices de estado trófico já discutidos. De maneira geral, os distintos estudos inferem que as lagoas urbanas avaliadas estavam eutrofizadas, em geral, como consequência de atividades antrópicas.

Antunes *et al.* (2006) identificaram as principais atividades antrópicas se desenvolvendo no entorno da lagoa de Porangabussu e sua influência nas características físicas, químicas e microbiológicas da água destes corpo aquático.

Amarante *et al.* (2007) inferiram que a lagoa do Mondubim recebe elevada carga orgânica, de origem pontual e difusa, acelerando o processo de eutrofização deste ecossistema. Estes autores também destacam que o sistema lacustre apresenta uma boa capacidade de autodepuração.

Barros *et al.* (2009) evidenciaram as transformações nas paisagens naturais das lagoas do Mondubim e da Parangaba e sua influência nos processos de degradação da ambiental destes ecossistemas lacustres urbanos. Estes autores também relataram o descaso com que o poder público disciplina o uso e ocupação das margens das lagoas estudadas como um condicionante dos problemas socioambientais observados.

Alcântara *et al.* (2010), Barros *et al.* (2010), Santos *et al.* (2010), Alcântara *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2011) utilizaram métodos da estatística multivariada, particularmente análise de componentes principais e análise de agrupamentos, determinando os parâmetros de qualidade de água mais representativos das variações sofridas pelas lagoas avaliadas, como também as relações e influências dos fatores de qualidade da água do sistema lacustre, no período de estudo. O conjunto dos cinco trabalhos avaliou as lagoas da Maraponga, de Messejana, da Parangaba, de Porangabussu e da Sapiroanga.

Sales (2010) aplicou análise de componentes principais para avaliar algumas lagoas localizadas na bacia hidrográfica do rio Cocó, como também avaliar o estado trófico e o enquadramento da lagoa de acordo com a legislação em vigor, no período de um ano. Os sistemas lacustres considerados neste trabalho foram as lagoas da Itaperaoba, da Maraponga, Maria Vieira, de Messejana, do Opaia, de Porangabussu, da Sapiroanga, e o lago Jacaré. Este estudo revelou que as lagoas estudadas são influenciadas pela sazonalidade e também sofrem muita pressão antrópica, principalmente ocupação irregular e lançamento de esgotos e poluição difusa, causando a degradação da qualidade de sua água, como verificado pelos IET

determinados. O autor também sugere aprofundamento dos estudos naquelas lagoas, tais como estudos nictemerais, como também um trabalho de educação ambiental junto às comunidades circunvizinhas.

Colares e Buarque (2010) desenvolveram uma metodologia de auditoria para avaliação do uso e ocupação da área de preservação de lagoas urbanas, aplicando-a na lagoa do Opaia, verificando que a legislação ambiental estabelecida não está sendo atendida em sua plenitude, como também verificou os impactos e agressões sofridas pelo ecossistema lacustre auditado.

Mais recentemente, Gomes *et al.* (2011) têm compilado dados de qualidade da água das principais lagoas de Fortaleza/CE, num período de três anos, avaliando as variações temporais dos parâmetros químicos, físicos e bacteriológicos determinados, bem como o enquadramento daqueles ecossistemas lacustres em relação à legislação vigente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A Lagoa de Porangabussu é um ecossistema lacustre localizado na área urbana da cidade de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil, conforme ilustrado na Figura 4. Esta lagoa localiza-se no Bairro Rodolfo Teófilo, nas proximidades das coordenadas geográficas 3°44' S e 38°33' O. É uma microbacia da Sub-bacia B-1, integrante da Bacia do Rio Cocó. Com delimitação da Área de Preservação Permanente correspondente à faixa de 1ª Categoria pela cota 12 m (doze metros), essa área é compreendida pelos limites: ao Norte, pela rua Porfirio Sampaio e seu prolongamento; à Oeste, pelo prolongamento da rua Frei Marcelino; ao Sul, pelo prolongamento da rua Ana Neri; e à Leste, pelo prolongamento das ruas Coronel Nunes de Melo e Monsenhor Furtado. A 2ª. Categoria, faixa com largura mínima de 300 m (trezentos metros), medidos em projeção horizontal a partir da faixa de proteção de 1ª Categoria (CEARÁ, 1998).



Figura 4 – Área de Estudo, destacando a Lagoa de Porangabussu. Fonte: Google Earth (2011), com adaptações.

4.2 Descritores Geoambientais da Lagoa de Porangabussu

Neste âmbito, reportar-se-á às condições geoambientais da cidade de Fortaleza, CE, haja vista que a lagoa de Porangabussu localiza-se neste município.

4.2.1 Clima e pluviometria

Sobre as condições climáticas de Fortaleza, Brandão (1995) relata que a temperatura média anual nas áreas litorâneas é da ordem de 26°C a 27°C com máximas situando-se entre 31°C e 32°C. A média anual das zonas de climas serranos torna-se mais amena e decai para 25°C, atingindo valores em torno de 22°C. Nas áreas interiores, a média atinge o patamar de 28°C, enquanto a média das máximas fica em torno de 33° a 34°C. O clima dessa região é razoavelmente homogêneo e as pequenas variações estão associadas ao regime pluviométrico. Ainda, segundo Brandão (1995), com base nos índices de precipitação média anual, pode-se esboçar o seguinte zoneamento pluviométrico:

- zona predominante, em que o índice pluviométrico médio se situa no patamar de 1.200 a 1.400 mm, e as temperaturas são mais amenas nas zonas litorâneas;
- zona de climas localizados, definida em áreas de altitudes elevadas (serras de Maranguape e Aratanha/Pacatuba), onde a incidência de chuvas orográficas determina um aumento significativo da pluviometria média anual, situando-se numa faixa da ordem de 1400 a 1600 mm. Tais fatores também se caracterizam pela ocorrência de temperaturas mais baixas;
- zona de condições mais secas, na porção ocidental, estando numa faixa em que a precipitação média oscila em torno de 900 a 1200 mm, com temperaturas mais elevadas nas áreas interioranas (sertões) e mais amenas no litoral.

Assim, o regime de chuvas se caracteriza pela má distribuição, ocorrendo eventualmente chuvas excessivas e em determinado período escassez. O fenômeno meteorológico da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema sinótico responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa (fevereiro a maio). A precipitação média é da ordem de 1.350 mm/ano (DNPM, 1998 *apud* SILVA, 2003).

O maior problema em relação à pluviometria da região reside muito mais na irregularidade do regime do que na quantidade de chuvas. A situação é ainda agravada pelo fato de que, frequentemente, os anos deficientes não ocorrem individualmente e, sim em períodos contínuos, podendo prolongar-se por bem mais que um ano (VALENTE, 1994).

Na Figura 5 é mostrada a variação das normais pluviométricas obtidas a partir de uma estação pluviométrica próxima à lagoa em estudo, no período de 1980 a 2010, onde se observa uma maior concentração de chuvas no período de janeiro a junho e uma escassez destas no intervalo de julho a dezembro.

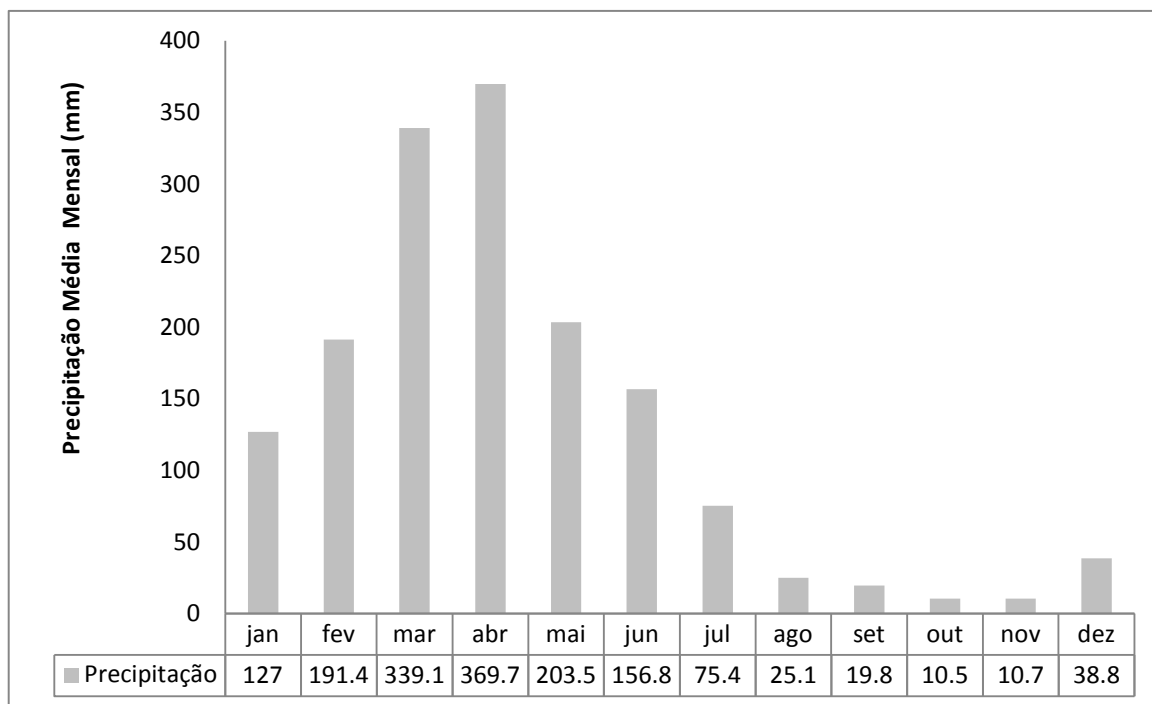


Figura 5 – Distribuição das médias mensais de precipitação no período de 1980-2010, em Fortaleza-CE. Fonte: Estação Meteorológica Campus do Pici - Universidade Federal do Ceará.

Para entendermos melhor as condições termo-pluviométricas da área em estudo, deve-se levar em conta principalmente a ZCIT, pois é o sistema de tempo mais importante na época de máximo de chuvas. Ela oscila longitudinalmente, atingindo seu pico ao sul do Hemisfério Sul em março e abril, formando uma zona de aguaceiros e trovoadas, indo até o outono, proporcionando as menores temperaturas. No inverno, a ZCIT se dirige para a Amazônia, ficando o Ceará, como o restante do nordeste brasileiro, influenciado pela Tépida kalaariana, frente quente proveniente do litoral africano, trazendo um período de estiagem com as mais altas temperaturas, e prolongando-se até a primavera (VALENTE, 1994). Também, por se situar numa ZCIT, a cidade apresenta elevados índices de insolação e radiação solar, influenciando sua temperatura, evaporação e luminosidade.

4.2.2 Relevo

De acordo com o DNPM (1998), predominam na maior parte do Município de Fortaleza os seguintes tipos de relevo: planície litorânea, glaciais pré-litorâneos, depressões sertanejas, e maciços residuais.

A planície litorânea é característica de toda a orla litorânea cearense e as altitudes são inferiores a 200 m. Predominam nesse tipo de relevo os campos de dunas, as praias e as planícies flúvio-marinhas. Os glaciais pré-litorâneos são formados pelos sedimentos pertencentes à Formação Barreiras. Estas formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas (inferiores a 100 m), espessura média da ordem de 25m e suave inclinação em direção ao mar. Nesta unidade de relevo estão inseridos os tabuleiros pré-litorâneos e as planícies fluviais. Nas depressões sertanejas, conforme explica Brandão (1998) apud Barroso (2002), verifica-se a predominância de uma topografia plana ou levemente ondulada (altitudes inferiores a 100m e espessuras máximas de 3m, com a média em torno de 1,4 m).

A área da Lagoa, objeto deste estudo, com aproximadamente 11 m de altitude, corresponde a uma área mais deprimida nos tabuleiros pré-litorâneos, proporcionando a acumulação das aluviões sobre a Formação Barreiras (VALENTE, 1994).

4.2.3 Geologia

Um mesmo tipo de rocha, submetida a diferentes condições climáticas, pode originar solos diferentes e rochas diferentes, quando sujeitas às mesmas condições climáticas, podem originar solos idênticos (BARROSO, 2004).

Conforme dados do IPLANCE (1997), a geologia do Estado do Ceará está dividida em rochas cristalinas e sedimentares. As rochas cristalinas ocupam uma área que corresponde a 111.604 km², representando 75,4% do Estado. Já as rochas sedimentares ocupam uma menor área, equivalente a 36.412 km², totalizando 24,6% do Estado. Geologicamente, o município de Fortaleza é caracterizado pelas presenças de terrenos cristalinos (rochas metamórficas e ígneas), datados na era proterozóica, e coberturas sedimentares da era cenozóica.

4.2.4 Pedologia

O solo é a camada superficial constituída de partículas minerais e orgânicas, distribuídas em horizontes de profundidade variável, resultante da ação conjunta de agentes intempéricos sobre as rochas e a adaptação destas às condições de equilíbrio do meio em que se encontram expostas, geralmente diferentes daquele que condicionou sua gênese apresentando variabilidade espacial (EMBRAPA, 2010).

Entre os solos que se formam em regiões de lagoas, destacam-se os solos hidromórficos¹ e os solos aluviais² (1% no Brasil). Têm aspecto de cor cinza escura ou mosqueada de vermelho pardacento, são ácidos a moderadamente alcalinos (pH entre 5 e 8), com drenagem comumente imperfeita a moderada, influenciada pelo nível do lençol freático (MACHADO, 1991 *apud* VALENTE, 1994).

A lagoa de Porangabussu, especificamente, encontra-se perenizada o ano todo. A parte superficial permanece livre das inundações, já o excedente no período chuvoso escoar pelo sangradouro canalizado, até o rio Cocó. Desenvolve-se nas aluviões um horizonte tipo A com estrutura granular e coloração cinza escuro, aparecendo sinais de migração de argila para a camada subsuperficial, indicando o início de processos pedogenéticos mais intensos. Esse solo é potencialmente agrícola (VALENTE, 1994).

Valente (1994) relata que os solos aluviais podem apresentar ou não um horizonte A bem caracterizado, seguindo por camadas estratificadas, não guardando relação pedogênica entre eles, mas intimamente ligadas ao tipo de sedimento depositado. Devido à composição granulométrica distinta das camadas integrantes do perfil, apresentam propriedades morfológicas variadas, principalmente devido à textura, que varia de arenosa a argilosa. São solos mediantemente profundos a profundos (80 a 200 cm).

¹Solos hidromórficos são solos que se formam em ambientes saturados de água, onde o perfil adquire aspectos característicos devido a fenômenos de oxidação e redução particularmente intensos.

²Solos aluviais são solos pouco desenvolvidos, provenientes de sedimentos, geralmente de origem fluvial, apresentando grande heterogeneidade entre si, como também ao longo do seu perfil.

4.3 Compilações de Dados e Procedimentos de Coleta

A realização de parte deste estudo, com o propósito de avaliar a evolução da qualidade da água da lagoa de Porangabussu, deu-se em dois momentos distintos: num primeiro momento, compilaram-se dados do monitoramento da qualidade da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006 a 2009, realizado pela Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), por intermédio das suas Secretarias de Meio Ambiente e Controle Urbano e de Regulação dos Serviços Concessionários, e pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, por intermédio do Laboratório Integrado de Águas Mananciais e Residuárias (LIAMAR/IFCE) e do Laboratório de Processos e Análises Químicas (LQA/IFCE), e interveniado pelo Centro de Pesquisa e Qualificação Tecnológica (CPQT).

Considerando as duas estações climáticas típicas do nordeste brasileiro, seco e chuvoso, as campanhas de coletas, do monitoramento supramencionado, realizadas bimestralmente no período de 2006 a 2009, foram assim ordenadas para uso nesse estudo:

- coletas de 2006, três campanhas no período seco (agosto, outubro e dezembro);
- coletas de 2007, cinco campanhas - três no período chuvoso (fevereiro, abril e junho) e as demais no período seco (setembro e novembro);
- coletas de 2008, cinco campanhas - três no período chuvoso (fevereiro, abril e junho) e duas no período seco (agosto e novembro);
- coletas de 2009, cinco campanhas - quatro no período chuvoso (janeiro, fevereiro, março e junho) e uma no período seco (agosto).

A cada campanha, diversos parâmetros químicos, físicos e biológicos foram determinados, possibilitando a caracterização limnológica das águas, bem com a estimativa de seu grau de trofia.

No monitoramento, foram estabelecidos para a lagoa três pontos de coleta (Figura 6), todos com profundidade mínima de 1,0 m, fazendo-se a coleta da água na superfície (cerca de 0,5 m), sendo que dois desses pontos tinham sua localização próxima à margem (ponto 1 e ponto 3). O Ponto 1 situa-se na entrada do tributário principal (rua Frei Marcelino), o ponto 3, localizado no sangradouro (rua Coronel Nunes de Melo), e o ponto 2, representativo da região central da lagoa.



Figura 6 – Pontos de coleta: Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3 e Ponto N (nictemeral). Fonte: Google Earth (2011), com adaptações.

Posteriormente, também para caracterizar a qualidade da água e seu grau de trofia, foram realizadas, nos mesmos três pontos de coleta anteriormente descritos, outras duas campanhas de coleta: a primeira no período seco, novembro de 2010 (dias 25 e 26), e a segunda no período chuvoso, abril de 2011 (dias 27 e 28).

Nestas campanhas, além dos três pontos já monitorados, um quarto ponto de coleta foi estabelecido, sendo esse de maior profundidade (2,5 m). O mapa batimétrico da lagoa do Porangabussu, reproduzido na Figura 7, traz informações a cerca do relevo e das profundidades que o ecossistema lacustre apresenta.

Neste ponto, definiu-se um perfil nictemeral e vertical (0,5 m; 1,0 m e 2,0 m de profundidade) de coleta de amostras de água. Esse ponto foi denominado de Ponto N (nictemeral). A tonalidade de cor no mapa indica a profundidade do ecossistema. Em relação ao Ponto N, sua localização se encontra no tom azul mais intenso do mapa.

A localização de todos os pontos de coleta, considerados nesse estudo, é ilustrada na Figura 6, e determinada por meio das coordenadas geográficas apresentadas no Quadro 5. A determinação da localização do mesmo ocorreu com base na leitura do mapa batimétrico da lagoa, fornecido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Controle Urbano/SEMAM (SEMAM, 2007).

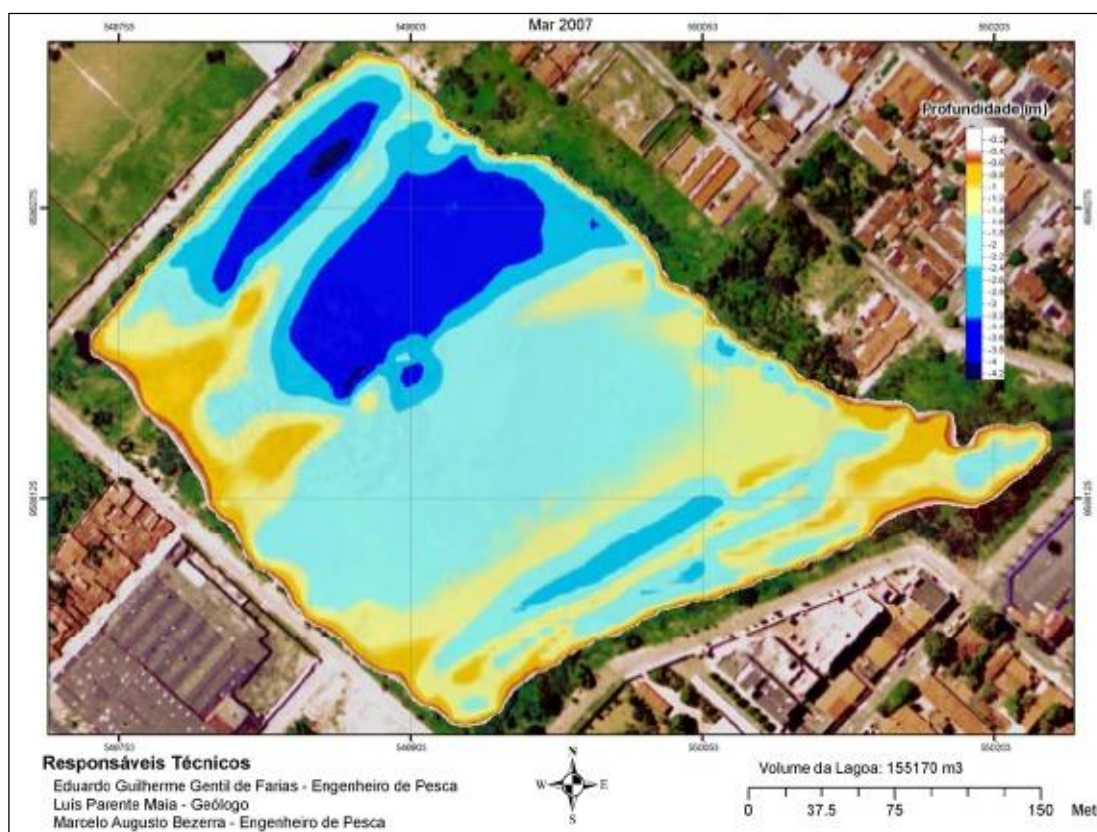


Figura 7 – Mapa Batimétrico da Lagoa de Porangabussu. Fonte: SEMAM (2007).

Quadro 5 – Pontos monitorados na Lagoa de Porangabussu/CE.

PONTOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
Ponto 1	3°44,610' S / 38°33,127' O
Ponto 2	3°44,673' S / 38°33,002' O
Ponto 3	3°44,639' S / 38°32,856' O
Ponto N	3°44,355' S / 38°33,031' O

Fonte: LIAMAR/IFCE e autora.

A coleta nictemeral foi realizada em intervalos de 3 horas. A primeira coleta se deu às 11:00h e a última às 08:00h da manhã do dia posterior, totalizando oito coletas. As amostras de água foram coletadas em três profundidades, já mencionadas, ao longo da coluna d'água, de acordo com a extensão da zona eufótica (0,57m), calculada a partir da transparência obtida pelo disco de Secchi (0,19m), após multiplicação por um fator 3,0, conforme sugerido por Esteves (1998).

Em ambas as campanhas nictemerais, um pequeno barco devidamente equipado foi utilizado para acesso aos pontos de amostragem. A temperatura da água na primeira coleta foi determinada por uma sonda multiparâmetro, marca HEMIS-INTELLIGENT, enquanto que na segunda foi obtida por meio de um termômetro infravermelho, marca INSTRUTHERM.

A coleta das amostras nictemerais de água foi realizada por intermédio de um amostrador de descida horizontal do tipo “Garrafa de Van Dorn”, com capacidade para 5 litros. Após cada coleta, as amostras eram transferidas para recipientes apropriados e devidamente identificadas. Em seguida destinadas aos laboratórios do IFCE, já mencionados, para a determinação das variáveis físicas e químicas.

Destaque-se que as amostras coletadas especificamente para quantificação de clorofila “a” eram acondicionadas em frascos de vidro de cor âmbar, com o propósito de protegê-las da luz, para logo após o término de cada coleta nictemeral, serem filtradas através de uma membrana 0,45 µm, em aparato de filtração à vácuo. Cada membrana, contendo a massa retida da amostra filtrada, foi devidamente dobrada, uma única vez, ao meio, sem que houvesse contato manual. Ela era, então, envelopada e guardada em tubos de “falcon”. Os tubos foram revestidos com papel alumínio e identificados para a posterior análise laboratorial.

Seguindo os protocolos analíticos laboratoriais do LIAMAR/IFCE e LQA/IFCE, todas as amostras seguiam acondicionadas em isopores contendo gelo, com o intuito de mantê-las em ambiente refrigerado adequado (temperatura inferior a 10°C), até sua chegada na recepção destes laboratórios. Logo após a chegada das amostras nos ambiente laboratoriais, estas foram imediatamente processadas ou adequadamente preservadas para posterior análise, seguindo os procedimentos normativos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (STANDARD..., 2005). Todos os procedimentos analíticos para determinação de parâmetros de qualidade da água lacustre seguiram metodologias bem estabelecidas.

Os quadros a seguir, Quadro 6 e Quadro 7, relacionam os parâmetros determinados em todas as coletas analisadas neste estudo, bem como as metodologias analíticas aplicadas e suas respectivas referências técnicas ou científicas. O Quadro 6 trata dos parâmetros levantados no monitoramento da PMF/IFCE/CPQT, aqui compilados, conquanto o Quadro 7 diz respeito aos parâmetros determinados nas duas coletas nictemerais realizadas (nov./2010 e abr./2011).

Os dados sobre climatologia, detalhados no Apêndice C, como temperatura, precipitação, evaporação, insolação, umidade relativa, velocidade dos ventos, citados no presente trabalho, foram fornecidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, localizada no referido campus da Universidade Federal do Ceará.

Quadro 6 – Parâmetros físicos e químicos monitorados pela PMF de 2006 a 2009, na Lagoa do

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Temperatura da água	Termômetro de filamento de mercúrio
Transparência	Disco de Secchi
pH – Potencial hidrogeniônico	Potenciométrico
Turbidez	Nefelométrico
Condutividade Elétrica	Condutimetria
Alcalinidade Total	Titulometria ácido-base
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler - Modificação Azida
Amônia Total	Método da Nesslerização Direta
Nitrito	Espectrofotométrico – Método do Salicilato de Sódio
Nitrato	Espectrofotométrico – Método da Sulfamida
Fósforo total	Espectrofotométrico – Método do Ácido Ascórbico
Ortofosfato solúvel	Espectrofotométrico – Método do Ácido Ascórbico
Clorofila <i>a</i>	Espectrofotométrico – Extração com acetona 90%
Feofitina	Espectrofotométrico – Acidificação com HCl

Fonte: LIAMAR/IFCE (2006).

Quadro 7 – Parâmetros físicos e químicos monitorados nos ciclos nictemera

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Temperatura da água	Termômetro de Infravermelho / Sonda multiparamétrica
Transparência	Disco de Secchi
pH – Potencial hidrogeniônico	Potenciométrico
Turbidez	Nefelométrico
Condutividade Elétrica	Condutimetria
Alcalinidade Total	Titulometria ácido-base
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler – Modificação Azida
Fósforo total	Espectrofotométrico – Método do Ácido ascórbico
Ortofosfato solúvel	Espectrofotométrico – Método do Ácido Ascórbico
Clorofila <i>a</i>	Espectrofotométrico – Extração com acetona 90%
Feofitina	Espectrofotométrico – Acidificação com HCl

Fonte: a autora.

4.4 Cálculo do Índice do Estado Trófico

Para a avaliação do grau de trofia da lagoa de Porangabussu, utilizou-se o IET inicialmente definido por Toledo Jr (1990) e modificado por Lamparelli (2004), cujo resultado é constituído pelo IET para a transparência de Secchi (IET_s), para o fósforo (IET_{PT}) e pelo IET para a clorofila *a* (IET_{CLa}). A Equação 1, a Equação 2 e a Equação 3, a seguir, são as equações de Lamparelli (2004), respectivamente, para o cálculo destes índices parciais:

$$IET_s = 10 \times \left[6 - \frac{\ln(S)}{\ln(2)} \right]; \quad (\text{Eq. 1})$$

$$IET_{PT} = 10 \times \left[6 - \frac{1,77 - 0,42 \ln(PT)}{\ln(2)} \right]; \quad (\text{Eq. 2})$$

$$IET_{CLa} = 10 \times \left[6 - \frac{0,92 - 0,34 \ln(CLa)}{\ln(2)} \right]; \quad (\text{Eq. 3})$$

em que *S* é a transparência de Secchi do corpo aquático, em metros; enquanto que *CLa* e *PT* são, respectivamente, a concentração de clorofila *a*, em µg/L, e a concentração de fósforo total, em µg/L, na água.

Para a determinação do estado trófico de um corpo aquático, o IET_{PT} deve ser entendido como uma medida do potencial de degradação do ecossistema, pois este nutriente atua como um dos agentes causadores do processo de eutrofização. O IET_{CLa} , por sua vez, deve ser compreendido como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento algal no ambiente aquático.

Segundo Lamparelli (2004), num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização se encontra plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo IET_{CLa} coincidirá com o estado trófico determinado pelo IET_{PT} . Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila *a* irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo total.

É importante mencionar, ainda, que o IET_s não deve ser aplicado a corpos aquáticos com elevada quantidade de material particulado não algal (BEZERRA NETO, PINTO COELHO, 2002). Por este motivo, uma análise de regressão linear entre a transparência da lagoa e a concentração de *a* foi realizada, com a finalidade de avaliar a aplicabilidade deste índice.

Assim, devido à possibilidade de diferentes classificações, a partir da análise de cada um dos dois parâmetros, pode-se avaliar o estado de um ecossistema lacustre a partir de um índice de estado trófico médio (IET_m), calculado como a média aritmética entre os valores dos índices parciais.

O IET_m e os critérios utilizados por Lamparelli (2004), reproduzidos na Tabela 1, serão então utilizados na avaliação dos estados de trofia (ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico) da lagoa de Porangabussu, no período considerado: 2006 a 2011).

Quadro 8- Critérios de classificação trófica utilizados por Lamparelli (2004).

Estado Trófico	Critério	Fósforo Total (µg/L)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$PT \leq 8$	$CLa \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$8 < PT \leq 19$	$1,17 < CLa \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$19 < PT \leq 52$	$3,24 < CLa \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$52 < PT \leq 120$	$11,03 < CLa \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$120 < PT \leq 233$	$30,55 < CLa \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$233 < PT$	$69,05 < CLa$

Fonte: Lamparelli (2004), com adaptações.

4.5 Caracterização Socioeconômica do Sistema Lacustre

Os dados utilizados na caracterização socioeconômica do sistema lacustre foram obtidos por meio da metodologia do emprego de questionário, reproduzido no Quadro 8 do Apêndice A, instrumento principal para o levantamento de dados ⁶ por amostragem. Definiu-se, então, como área de estudo para aplicação dos questionários as ruas em redor do corpo aquático, as que estão imediatamente por trás destas, bem como, as ruas transversais ao ecossistema, por entender que estas ruas têm suas unidades habitacionais influenciadas e influenciando o ecossistema aquático, já que se encontram nas proximidades imediatas do objeto deste estudo. As ruas mencionadas são: Ana Neri, Delmiro de Farias, Frei Marcelino, Francisca Clotilde, Coronel Nunes de Melo, Major Pedro Sampaio, Porfírio Sampaio e Monsenhor Furtado.

⁶levantamento de dados é definido como o método para coletar informação de pessoas acerca de suas idéias, planos, crenças, bem como sua origem social, educacional e financeiro (FINK, KOSECOFF, 1985 *apud* GÜNTHER, 2003).

Assim, o estudo observacional, com o intuito de levantar a situação socioeconômica da população que convive com a lagoa de Porangabussu (residentes e usuários), foi realizado com amostragem em duas etapas: primeiramente, entrevistavam-se transeuntes do entorno da lagoa, selecionados de forma aleatória, isto é, cada indivíduo maior de idade usando a área reurbanizada do entorno, ou simplesmente passando pelas ruas envolvidas pela área de estudo, tinha 50% de probabilidade de ser selecionado e, se consentido, entrevistado; num segundo momento da pesquisa, as entrevistas foram conduzidas especificamente com residentes da área de estudo, também aleatoriamente selecionados, ou seja, cada unidade habitacional tinha 50% de probabilidade de ser selecionada e, na qual, um único indivíduo maior de idade era abordado e entrevistado, se permitido.

No período de planejamento deste estudo, o IBGE ainda estava realizando o Censo Demográfico de 2010, motivo pelo qual, se preferiu estimar, para a determinação do tamanho amostral (entrevistados), o número de moradores e de unidades habitacionais a partir de uma visita preliminar na área de estudo. Definiu-se também que o tamanho amostral deveria fornecer uma margem de erro não superior a 6%, considerando uma confiança de 95% para as proporções populacionais.

Nesta visita, contou-se o número de residências de forma aproximada, e assumiu-se haver, em média, quatro moradores em cada unidade habitacional. Informações mais apuradas para estes dados foram posteriormente levantados junto ao IBGE para a obtenção das reais margens de erro e intervalos de confiança das estimativas determinadas. Ressalte-se que as estimativas do tamanho amostral e da margem de erro para dados binomiais foram obtidas por meio da equação do intervalo de confiança do escore de Wilson ajustada com o fator de correção para população finita. Ainda, foi definido que o número de entrevistados no primeiro estágio deste estudo não deveria ultrapassar 10% do total de entrevistados, de modo a evitar que indivíduos não residentes, mas frequentadores do entorno da lagoa, pudessem distorcer significativamente os dados a serem avaliados, isto é, a situação socioeconômica dos indivíduos que convivem cotidianamente com o ecossistema.

Ressalte-se que, de modo a evitar tendenciosidade ou distorções de qualquer espécie, os indivíduos abordados eram totalmente esclarecidos dos objetivos deste estudo, de modo a minimizar o número de pessoas que se recusariam a responder o questionário. Assim, todos os indivíduos selecionados no primeiro estágio responderam às questões elaboradas, e somente as unidades habitacionais vazias, ou aquelas nas quais os indivíduos não dispunham do tempo necessário para serem arguidos, embora selecionadas, não tiveram residente entrevistado.

Outrossim, intentando-se comparar as diferentes opiniões de indivíduos que utilizam e não utilizam diretamente o corpo hídrico, os respondentes foram categorizados em Usuários e Não Usuários, respectivamente. Cabe esclarecer que os Usuários são todos os frequentadores ativos, que em algum momento se utilizam do ecossistema e seu entorno, e Não Usuários todos os que ali residem nas proximidades do ecossistema e não se utilizam do mesmo, nem de seu entorno a não de forma passiva (além de sua vontade).

Esclareça-se, neste momento, que em atendimento à Resolução 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1996), que preconiza pesquisas com seres humanos, devam ser avaliadas e aprovadas junto a um comitê de ética em pesquisa, e pelo fato de não existir no momento da execução do estudo um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, o projeto foi submetido e aprovado pelo CEP-COÉTICA da Universidade de Fortaleza sob o nº 356/2010, conforme visto na Figura 54 do Anexo A. Este documento foi enviado juntamente com o instrumento de coleta, o termo de consentimento livre e esclarecido, que pauta sobre a anuência da participação dos entrevistados, os objetivos, a metodologia, a manutenção do sigilo de suas identidades e da publicação dos dados obtidos com o presente trabalho.

4.6 Tratamento dos Dados

Os programas computacionais utilizados para execução do tratamento estatístico das análises e elaboração de tabelas e gráficos foram o BioEstat 5.0 (AYRES, 2007) e o Microsoft Excel 2003 (MICROSOFT..., 2003), respectivamente.

Para a análise estatística descritiva foram calculados: a média, a mediana, o valor mínimo e máximo, e número de dados das variáveis analisadas. O grau de dispersão foi medido pelo desvio padrão e pelo coeficiente de variação. Os resultados foram apresentados em forma de tabelas e de diagramas de caixa (*box plot*), por permitir uma melhor visualização da variabilidade observada em cada ponto de coleta nos períodos amostrados, ou seja, através do diagrama de caixas visualiza-se com maior clareza o centro, a dispersão e a distribuição dos dados obtidos, além da presença de possíveis valores extremos “outliers”, determinados conforme explica Triola (2008).

A normalidade dos dados foi verificada com a utilização do teste estatístico de Shapiro-Wilk (TRIOLA, 2008), sendo realizado para todas as variáveis analisadas. Após análise preliminar de que a distribuição normal não poderia ser assumida para a maioria dos parâmetros, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (ZAR, 1999; TRIOLA, 2008), foi

utilizado na comparação dos valores medidos das diversas variáveis de qualidade da água. A alternativa adotada foi a utilização de teste não paramétrico, que não assume nenhuma distribuição teórica para os dados (PAES, 2011; TRIOLA, 2008).

Ainda, para estabelecer o grau de correlação entre as distintas variáveis, e para os períodos seco e chuvoso, foi utilizado a correlação de Spearman (outro teste não paramétrico). Todos os testes foram avaliados em relação a uma significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização Limnológica Espaço-Temporal da Lagoa de Porangabussu

Nesta subseção, os dados compilados junto ao convênio da Prefeitura Municipal de Fortaleza, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e o Centro de Pesquisa e Qualificação Tecnológica (PMF/IFCE/CPQT), dispostos na Tabela 9 e na Tabela 10 do Apêndice B, referente ao monitoramento realizado entre os anos de 2006 a 2009, são estatisticamente tratados e discutidos, para, em seguida, tratar-se e discutir-se os resultados obtidos nas coletas feitas em novembro de 2010 e em abril de 2011, os quais são apresentados na Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13 do Apêndice C. Em paralelo, serão apresentados e discutidos, preliminarmente, os dados climatológicos levantados na Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC, como também o mapeamento dos tributários da lagoa do Porangabussu realizado neste estudo, juntamente com equipe de bolsistas do Laboratório de Química Analítica (LQA) do IFCE.

Primeiramente, pode-se observar a partir dos dados levantados da pluviometria para o período de 2006 a 2011, dispostos na Tabela 14 do Apêndice D, a maior concentração de chuvas nos meses de janeiro a junho, justificando a definição da quadra chuvosa, para fins deste estudo, como o primeiro semestre de cada ano, enquanto que a quadra seca, o período compreendido entre agosto a dezembro de cada ano. A distribuição pluviométrica no período e região supramencionada é mostrada na Figura 8.

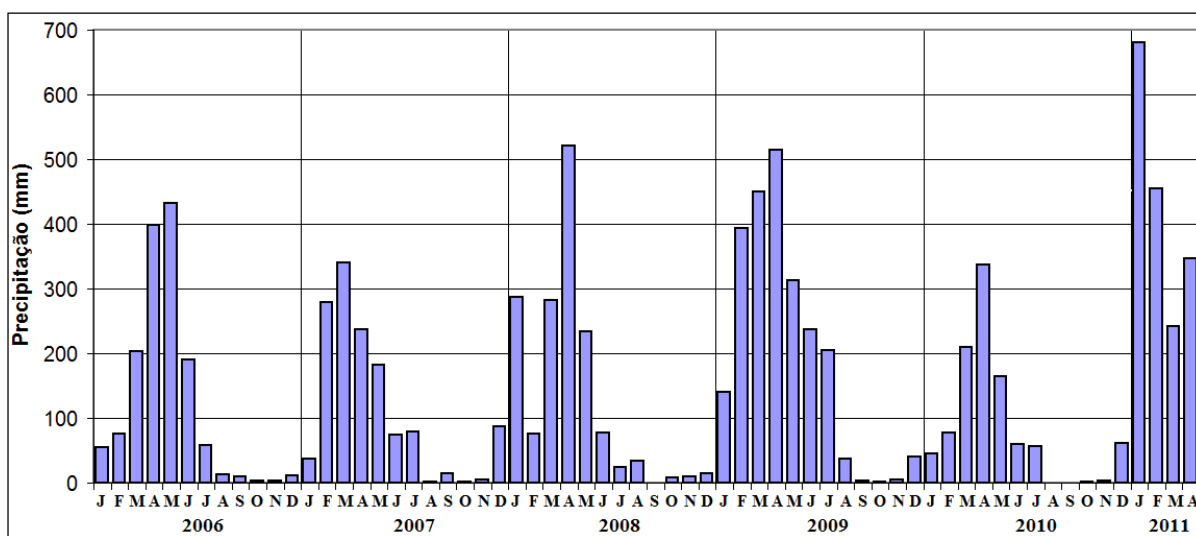


Figura 8 – Distribuição pluviométrica na área de influência da lagoa de Porangabussu no período de estudo (2006 a 2011). Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC.

Avaliando os dados da temperatura do ar na lagoa de Porangabussu durante os dois períodos de estudo (2006 a 2009 e 2010 a 2011) levantados, disponibilizados na Tabela 15 do Apêndice D, verifica-se que a região na qual se localiza o sistema lacustre apresentou um período mais quente, de temperaturas elevadas, com picos na estação seca, particularmente nos meses de dezembro de 2006 (28,1°C) e novembro de 2010 (28,0°C). As menores temperaturas (26,2°C) ocorreram no mês de abril (período chuvoso) nos anos de 2008 e 2011. A média e o coeficiente de variação (CV) registrados, para a temperatura do ar, considerando ambos os períodos analisados, foram de 27,0°C e 2,3%, respectivamente.

As taxas de evaporação registradas na área da lagoa de Porangabussu, as quais apresentam uma relação direta com os valores de temperatura do ar e de velocidade dos ventos, estes dispostos na Tabela 16 do Apêndice D, também tiveram comportamento semelhante, ou seja, altas taxas de evaporação nos meses de seca (setembro a novembro) com picos de mais de 280 mm registrados, conforme podem ser observados na Tabela 17 do Apêndice D. A média evaporativa observada para os períodos foi de 189,7 mm, com CV igual a 37,2%. Ademais, as médias mensais da umidade relativa do ar, reportadas na Tabela 18 do Apêndice D, também estão compatíveis com o esperado para as duas estações climáticas consideradas (seca e chuvosa).

Além disso, a partir de uma visita à lagoa de Porangabussu, em 10 de junho de 2010, foram levantados 15 (quinze) canais tributários da lagoa de Porangabussu, sobretudo galerias da rede de drenagem pluvial, mas também, duas bocas de lobo com lançamento irregular de esgoto e um pequeno córrego nascendo na base do calçadão existente no entorno da lagoa. A Figura 9 ilustra a localização dos tributários observados e no Quadro 9, estão descritas suas respectivas coordenadas geográficas. A identificação destes tributários é importante, no sentido de avaliar os possíveis pontos de contaminação da água do corpo lacustre, o que pode resultar numa heterogeneidade superficial e vertical nas características limnológicas ao longo do fluxo de água da lagoa.

Pode-se verificar que mesmo com total ausência de chuvas nos dias que antecederam esta visita, muitas das galerias de drenagem pluvial lançavam afluente hídrico na lagoa, indicando o uso inadequado da rede pluvial, claramente lançamento de esgoto doméstico, caracterizando focos de poluição pontual da lagoa.



Figura 9- Localização dos tributários da lagoa de Porangabussu-CE identificados.
Fonte: a autora.

Quadro 9- Localização geográfica dos tributários identificados.

Pontos	Coordenadas Geográficas	
p01	03°44'36,4"S	38°33'07,8"O
p02	03°44'36,8"S	38°33'08,2"O
p03	03°44'37,3"S	38°33'08,0"O
p04	03°44'39,4"S	38°33'05,7"O
p05	03°44'40,3"S	38°33'04,8"O
p06	03°44'41,7"S	38°33'03,3"O
p07	03°44'43,7"S	38°33'00,8"O
p08	03°44'42,3"S	38°32'59,6"O
p09	03°44'41,4"S	38°32'57,9"O
p10	03°44'40,0"S	38°32'54,4"O
p11	03°44'27,9"S	38°32'50,7"O
p12	03°44'37,1"S	38°32'52,9"O
p13	03°44'33,2"S	38°33'00,3"O
p14	03°44'33,1"S	38°33'00,9"O
p15	03°44'32,1"S	38°33'00,3"O

Fonte: a autora.

Com relação às características da água da lagoa, os resultados da análise estatística descritiva dos dados compilados (período de 2006 a 2009) estão apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2. Inicialmente, nota-se que as alterações observadas para a temperatura da água são relativamente pequenas e se deram por fatores naturais, seguindo o comportamento da variação dos parâmetros climáticos já discutidos. Mencione-se que não houve variação significativa ao longo dos pontos de amostragens, conforme pode ser verificado com auxílio da Figura 9. Ainda, é importante destacar que os valores mais elevados de temperatura da água ocorreram no período de seca, e temperaturas menores, no período de chuvas.

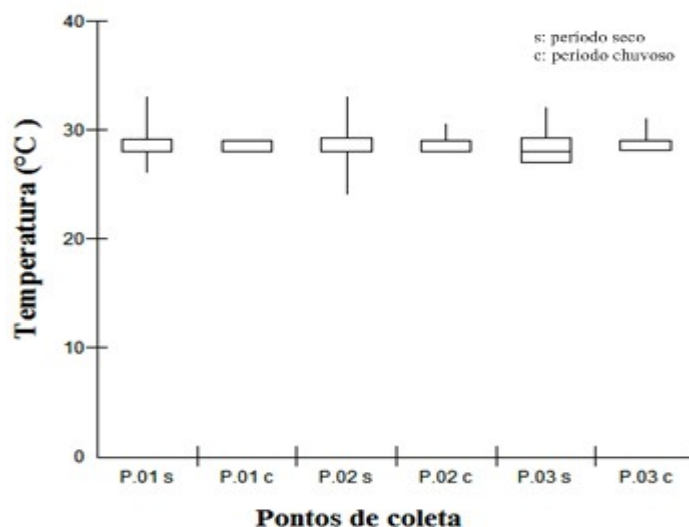


Figura 10 – Diagrama de caixas para os dados compilados de temperatura da água.
Fonte: a autora.

No período seco, o pico máximo de temperatura da água foi registrado na coleta de dezembro de 2006 (33°C). As elevadas temperaturas da água tiveram contribuições das variáveis climatológicas, considerando que neste mesmo período foi registrada a maior temperatura anual do ar (28°C) e uma elevada taxa de evaporação (235 mm).

No período chuvoso, as médias mensais de insolação foram mais baixas, influenciando nas médias de temperatura do ar e, por conseguinte, na temperatura da massa de água, resultando assim, nas menores variações da temperatura da água em relação ao período seco (Ponto 1, CV = 1,81%; Ponto 2, CV = 3,06%; Ponto 3, CV = 3,30%). A baixa variação entre as temperaturas da água, como já mencionado, reflete-se também na ausência de diferenças estatísticas significativas ($p=0,1545$) entre os dois períodos climáticos avaliados.

Tabela 1 – Estatísticas das variáveis físicas e químicas na lagoa de Porangabussu-CE, para o período de 2013 a 2014

PONTO	ESTATÍSTICA	T (°C)	S (m)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	AT ($\text{mg}_{\text{CaCO}_3}/\text{L}$)	TBZ (NTU)	OD (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NH_3 (mg/L)	PT (mg/L)	OPS (mg/L)
P.01	Nº de Dados	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mínimo	26	0,1	8,1	358	106,8	17	3,1	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo	33	0,4	9,4	667	360	29	13,9	5,9	0,000	0,000	0,000	0,000
	Média	28,7	0,2	8,9	543	196	24	8,1	1,059	0,000	0,000	0,000	0,000
	Mediana	28	0,2	9,0	553	167	25	8,1	0,375	0,000	0,000	0,000	0,000
	Desvio Padrão	2	0,1	0,44	97,2	88,4	3,7	2,98	1,994	0,000	0,000	0,000	0,000
	CV (%)	7,0%	40,2%	5,0%	17,9%	45,1%	15,2%	36,8%	188%	0%	0%	0%	67%
P.02	Nº de Dados	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mínimo	24	0,1	7,9	345	109	17	2,4	0,07	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo	33	0,4	9,5	645	358	28	9,5	1,706	0,000	0,000	0,000	0,000
	Média	28,5	0,3	8,8	509	195	22,5	7,1	0,7	0,000	0,000	0,000	0,000
	Mediana	28	0,3	8,9	495	164	21,5	7,8	0,4	0,000	0,000	0,000	0,000
	DP	2,5	0,1	0,59	90,2	88,1	4,2	2,2	0,6	0,000	0,000	0,000	0,000
	CV (%)	8,80%	31,1%	6,66%	17,7%	45,3%	18,6%	30,3%	92,5%	83%	83%	83%	83%
P.03	Nº de Dados	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mínimo	27	0,1	8,3	341	109,9	20	6,0	0,06	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo	32	0,4	9,5	661	361,9	29	10,3	4,83	0,000	0,000	0,000	0,000
	Média	28,5	0,2	9,0	544	196,1	24,4	8,21	1,211	0,000	0,000	0,000	0,000
	Mediana	28	0,2	9,0	553	165,6	24	8,15	0,372	0,000	0,000	0,000	0,000
	DP	1,8	0,1	0,4	105,5	89,5	3,4	1,41	1,707	0,000	0,000	0,000	0,000
	CV (%)	6,2%	38,9%	4,0%	19,4%	45,7%	14,0%	17,1%	141%	90%	90%	90%	90%

Fonte: LIAMAR/IFCE.

Nota: T $\equiv$ temperatura da água, S $\equiv$ transparência, pH $\equiv$ potencial hidrogeniônico, CE $\equiv$ condutividade elétrica.

OD $\equiv$ oxigênio dissolvido, NO_3^- $\equiv$ nitrato, NO_2^- $\equiv$ nitrito, NH_3 $\equiv$ amônia total, PT $\equiv$ fósforo total, OPS $\equiv$ ortofosfato.

Tabela 2 – Estatísticas das variáveis físicas e químicas na lagoa de Porangabussu-CE, para o período

PONTO	ESTATÍSTICA	T (°C)	S (m)	pH	CE (μS/cm)	AT (mg _{CaCO₃} /L)	TBZ (NTU)	OD (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
P.01	Nº de Dados	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mínimo	28	0,1	7,6	220	52,7	15	3,1	0,132	0,00
	Máximo	29	0,5	9,5	635	279,8	22	12,2	10,39	2,00
	Média	28,6	0,29	8,2	350	119,5	17,4	6,9	2,280	1,00
	Mediana	29	0,3	8,0	324	90	15,5	6,4	1,316	0,00
	Desvio Padrão	0,5	0,12	0,59	121,7	67,7	2,7	3,25	3,013	0,00
	CV (%)	1,8%	42,7%	7,2%	34,8%	56,6%	15,4%	47,5%	132,2%	90,0%
P.02	Nº de Dados	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mínimo	28	0,15	7,8	216	82,9	13	5,0	0,272	0,00
	Máximo	30,5	0,6	9,5	663	279,4	22	10,2	2,845	2,00
	Média	29	0,32	8,23	345,5	122,08	16,7	6,5	1,155	0,00
	Mediana	29	0,3	8,1	302,15	91,05	16	6,1	0,856	0,00
	Desvio Padrão	0,88	0,11	0,50	135,6	64,4	2,4	1,63	0,891	0,00
	CV (%)	3,1%	36,1%	6,2%	39,3%	52,8%	14,7%	25,2%	77,1%	99,0%
P.03	Nº de Dados	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mínimo	28	0,14	7,43	218	15,1	6	4,8	0,358	0,00
	Máximo	31	0,45	9,6	676	280,8	26	8,6	8,77	1,00
	Média	28,9	0,29	8,25	340	109,8	18,2	7,1	1,97	0,00
	Mediana	29	0,26	8,3	278	84,5	19	7,5	0,911	0,00
	Desvio Padrão	0,96	0,1	0,6	139,5	73,5	5,02	1,2	2,582	0,00
	CV (%)	3,3%	34,2%	7,4%	41,0%	66,9%	27,6%	17,4%	128,1%	79,0%

Fonte: LIAMAR/IFCE.

Nota: T ≡ temperatura da água, S ≡ transparência, pH ≡ potencial hidrogeniônico, CE ≡ condutividade elétrica

OD ≡ oxigênio dissolvido, NO₃⁻ ≡ nitrato, NO₂⁻ ≡ nitrito, NH₃ ≡ amônia total, PT ≡ fósforo total, OPS ≡ ortofo

Para as coletas mais recentes, novembro de 2010 e abril de 2011, como esperado, as temperaturas da água nos três pontos de coleta superficiais (Ponto 1, Ponto 2 e Ponto 3) estiveram mais elevadas no período seco que no período chuvoso. Na Figura 11 são apresentados estes dados térmicos da água. Mais uma vez, os dados climatológicos levantados para o período suportam a tendência da temperatura da água de elevação ou redução de acordo com a estação climática.

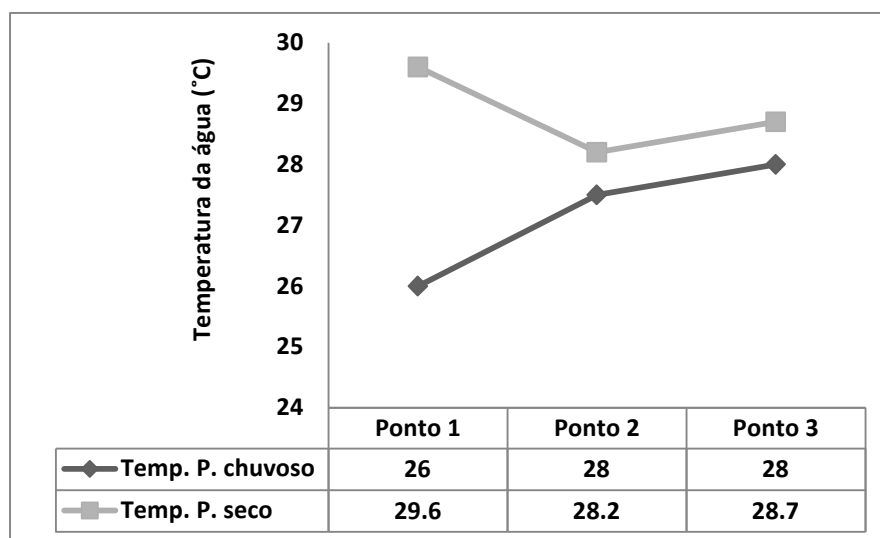


Figura 11 – Temperatura da água nos Pontos 1, 2 e 3, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Comente-se que a temperatura da lagoa manteve-se na maior parte do período de estudo, em média, 0,7°C e 1,8°C acima da temperatura do ar, no período seco e no período chuvoso, respectivamente. Isso pode ser explicado pela capacidade da água de reter calor, devido a sua elevada capacidade calorífica, o que também explica as amplitudes térmicas consideravelmente inferiores no ambiente aquático, em relação àquelas observadas na atmosfera (SPERLING *et al.*, 2004).

A transparência de Secchi da água da lagoa de Porangabussu, em ambos os períodos investigados, também varia relativamente pouco, entre 10 e 60 cm, conforme pode ser observado na Figura 12. Segundo Herry (1999) *apud* Barbosa *et al.* (2006), a diminuição da transparência deve-se a dois fatores principais, um deles é a introdução de material alóctone, elevando a quantidade de material em suspensão na água, e a ressuspensão do material do sedimento, provocada pelo vento, principalmente nos períodos em que as cotas hídricas estejam baixas. Esta situação é típica da estação seca no Município de Fortaleza, conforme

corroboram os dados climatológicos levantados, o que pode explicar uma amplitude menor, e com menores valores de transparência, no período seco, em relação ao período chuvoso.

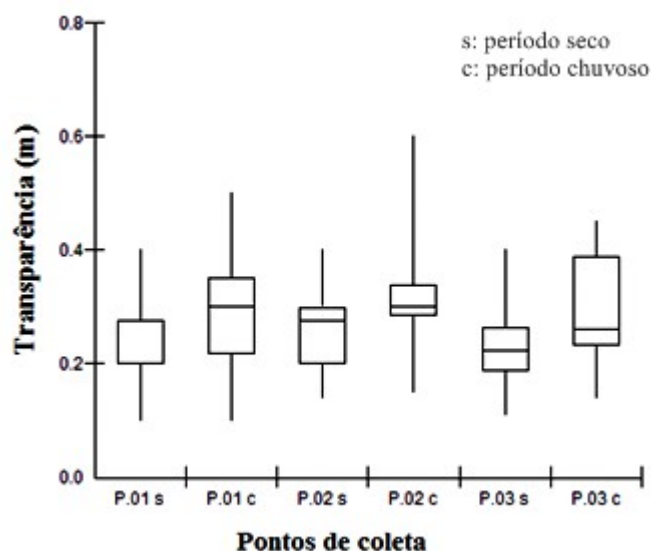


Figura 12 – Diagrama de caixas para os dados compilados de transparência da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

A despeito disso, os valores de transparência podem ser considerados baixos, em termos absolutos, independentemente do período climático avaliado, inclusive para o período posterior de coleta de amostras (2010 e 2011), conforme registro da transparência da água na Tabela 11 do Apêndice C. Esta independência, também foi observada por Barbosa *et al.* (2006), os quais verificaram baixa penetração de luz nos reservatórios investigados por eles, em todo o período de estudo, independentemente da época de seca ou chuva.

Com relação à turbidez na lagoa, de modo geral, os valores se mostraram relativamente altos, variando de acordo com os períodos estacionais (Figura 13).

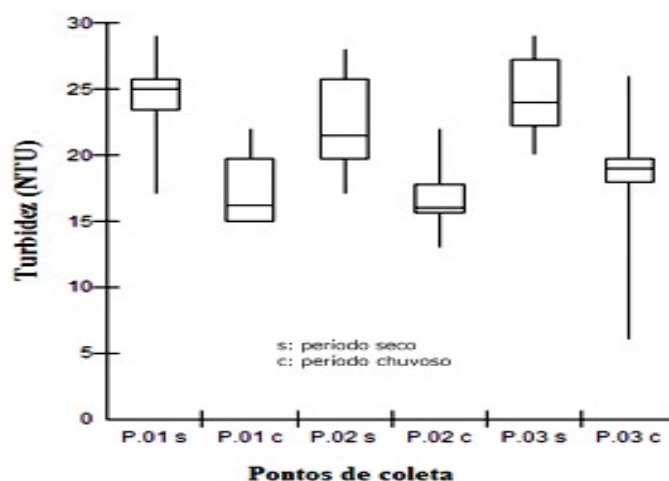


Figura 13 – Diagrama de caixas para os dados compilados de turbidez da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

De acordo com os resultados analisados os valores mais elevados dessa variável foram obtidos no período seco, como pode ser visualizado por meio do diagrama de caixas (Figura 13). A mesma situação repetiu-se no monitoramento de 2010 e 2011, evidenciando-se altas taxas de turbidez no ecossistema também no período seco (novembro de 2011), esses índices podem ser confirmados no gráfico da Figura 14, para essa variável.

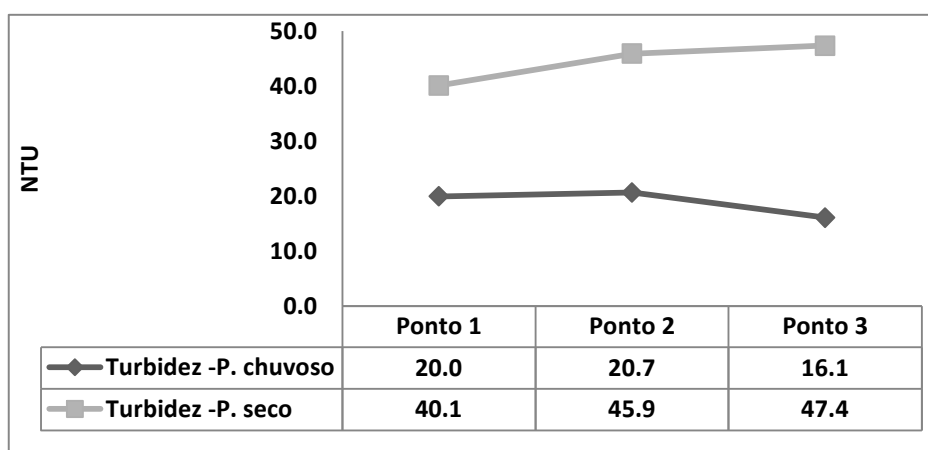


Figura 14 – Turbidez da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Provavelmente esse fato se deu pela ação conjunta da diminuição da massa hídrica da lagoa e da ação dos ventos, onde esses fenômenos tornam-se mais intensificado na ausência de chuvas, pois os mesmos agitam e revolvem as águas e seus sedimentos.

De acordo com os testes estatísticos aplicados, foram registradas diferenças sazonais-temporais estatisticamente significativas para turbidez na lagoa, no período entre 2006 a 2009, considerando as estações seca e chuvosa (valores $p < 0,005$).

Ressalte-se, ainda, que as concentrações de turbidez encontradas nos períodos investigado (2006 a 2011), em todos os pontos de coleta da lagoa, estiveram inferiores aos limites (100 NTU) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para este ambiente (corpo aquático de água doce da Classe 2).

Para a condutividade elétrica, os valores mais elevados estão notadamente concentrados no período seco, conforme observado na Figura 15, provavelmente pelo fato de que, nesse período, o volume de água é reduzido pela maior escassez de chuvas e devido às elevadas taxas de evaporação, o que causa a elevação da concentração de sais dissolvidos, acarretando um aumento na condutividade elétrica da água.

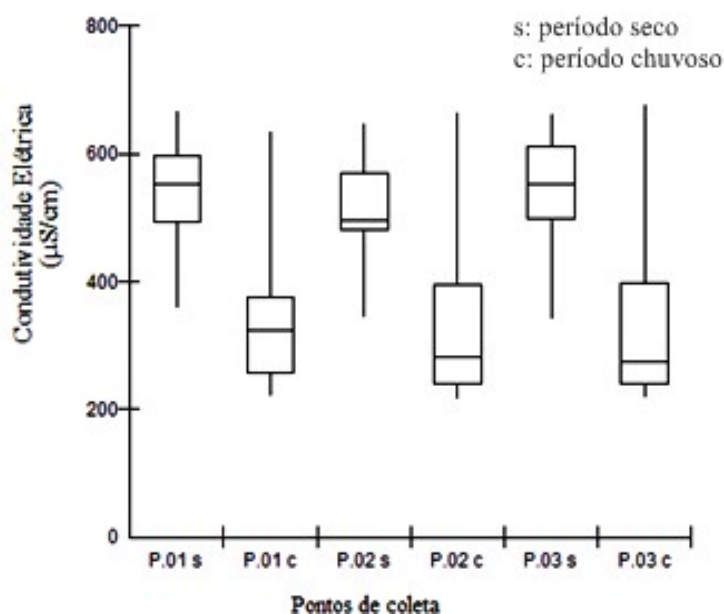


Figura 15 – Diagrama de caixas para os dados compilados de condutividade elétrica da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

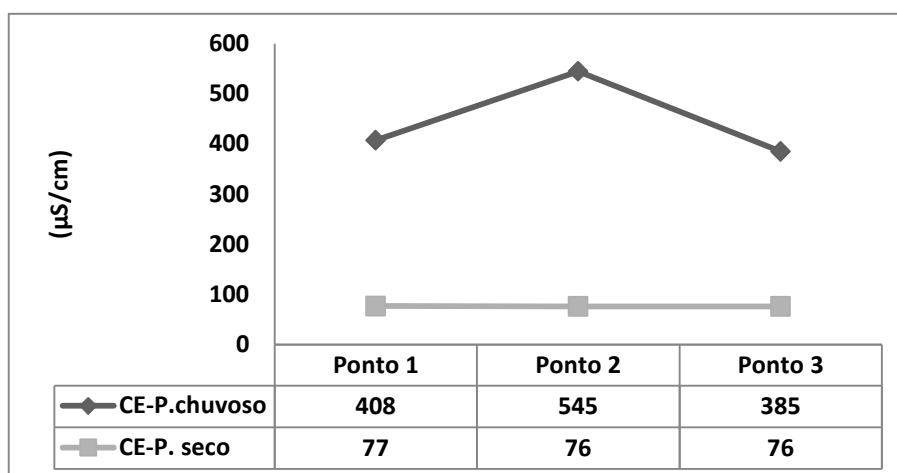


Figura 16 – Condutividade elétrica da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Contrariamente ao que ocorreu na Figura 15, para os pontos 1, 2 e 3 a condutividade elétrica esteve marcadamente superior no período chuvoso (Figura 16) para o período monitorado em 2010 e 2011. Sugere-se para explicar tal fenômeno o grande aporte de esgotos domésticos que adentram na lagoa, tais efluentes por conterem alta carga orgânica pode ter alterado de maneira significativa o teor de sais dissolvidos e assim ter superestimado essa variável como mostra nos resultados obtidos das análises. No trabalho descrito por Silva (2003), onde se analisou a condutividade do Complexo Hídrico Papicú/Maceió em duas estações distintas: alta e baixa pluviometria, os cinco pontos monitorados praticamente não apresentaram diferenças quantitativas de condutividade, os resultados obtidos revelaram altas concentrações de sais dissolvidos nos dois períodos estudados.

As diferenças sazonais encontradas para a condutividade elétrica nos dois períodos de estudo foram estatisticamente significativas ($p < 0,001$), o mesmo aconteceu entre os pontos de amostragem, a saber: para o ponto 1 nos períodos seco e chuvoso, $p < 0,0045$; ponto 2, $p = 0,100$, e para o ponto 3, $p = 0,0100$. O mesmo não aconteceu entre os pontos de amostragem dentro do período estacional, obtendo-se assim valores com ausência de diferenças estatísticas, entre os pontos do período seco e chuvoso, respectivamente (período seco- entre o ponto 1 e ponto 2, $p = 0,3181$; ponto 1 e ponto 3, $p = 0,9164$; ponto 2 e ponto 3, $p = 0,2936$). No período chuvoso: entre o ponto 1 e ponto 2, $p = 0,7624$; entre o ponto 1 e ponto 2, $p = 0,5967$ e por último, entre o ponto 2 e ponto 3, $p = 0,8798$.

A distribuição espacial e temporal do pH, em todo o período investigado (2006 a 2011), como se vê na Figura 17 e na Figura 18, revela-se com pouca variação, com valores

médios entre 8,0 e 9,0, para três pontos de coleta na lagoa. Esteves (1998) comenta que em águas continentais o pH tem variado entre 6 e 8. No entanto, este autor também destaca que podem ser encontrados ambientes mais ácidos ou mais alcalinos. Como se pode observar, as águas da lagoa de Porangabussu apresentam tendência à basicidade.

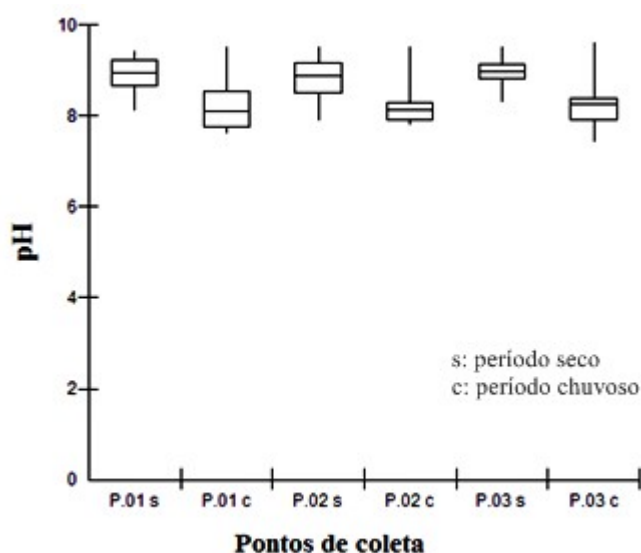


Figura 17 – Diagrama de caixas para os dados compilados de pH da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

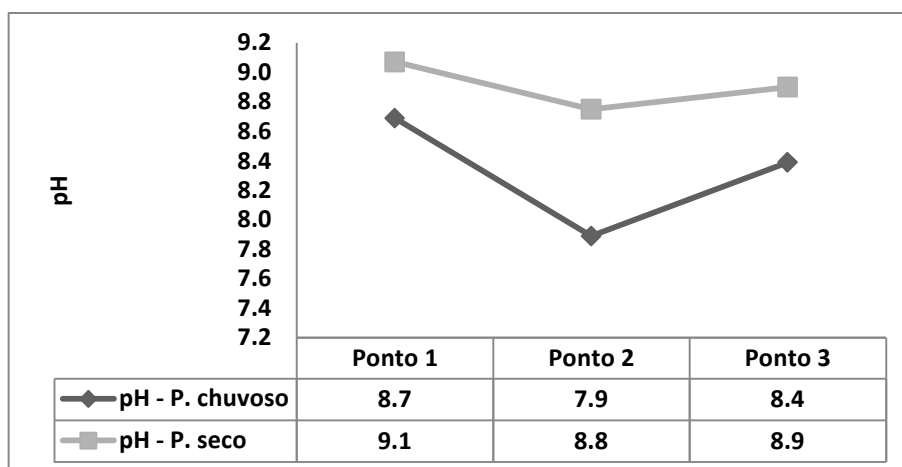


Figura 18 – pH da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

De acordo com Sioli (1975) *apud* Esteves (1998), valores mais baixos de pH, variando entre 4,0 a 5,5, são normalmente encontrados nos corpos aquáticos localizados na região de

sedimentos da Formação Barreiras, típica de Fortaleza/CE. Tal fenômeno não é observado na lagoa de Porangabussu, o que possivelmente se justifica por um balanço hídrico negativo, em que a taxa de evaporação se apresenta maior que a taxa de precipitação, como explica Esteves (1998), fato normalmente notado na área de estudo. A relativa elevação dos valores de pH na quadra seca em relação à chuvosa, vista nas figuras anteriores, corrobora tal justificativa.

Ainda, levando-se em consideração os limites estabelecidos, pH variando entre 6,0 e 9,0, pela Resolução nº 357 do CONAMA, quase 42% das amostras registradas no período seco e 10% das registradas no período chuvoso se encontraram fora do limite permitido para águas doces de classe 2.

Outrossim, em estudos realizados por Barbosa *et al* (2006), os ambientes estudados apresentaram o mesmo padrão de distribuição de pH, ou seja, pouca variação entre os pontos e períodos amostrados. De acordo com Cole (1983) e com Wetzel (1993 *apud* Barbosa *et al.*, 2006), pode-se inferir que a pouca variabilidade dos valores estabelecidos ao pH na coluna d'água da lagoa de Porangabussu sugerem existência de um considerável poder tamponante do meio aquático, capazes de manter o pH dentro de limites próximos.

Os valores de alcalinidade total observados neste estudo, e traduzidos nos diagramas da Figura 19 e nos valores medidos na Figura 20, estão mais pronunciados no período seco, e relativamente reduzidos no período chuvoso.

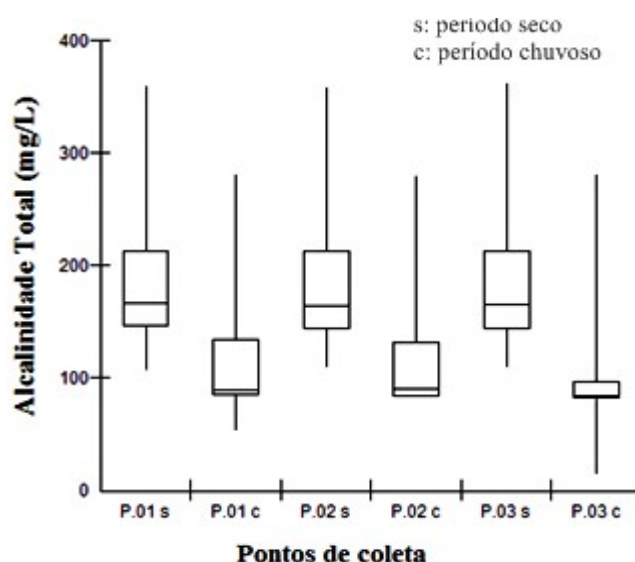


Figura 19 – Diagrama de caixas para os dados compilados de alcalinidade total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

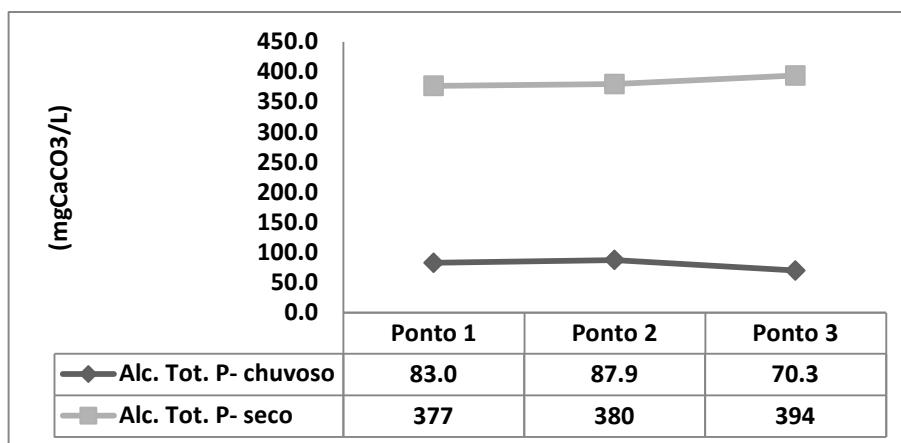


Figura 20 – Alcalinidade total da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Watanabe *et al.* (1989 *apud* VILAR, 2009), os quais estudaram o comportamento da alcalinidade total e da condutividade elétrica, na quadra de estiagem (seca), em oito açudes paraibanos, verificaram que o aumento dos valores desses parâmetros se dava na medida em que aumentava a distância do litoral, fato atribuído à diminuição da precipitação pluviométrica e aumento da evaporação, além de fatores geológicos. Assim, a diminuição da precipitação e aumento da evaporação também pode justificar o aumento destes dois parâmetros na quadra seca.

Leprun (1983 *apud* Barbosa *et al.*, 2006), ao analisar a qualidade física e química de águas de diversos açudes na região semiárida, observou elevados valores de alcalinidade associados a predominância do íon bicarbonato. Ressalte-se que neste trabalho, a correlação da alcalinidade com o pH, deu, como esperado, correlação positiva em ambos períodos (seco- $r=0,4151$, $p<0,001$; chuvoso- $r=0,5192$, $p=0,0026$).

Quando se avaliam os teores de oxigênio dissolvido (OD) na superfície da água, dispostos graficamente na Figura 21 e na Figura 22, verifica-se, em geral, que as suas maiores concentrações são encontradas no período seco, haja vista que neste período as médias foram próximas ou superiores a 8 mg/L, segundo Straskraba e Tundisi (2000) *apud* Vilar (2008), na Região Nordeste do Brasil, valores em torno de 8,5 e 9,0 mg O₂/L são comuns em ambientes eutrofizados. No período chuvoso, as médias (Ponto 1 e Ponto 2) foram menores que 6,0 mg/L). Assim, as diferenças espaço-temporais de OD são estatisticamente significativas ($p=0,0230$) entre os períodos climáticos considerados. Complementarmente, verificou-se que a concentração de oxigênio dissolvido apresentou correlação positiva com a clorofila *a* em ambas as estações climáticas, significativamente na estação seca (seca: $r=0,5375$, $p=0,0067$;

chuvosa: $r=0,2916$; $p=0,1178$). Pode ter ocorrido que, na zona fótica onde se davam as coletas, devido a radiação solar ser mais intensa, o processo fotossintéticos das algas e o incremento do gás oxigênio tenha sido favorecido.

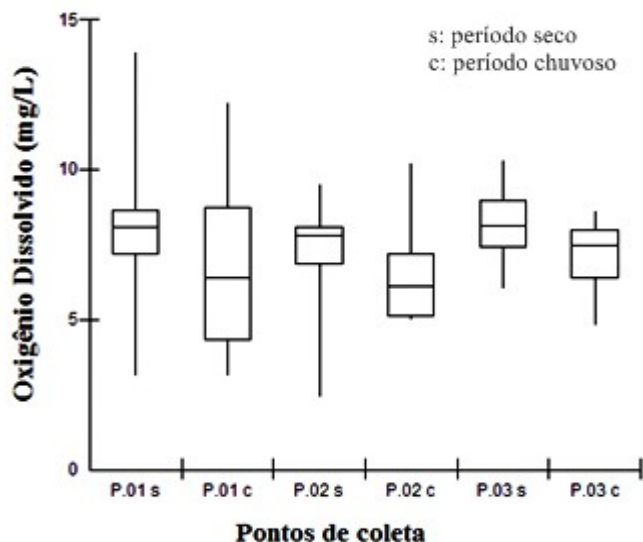


Figura 21 – Diagrama de caixas para os dados compilados de oxigênio dissolvido da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

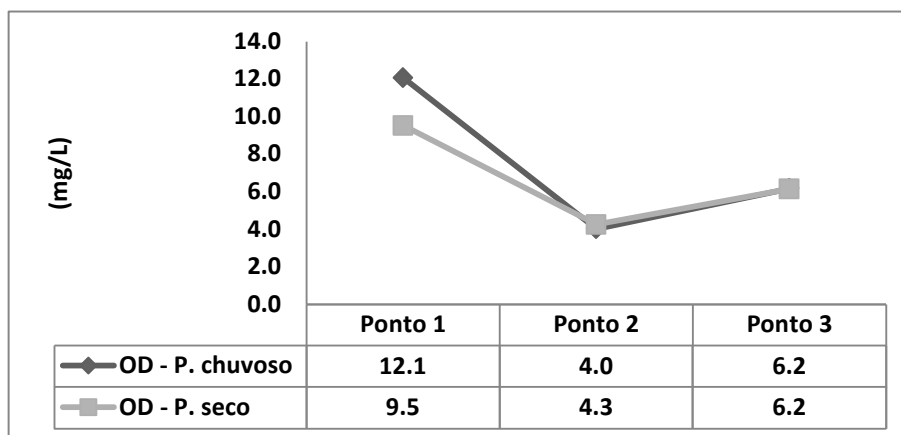


Figura 22 – Oxiênio dissolvido da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

De maneira geral, também pode ser observado que as maiores amplitudes registradas para o oxigênio dissolvido, no período de 2006 a 2009, ocorrem no Ponto 1 (CV, 36,8%, período seco; CV, 47,5%, período chuvoso), enquanto que as menores amplitudes ocorrem no Ponto 3. Adicionalmente, vê-se igualmente que os máximos valores de OD são encontrados no Ponto 1, conquanto que o valor mínimo é encontrado no Ponto 2, confirmando a significativa variação espacial do oxigênio na lagoa, o que deve estar relacionada a uma

distribuição irregular das comunidades fitoplanctônicas na lagoa, possivelmente devido à uma heterogeneidade nas condições e nos nutrientes ao longo do meio aquático do corpo hídrico.

Esteves (1998) explica que no epilimínio, todos os pontos amostrados desse estudo foram coletados na subsuperfície rasa da lagoa (0,3 m a 0,5 m), as perdas de oxigênio são compensadas pela sua produção por meio da fotossíntese ou pela difusão a partir da atmosfera, sendo esta última fonte muito importante em lagos de regiões tropicais, pois neste, são observados quase sempre um déficit de oxigênio.

Ressalte-se, ainda, que o teor de oxigênio dissolvido registrado no ponto central da lagoa (Ponto 2) nas coletas mais recentes (2010 e 2011), para ambas as quadras climáticas (seca e chuvosa), foi aproximadamente igual a 4,0 mg/L, valor inferior ao limite mínimo estabelecido para ecossistemas de classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, e já comprometendo a existência de peixes e outros organismos aquáticos aeróbios.

Nota-se de maneira geral que o comportamento do oxigênio dissolvido nos períodos em estudo (2006 a 2011) não sofreu grandes alterações em termos quantitativos, com exceção do Ponto 1, no período chuvoso no ano de 2010, salienta-se que o objeto de estudo é um sistema vivo e assim propenso à inúmeras alterações que fogem ao controle das observações mesmo que contínuas.

Em relação aos nutrientes fosforados, observa-se que as concentrações de fósforo total variaram pouco em relação às estações climáticas estudadas, conforme se observa na Figura 23, e se verifica estatisticamente, visto que não se obtiveram diferenças significativas ($p > 0,05$) para o fósforo total, no que diz respeito às distintas quadras climáticas.

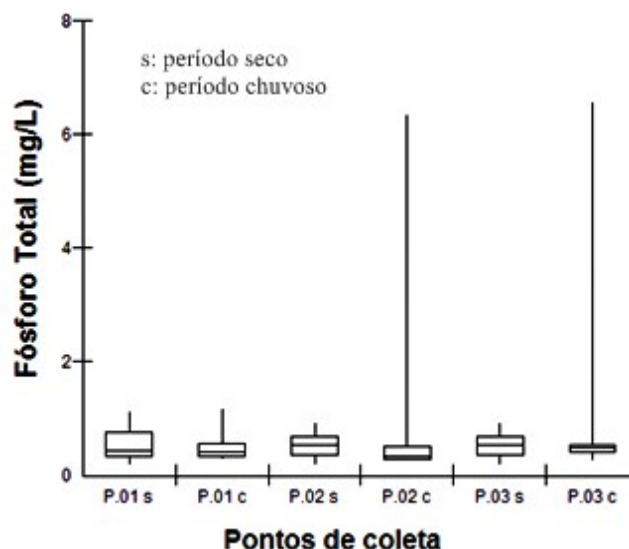


Figura 23 – Diagrama de caixas para os dados compilados de fósforo total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

No período seco, a média nos pontos de amostragem esteve em torno de 0,5 mg/L, com coeficientes de variação iguais a 60,2%, 44,5% e 63,1% para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente; no período chuvoso, registraram-se maiores concentrações, em geral, cujas médias obtidas mantêm-se na maioria das campanhas, em torno de 1,0 mg/L, mas com variações muito maiores que no período seco (CV superiores a 180% nos pontos 2 e 3 do corpo aquático).

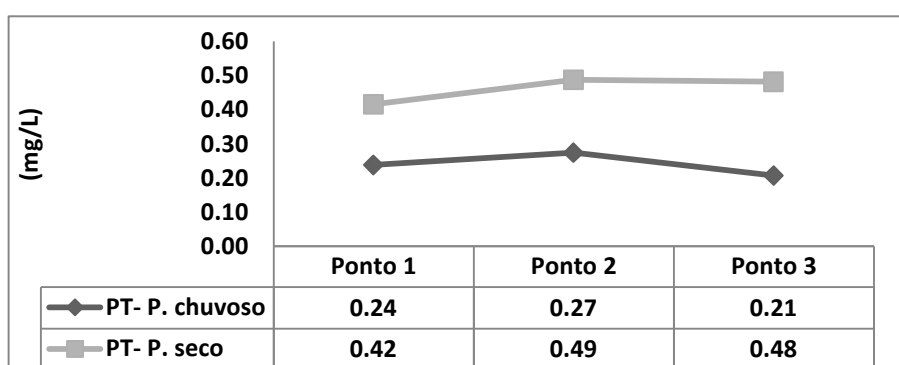


Figura 24 – Fósforo total da água nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Segundo Vilar (2009), o aumento de fósforo total no período de chuva (Figura 24) pode ser oriundo, provavelmente, do escoamento superficial favorecendo o aporte de matéria orgânica e a lavagem (lixiviação) da rede de drenagem pluvial. Destaque-se que as maiores

concentrações de fósforo total, deram-se na coleta de janeiro de 2009; nesse mês, em específico, choveu cerca de 140 mm, após quatro meses de uma quase completa estiagem. Assim, o aumento das chuvas e a baixa profundidade do corpo aquático, promovendo a lavagem das galerias pluviais e o revolvimento do sedimento, devem ter aumentado a disponibilidade desse nutriente na coluna d'água, causando o aumento excessivo de fósforo registrado nesta coleta.

Ao contrário do que ocorreu com o fósforo total no período de monitoramento entre os anos de 2006 a 2009, onde os índices dessa variável mantiveram-se praticamente constantes nos dois períodos sazonais, o mesmo não se repetiu nos anos seguintes de monitoramento, onde o teor de fósforo no período seco praticamente dobrou em termos absolutos. Nos estudos feito por Vilar (2009) em ecossistemas no semiárido paraibano as análise de teores de fósforo total apresentaram resultados diferentes em estações climáticas distintassendo que, as maiores concentrações de fósforo total ocorreram nos açudes Luiz Heleno e Roque no período de estiagem. Já nos açudes Bola I e Namorados, os maiores valores de P-total foram registrados no período chuvoso, com valor médio de 90,4 e 74,3µg/L, respectivamente.

As concentrações determinadas para o fósforo total nos três pontos de coleta e em todo o período investigado foram superiores ao Valor Máximo Permitido (VMP), 0,030 mg/L P, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para ambientes lênticos de Classe 2.

Com relação às concentrações de ortofosfato solúvel (P-orto), cuja distribuição dos diferentes pontos de coleta é sumarizada na Figura 25, observa-se que estas tiveram maior amplitude de variação no período chuvoso e teores mais elevados, com médias variando em torno de, aproximadamente, 0,18 mg/L nos três pontos monitorados, refletindo um comportamento similar àquele observado para o fósforo total.

As concentrações de ortofosfato mantiveram-se praticamente idênticas nas coletas de novembro (período seco amostrado) e abril (período chuvoso amostrado), com exceção dos pontos 2 e 3 do período chuvoso, cujas concentrações não fora detectadas (Figura 26), provavelmente pelo processo de diluição que as água do corpo aquático enfrentam por conta de uma maior precipitação pluviométrica ocorrida nesse período.

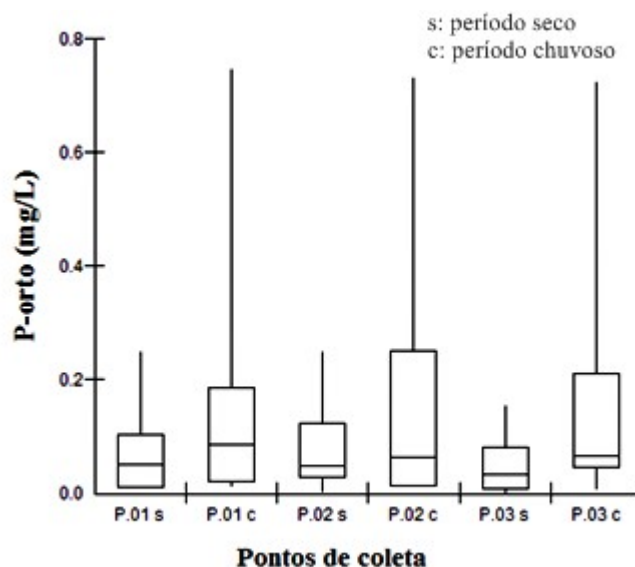


Figura 25 – Diagrama de caixas para os dados compilados de ortofosfato solúvel da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

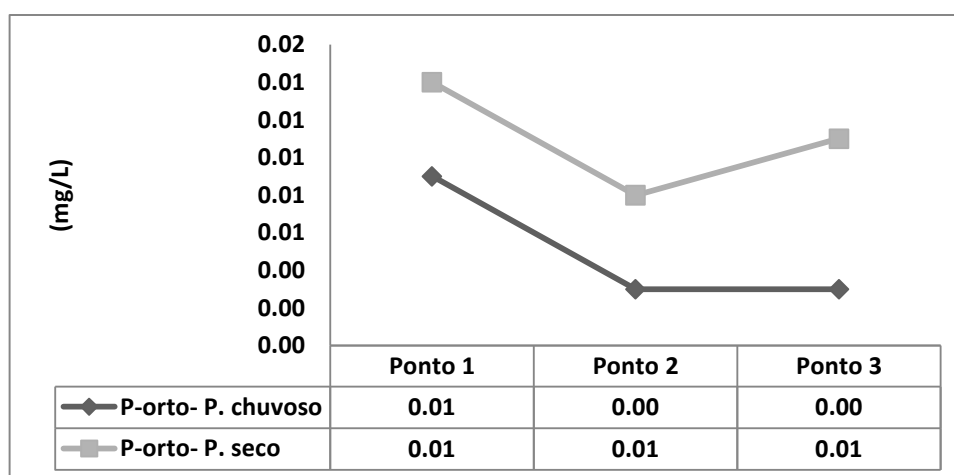


Figura 26 – Ortofosfato solúvel nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

A maior assimilação (P-orto) se dá pelos produtores primários (ESTEVES, 1998). Segundo Oliveira (2006), as concentrações menores desse nutriente no período seco pode ser um indicativo que o mesmo está sendo reciclado na própria coluna d'água, o que demonstra alta atividade metabólica dos microrganismos presentes no corpo aquático e sua influência sobre a dinâmica do nutriente.

Os resultados determinados para os nitratos nas águas da lagoa apresentaram pequena variação entre as quadras estacionais. No entanto, as maiores concentrações de nitrato foram

registradas no período chuvoso. Como mostrado na Figura 27, no ponto 1 o nitrato alcançou um valor máximo de 10,4 mg/L e um mínimo 0,13 mg/L, com o efeito da diluição nas águas por ocasião do período de chuvas era esperado que o nitrato estivesse menos concentrado, porém, o ponto 1 é um dos principais tributários de chegada de águas e com elas fontes de esgoto para lagoa, tentando assim explicar essa concentração de nitrato evidenciada.

Como já comentado a concentração de mais ou menos de nitrato contidos em um corpo aquático indica poluição remota, e assim, dados os elevados teores observados durante o período estudado, pode-se afirmar que a lagoa de Porangabussu recebe um aporte de água poluída oriunda de esgotos de forma frequente e contínua.

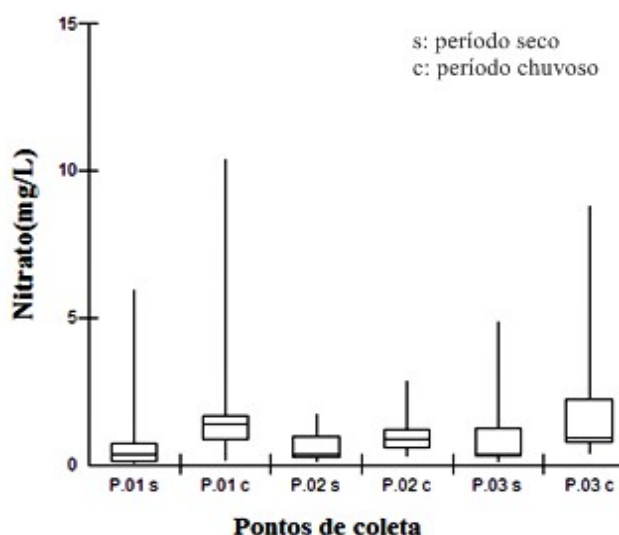


Figura 27 – Diagrama de caixas para os dados compilados de teores de nitrato da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

Com exceção do Ponto 1 (no período seco e chuvoso) nenhum outro ponto de amostragem apresentou diferenças estatísticas significativas estacionais ($p=0,0410$), quando comparado ponto a ponto entre as estações, no entanto ao tomarmos o período seco versus período chuvoso, houve diferenças estatísticas significativas entre si ($p=0,0021$).

Levando-se em conta os teores máximos estabelecidos (10 mg/L N) pela Resolução do CONAMA nº357/05 para ambientes classe 2 de águas doce, o nitrato no Ponto 1 (junho de 2007) da estação chuvosa apresentou valores acima do permitido, enquanto que todos os demais valores de nitrato obtidos, incluindo a estação seca, estão de acordo com o estabelecido na legislação.

Os valores de nitrito na lagoa de Porangabussu durante o período seco, variaram com médias entre 0,2 mg/L e 0,3 mg/L. Os coeficientes de variação para o período seco também foram muito inferiores que aqueles do período chuvoso. Particularmente com relação a isso, pode-se observar, a partir da Figura 28, que traz o diagrama de caixas para o nitrato, uma amplitude muito elevada dos teores de nitrato no período chuvoso, com predominância também de valores mais elevados do parâmetro, quando comparados à estação seca.

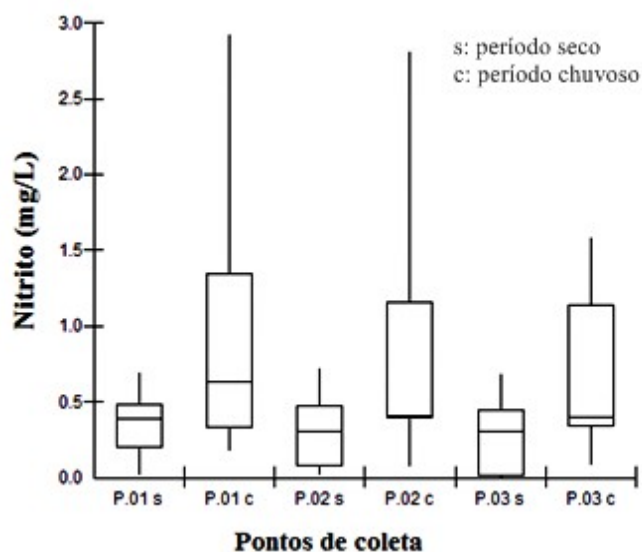


Figura 28 – Diagrama de caixas para os dados compilados de teores de nitrito da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

Assim, e de forma análoga à observada para o nitrato, a maior concentração registrada para o nitrito foi no período chuvoso, com média no Ponto 1 de 1,0 mg/L e no Ponto 2 de 0,89 mg/L. Os coeficientes de variação nesses pontos também foram maiores, respectivamente 90,1% e CV 99,9%. No que diz respeito a variações sazonais nos pontos amostrados nestas foram verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p=0,0066$).

O VMP para o nitrito, estabelecido para ambientes de classe 2 segundo na Resolução CONAMA 357/05, é de 1,0 mg/L. Desta forma, em relação ao nitrito, as águas da lagoa de Porangabussu encontravam-se em conformidade com os limites legais estabelecidos.

A variação ocorrida nos teores de amônia total, nos anos de 2006 a 2009, conforme observado na Figura 29, revela que foi no período seco em que se obtiveram as maiores variações para o parâmetro (coeficiente de variação igual a 151,8%, 193,1% e 177,3%, para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente), e que foi nessa estação climática que cerca de 25% dos

resultados obtidos estavam acima do limite permitido pela legislação (Resolução do CONAMA nº 357/05).

Complementarmente, pode-se determinar que as concentrações de amônia total nos dois períodos sazonais não apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$).

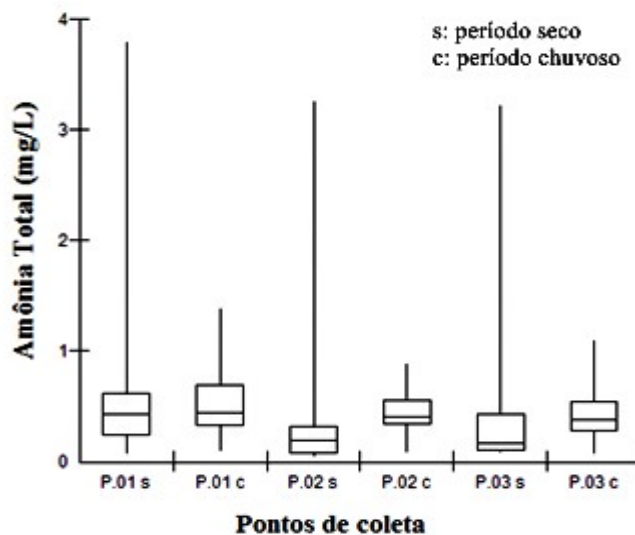


Figura 29 – Diagrama de caixas para os dados compilados de teores de amônia total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006-2009. Fonte: a autora.

Finalmente, em relação aos teores de clorofila *a*, cujo diagrama de caixas é mostrado na Figura 30, as maiores médias obtidas deram-se no período de estiagem.

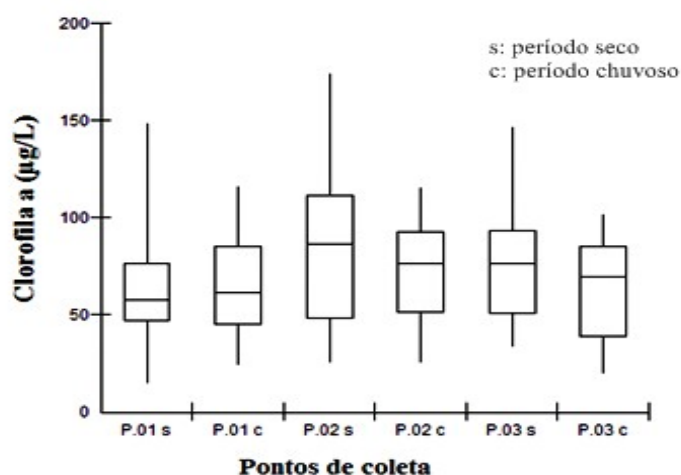


Figura 30 – Diagrama de caixas para os dados compilados de clorofila *a* da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2006- 2009. Fonte: a autora.

Ressalte-se que aproximadamente 87% das concentrações obtidas de clorofila *a*, em ambas as estações consideradas, encontram-se superiores ao VMP de 30 µg/L, estabelecido pela Resolução do CONAMA n° 357/2005.

Mencione-se, ainda, que não houve diferenças estatísticas sazonais entre os pontos amostrados ($p > 0,05$), apesar da variação encontrada relativamente aos períodos climáticos.

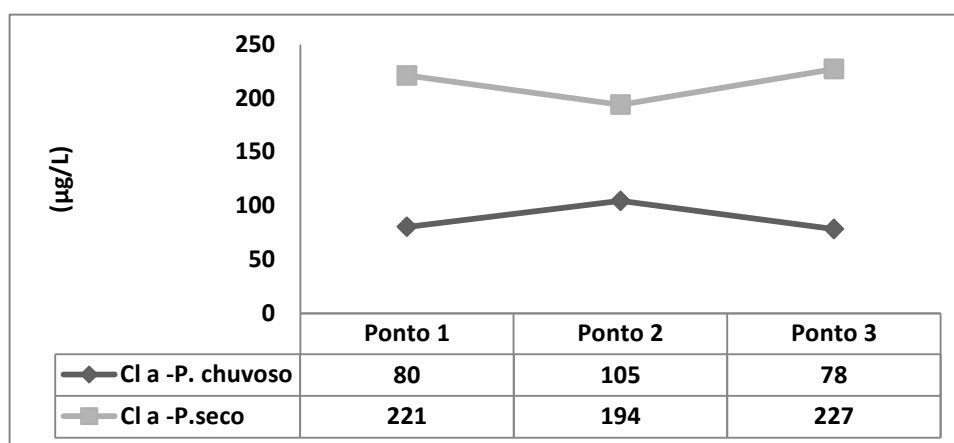


Figura 31 – Clorofila *a* nos Pontos 1, 2 e 3 nas coletas de 2010 e 2011, da Lagoa de Porangabussu nas coletas de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Com relação às concentrações de clorofila *a*, notoriamente maiores valores foram registrados no período seco (Figura 31). O sistema revelou correlação negativa entre a transparência e a clorofila *a*, em ambas as estações climáticas (seca: $r = -0,0428$; $p = 0,8427$; chuvosa ($r = -0,0544$; $p = 0,7751$). No trabalho escrito por Vilar (2008), ao estudar os açudes

Luiz Heleno e Bola I no semi-árido nordestino, a transparência influenciou a concentração de clorofila *a*, correlacionando-se negativamente, mas sem diferenças estatísticas. O mesmo aconteceu na pesquisa de Pacheco (2009), ao estudar a dinâmica espacial e temporal das variáveis limnológicas e sua influência sobre cianobactérias em um reservatório eutrofizado: Acarape do Meio-CE. Semelhantemente ao ocorrido no período monitorado entre os anos 2006 a 2009, o parâmetro para clorofila *a*, esteve acima do limite máximo de 30µg/L, estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/2005.

5.2 Índice de Estado Trófico

Nesta subseção, o índice de estado trófico dos pontos de amostragem será discutido para todo o período considerado neste estudo, ou seja, de 2006 a 2011. Preliminarmente, deve ser considerado que os resultados mais recentes mostraram que a transparência de Secchi não apresenta uma correlação significativa com a variação do material fitoplactônico, representado pelos teores de clorofila *a*, na lagoa de Porangabussu. No período seco tem-se r^2 igual a 0,001 ($p=0,83$) e no período chuvoso r^2 igual a 0,0002 ($p=0,95$).

Portanto, segundo Bezerra Neto e Pinto Coelho (2002), que explica que o IET_s não pode ser aplicado a corpos aquáticos com elevada quantidade de material particulado não algal, como observado no presente caso, apenas a *a* e o fósforo total foram considerados no cálculo do IET médio de Lamparelli (2004) para a lagoa de Porangabussu, uma vez que a transparência não foi considerada um bom indicador trófico para o reservatório. Assim, a Equação 2, a Equação 3 foram usadas no cálculo dos índices parciais de estado trófico, e a Equação 4, a seguir mostrada, forneceu os valores médios dos IETs parciais (fósforo total e clorofila *a*), para todas as campanhas de amostragem na lagoa.

$$IET_m = \frac{IET_{PT} + IET_{CLa}}{2}; \quad (Eq. 4)$$

Consequentemente, a classificação do estado trófico obtida para estas campanhas, de acordo com o sugerido por Lamparelli (2004), em relação ao fósforo total, à clorofila *a*, como também o IET médio, seguindo a metodologia proposta, são apresentadas na Figura 32, na Figura 33 e na Figura 34 para os três pontos amostrados nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

Os pontos 1, 2 e 3 apresentaram-se, em relação à concentração de fósforo (IET_{PT}) como hipereutróficos em 100% das coletas realizadas no período seco, como mostrado nos resultados das figuras já citadas; para o parâmetro clorofila *a* nesta estação climática, houve

uma variação de supereutrófico a hipereutrófico, pode-se dizer que essa variação não altera a gravidade em que se encontra esse corpo aquático, o que fica claro, pois o cálculo do IET médio possibilitou classificar o sistema da lagoa de Porangabussu como hipereutrófico. Esta categoria está relacionada a corpos aquáticos afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e de nutrientes, com o comprometimento acentuado dos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandade de peixes, como relatado muitas vezes para a lagoa de Porangabussu em notícias de jornais.

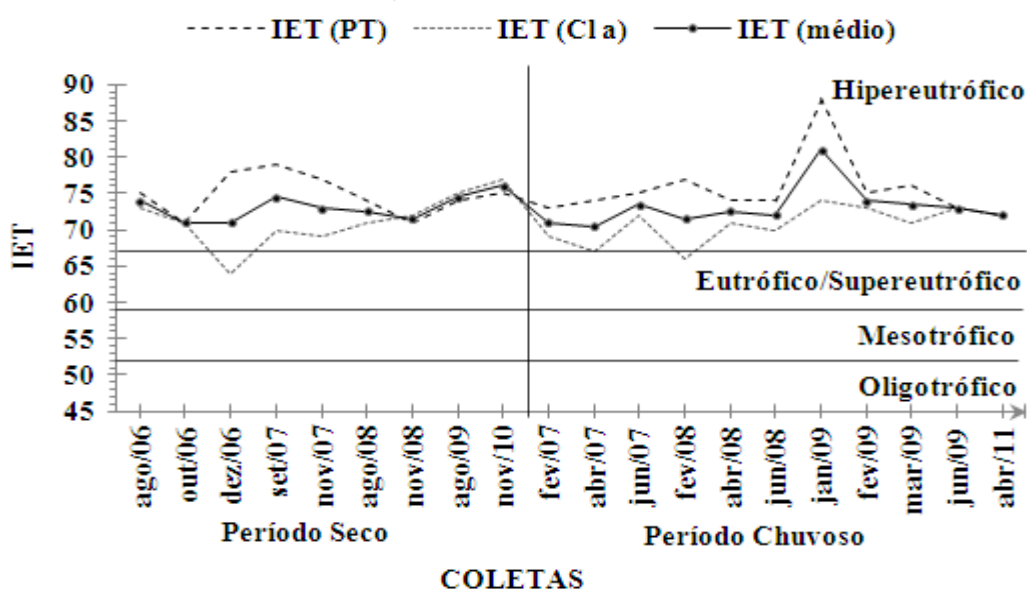


Figura 32 - Índices de estado trófico do Ponto 1 da lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, no período de estudo: 2006 a 2011. Fonte: a autora.

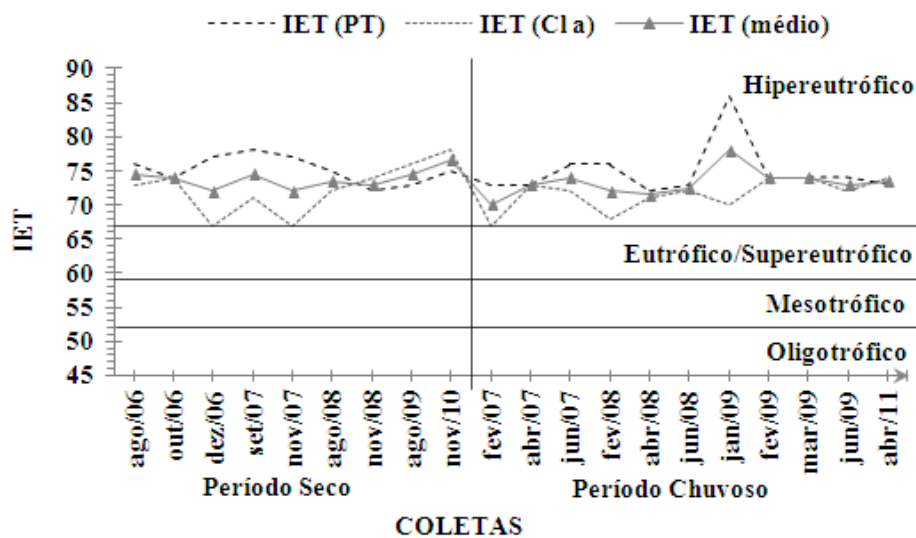


Figura 33- Índices de estado trófico do Ponto 2 da lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, no período de 2006 a 2011. Fonte: a autora.

Com as coletas realizadas no período chuvoso, o mesmo aconteceu, isto é, em relação ao fósforo total (IET_{PT}), em todos os pontos de amostragem em todo o período investigado, a lagoa foi considerada hipereutrofizada; Similarmente, em relação à clorofila *a*, houve classificação de supereutrofizado a hipereutrofizado, cabe ressaltar que mesmo havendo essa pequena variação de categoria de estado trófico, observa-se que foi um fato isolado, acontecendo uma só vez para os pontos 1 e 2 nas coletas de fevereiro de 2007 e 2008, respectivamente, e no ponto 3 na coleta de junho de 2009. Novamente, o IET_m categorizou o sistema aquático em hipereutrofizado. Esta categoria, como já comentado, compromete de forma efetiva os usos do corpo aquático.

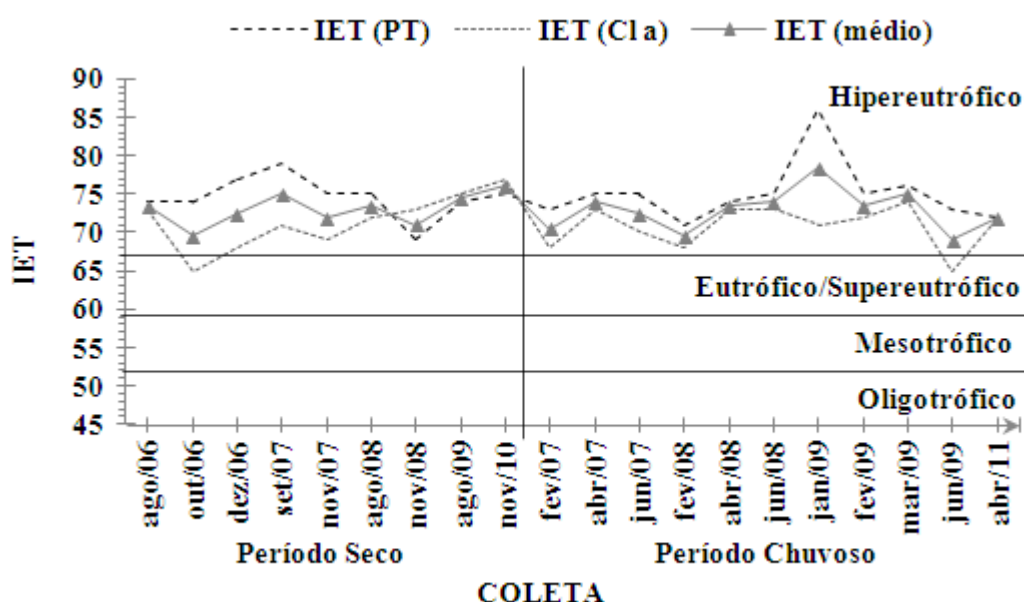


Figura 34 - Índices de estado trófico do Ponto 3 da lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE, no período de 2006 a 2011. Fonte: a autora.

O comportamento apresentado do elevado estado de trofia nas águas da lagoa foi mantido nos três pontos de amostragem, não havendo variações significativas favoráveis durante o período de monitoramento independentemente do ponto de coleta ou do período sazonal monitorado.

Sugere-se que hipótese mais provável para explicar estes resultados pontuais e globais relaciona-se com constantes descargas de efluentes que podem enriquecer continuamente o meio em nutrientes, e, como consequência, dar-se um acréscimo da produtividade e das comunidades algais presentes, fazendo com que o corpo aquático encontre-se praticamente permanentemente hipereutrofizado (Figuras 31, 32 e 33) sendo que, esse estado de trofia

apresenta-se evidenciado no Ponto 2 (Figura 33). O Ponto 2 da lagoa é um dos pontos mais críticos em relação ao aporte de nutrientes, talvez esse fato explique ser esse ponto de amostragem o mais fragilizado, se visto de uma forma global do ecossistema.

5.3 Estudos Nictemerais

Dois estudos nictemerais foram realizados na lagoa de Porangabussu. O primeiro ciclo diário ocorreu no mês de novembro de 2010 (estação de seca). Registrou-se nesse período temperatura média do ar de 28°C, baixo regime pluviométrico (3,4 mm) e intensas evaporações (270,2 mm), a velocidade dos ventos nesse período chegou a valores de 4,5 m/s. No segundo ciclo nictemeral, em abril de 2011 (estação de chuvas), a temperatura do ar registrou valor médio de 26,2°C, regime pluviométrico de 342 mm, com taxas de evaporações mais amenas (91,6 mm). A intensidade dos ventos também foi bem mais amena que no período seco, registrou-se intensidade máxima de 2,4 m/s.

Na Tabela 3 estão expostos os resultados da estatística descritiva das variáveis monitoradas do ponto N nos dois ciclos nictemerais.

Tabela 3 – Estatísticas das variáveis limnológicas no Ponto N nas três profundidades.

Período seco									
Parâmetros Estatísticos	T (°C)	OD (mg/L)	pH	CE (µS/cm)	Turb NTU	Alc.Tot. (mg/L)	PT (mg/L)	P-orto (mg/L)	Cl <i>a</i> (µg/L)
Nº de dados	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Mínimo	14,9	3,27	8,46	72,64	30,43	373	0,42	0,003	142,9
Máximo	30,1	9,92	9,32	79,71	91,14	400	0,74	0,021	268
Média	26,58	5,95	8,80	76,16	47,63	383,21	0,50	0,01	210,5
Mediana	28,3	5,7	8,74	76,29	47,55	381	0,49	0,012	206,8
Desvio padrão	4,3	2,27	0,24	1,48	13,15	6,49	0,07	0,0045	28,46
CV	16,2%	38,2%	2,7%	2,0%	27,6%	1,7%	13,9%	36,5%	13,5%
Período chuvoso									
N	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Mínimo	14	4,03	7,48	390	11,84	80,57	0,201	-0,003	45,1
Máximo	30	11,87	9,11	519,4	50,04	95,22	0,466	0,046	136,3
Média	21,43	7,21	8,06	422,06	19,66	86,04	0,275	0,011	79,76
Mediana	22,75	6,53	7,85	412,35	16,255	85,70	0,253	0,003	79,35
DP	4,85	2,50	0,50	34,61	10,23	3,63	0,07	0,02	22,31
CV	22,6%	34,7%	6,2%	8,2%	52,1%	4,2%	24,9%	162,5%	28,0%

Fonte: A autora.

Nota: T = temperatura da água; OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogeniônico; CE = condutividade elétrica, Alc tot. = alcalinidade total; Turb = turbidez, PT = fósforo total, P-orto = ortofosfato solúvel, Cl *a* = clorofila *a*.

Os resultados obtidos da temperatura da água nos dois ciclos diários das coletas no ponto nictemeral, mostrados na Figura 35, delinearam o mesmo padrão do que ocorre com a

temperatura do ar, ou seja, valor médio mais elevado no período seco (média de 26,5°C e CV=16,2%) e menor valor médio observado em abril (período chuvoso), porém, com maiores variações (média de 21,4°C e CV= 22,6%). No período seco o menor valor de temperatura registrado foi no local de maior profundidade (2,0 m) na coleta das 2h da manhã.

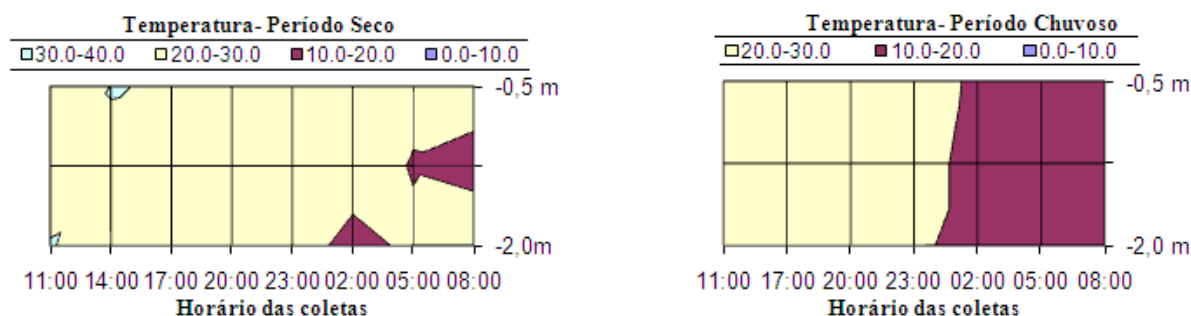


Figura 35 – Variação vertical e nictemeral para a temperatura da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

No período chuvoso o menor valor registrado foi obtido na coleta das 5h da manhã, também no local de maior profundidade. A lagoa de Porangabussu não apresentou, para o intervalo de temperatura considerado (10°C), uma estratificação térmica espacial considerável nos dois ciclos nictemerais. No ciclo seco houve uma notável estratificação espacial de temperatura no período de 00h às 08h. No período chuvoso, a estratificação espacial se dá entre 00h e 01h da madrugada. A pouco frequente estratificação espacial observada ao longo do dia é provavelmente decorrente da relativamente baixa profundidade do ponto nictemeral, entre outros fatores bióticos não avaliados.

Adicionalmente, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas em relação à temperatura da água para o período seco e chuvoso nos dois ciclos nictemerais, tão pouco entre dia e noite ($p < 0,05$).

Quanto ao oxigênio dissolvido, houve pouca variação das nas concentrações da superfície ao fundo, conforme é observado a partir da Figura 36. Contudo, notam-se para ambas as estações que há uma estratificação temporal relevante ao longo do dia, isto é, no período diurno há um aumento na concentração de OD na água, com maiores valores entre 12h e 20h, principalmente na região fótica, com uma diminuição considerável de 05h às 08h. Um perfil de OD semelhante foi observado por Vilar (2009) ao estudar as variáveis liminológicas nos açudes Luíz Heleno e Namorados no semi-árido paraibano. Assim, como na Lagoa de Porangabussu, o aumento na concentração de oxigênio dissolvido durante o período de maior luminosidade foi registrado em lagos tropicais (ESTEVES et al., 1988).

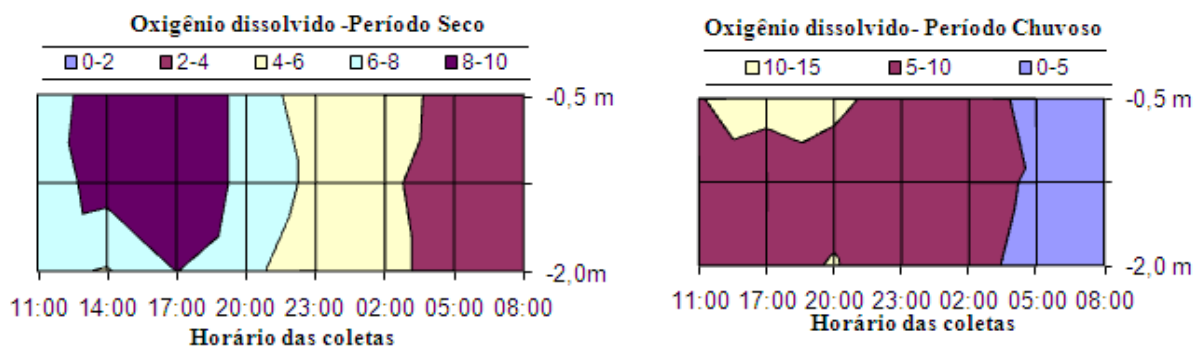


Figura 36 – Variação vertical e nictemeral dos teores de oxigênio dissolvido da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: A autora.

De modo geral apesar do decréscimo desse gás em algumas coletas do horário noturno e nas coletas iniciais do período diurno, toda a coluna d'água apresentou-se relativamente bem oxigenada nos dois períodos diários, não foi registrado em momento algum anóxia nas águas da lagoa. A maior concentração desse gás na superfície em detrimento às regiões mais profundas, provavelmente se deu devido à alta taxa fotossintética promovido pelas algas na zona eufótica durante o dia, diminuindo a noite pelo elevado consumo de oxigênio das comunidades que ali coabitam, como destacado por Alves *et al*, 1988). Mencione-se ainda que o perfil de oxigênio na lagoa de Porangabussu se mostrou do tipo clinogrado (WENTZEL, 2001), perfil este, em que a concentração de oxigênio dissolvido é maior no epilímio.

Tomando as concentrações de oxigênio dissolvido nos dois ciclos nictemerais estes, não apresentaram entre si diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$), no entanto, observaram-se diferenças estatísticas entre dia e noite no período seco ($p < 0,05$) e entre dia e noite do período do chuvoso evidenciou-se ausência de diferenças estatísticas ($p > 0,05$).

Nesse ambiente lacustre, a variação do pH apresentou comportamento semelhante em quase todas as profundidades amostradas nos dois ciclos nictemerais estudados, conforme infere-se a partir da Figura 37, a média obtida do pH no período seco e chuvoso foi 8,8 e 8,06, respectivamente, caracterizando-se portanto a ocorrência de água tipicamente alcalinas, que segundo von Sperling *et al.*, (2004), é comum em ambientes naturais.

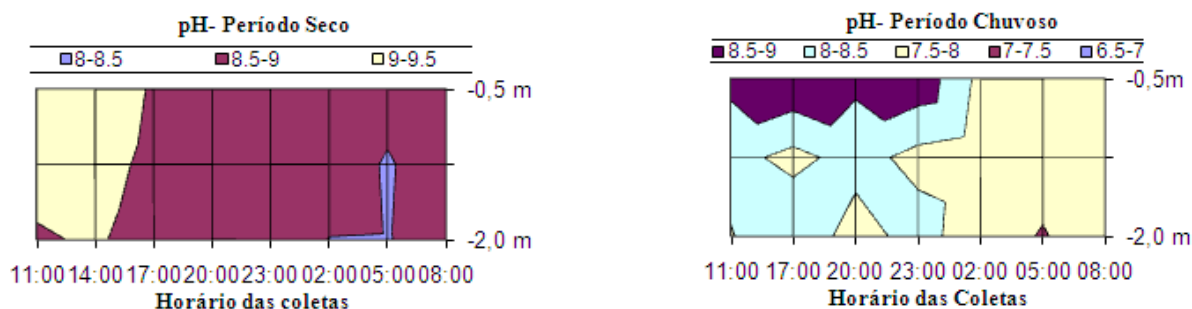


Figura 37 – Variação vertical e nictemeral para o pH, da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: A autora.

Esteves (1998), ressalta que, ecossistemas aquáticos com elevados valores de pH são encontrados, geralmente, em regiões em que a evaporação é maior que a precipitação (balanço hídrico negativo). No Brasil, em especial em açudes nordestinos, esse fenômeno é frequentemente observado. Na lagoa de Porangabussu o período seco caracterizou-se por apresentar maiores valores de pH, confirmando o normalmente observado.

De acordo com a Tabela 3, no período seco o pH obteve menor variação (CV 2,7%), quando comparado ao período chuvoso (6,2%). O perfil de pH ao longo da coluna d'água mostrou hora estratificado, hora misturado, sendo esse fenômeno mais acentuado no ciclo nictemeral chuvoso, neste ciclo as estratificações ocorreram nas três profundidades amostradas entre as coletas nos horários das 11h às 2h da manhã aproximadamente. A partir das 2h da manhã até a coleta de 8h, a coluna d'água manteve-se quase que totalmente desestratificada (misturada) sendo que na profundidade superficial e do meio a coluna d'água manteve-se misturada entre as 11h até por volta das 3h da madrugada, ocorrendo nova estratificação nas três profundidades entre os horários 5h às 8h da manhã.

Com exceção das coletas das 14 e das 23h no período do período seco e da coleta de 23h do período chuvoso o pH alcalino nas amostras deu-se em todas as porções da coluna d'água no entanto, observou-se uma tendência a sua diminuição à proporção que se aproximava do fundo durante o período noturno e nas primeiras coletas do período iluminado. Segundo Esteves (1998) apud Oliveira (2006), durante o dia, ocorrem um empobrecimento do carbono inorgânico no epilímnio, em consequência de uma maior atividade fotossintética do fitoplâncton. Por outro lado, nas demais regiões, devido aos processos de decomposição e respiração, há um aumento na concentração de CO_2 , o que talvez explique essa leve tendência de decréscimo do pH em direção ao fundo da lagoa.

Quanto à variação vertical e nictemeral da condutividade elétrica, cujos perfis são mostrados na Figura 38, é observada uma elevada concentração no período chuvoso, proveniente possivelmente do carreamento e percolação dos solos nesse período, trazendo para lagoa a influência de sais, aumentando assim a condutividade elétrica no sistema aquático.

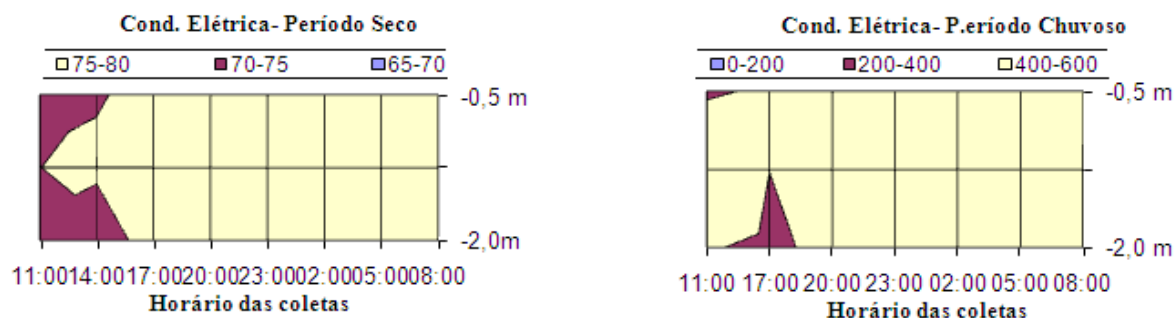


Figura 38 – Variação vertical e nictemeral para a condutividade elétrica da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Também, nos dois ciclos nictemerais, pode-se observar que há uma razoável estratificação espacial no final da manhã ao início da noite, não havendo diferenças relevantes nos demais períodos nictemerais.

Os valores de condutividade elétrica para os dois períodos tiveram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$). Também se observou entre dia e noite no ciclo seco diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) e no ciclo chuvoso ausência de diferenças estatísticas ($p > 0,05$).

Para a turbidez, cujo perfil vertical e é apresentado na Figura 39, registraram-se no período seco valores mais elevados desse parâmetro. O máximo de turbidez observado 91,1 NTU na coleta das 8h –F e mínimo 30,4 NTU às 20h-S. O período chuvoso apresentou maior variação desse parâmetro (CV 52,02%).

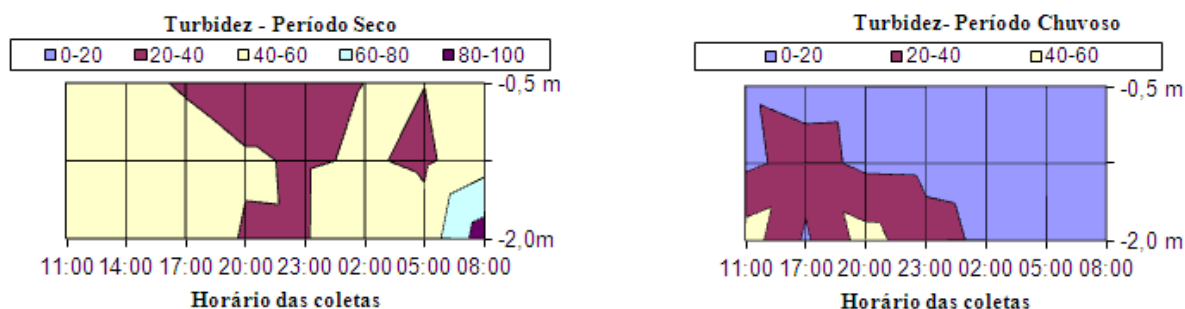


Figura 39 – Variação vertical e nictemeral para a turbidez da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Os valores de elevada turbidez no período seco provavelmente se deu devido a maior evaporação, sofrida no ecossistema aquático, associada à baixa profundidade do mesmo. Ocasionalmente turbidez nas águas com maior frequência, além, claro, da presença dos ventos principalmente no mês de novembro onde a velocidade dos mesmos é mais intensificada, fazendo ressuspender para a coluna d'água os sedimentos e por consequência elevando a turbidez. Observa-se uma estratificação espacial e temporal intensa, mais pronunciada na estação seca, o que também sugere uma turbidez relacionada a fatores bióticos adicionalmente àquela devida a fatores abióticos.

Os teores medidos de alcalinidade total ao longo da coluna d'água no ciclo de 24 horas, apresentados na Figura 40, revelam valores mais elevados foram no ciclo nictemeral seco.

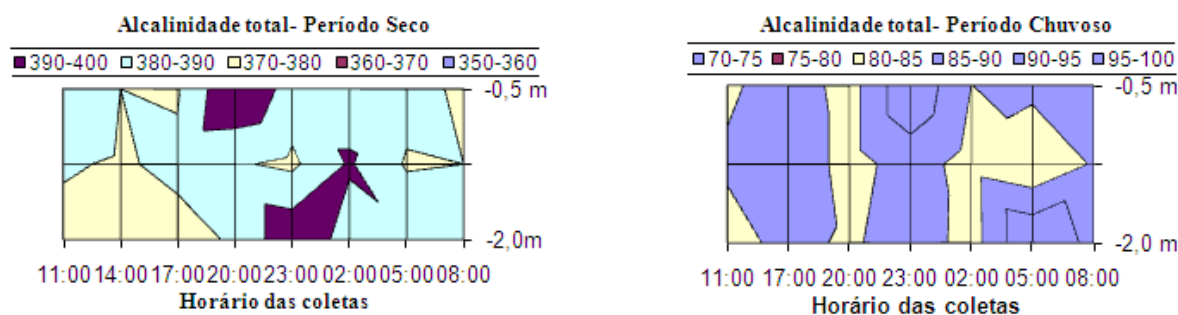


Figura 40 – Variação vertical e nictemeral para a alcalinidade total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: A autora.

Os coeficientes de variação para os dois períodos foram pequenos, seco (1,7%) chuvoso (4,22%). O valor máximo observado para alcalinidade deu-se na coleta das 20h – S 400 mg CaCO_3/L e mínimo 373 mg CaCO_3/L .

O aumento das concentrações de alcalinidade no período seco pode ser devido às altas taxas de evaporação para o período, como também pela concentração de efluentes urbanos, quando o ecossistema tem menor poder de diluição ocasionado pelas variáveis climatológicas.

A alcalinidade total encontrada nas águas da lagoa de Porangabussu se dá principalmente por carbonatos e bicarbonatos, visto que o pH não foi superior a 10, nos dois ciclos em estudo. Segundo Esteves (1998) estudos sobre a acidificação de ecossistemas aquáticos brasileiros são desconhecidos, muito embora, não se exclua essa possibilidade. No entanto, esse fenômeno não poderia ocorrer em específico nas águas da lagoa em estudo, visto que o pH medido no ponto coletado em toda coluna d'água foi entre (7 e 9) predominando medidas acima de pH 8 na grande maioria das amostras coletadas. A alcalinidade mostrou correlação negativa com o pH em ambos ciclos nictemerais ($r=-0,03$; $p>0,05$ - chuvoso e $r=-0,19$; $p>0,05$ -seco).

Com relação às variações das concentrações de fósforos, retratadas na Figura 41, as mais elevadas foram encontradas no período seco variando entre 0,4 a 0,7 mg/L com concentrações médias de 0,5 mg/L, no entanto a maior variação nas concentrações se deu no período chuvoso (CV 24,9%).

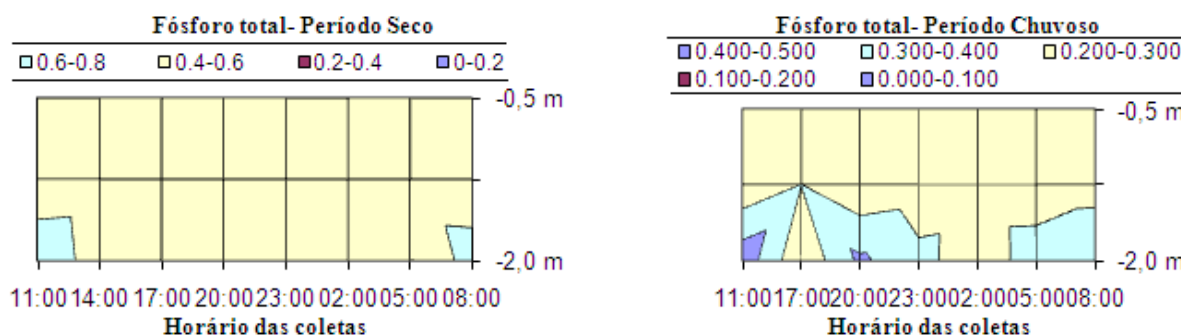


Figura 41 – Variação vertical e nictemeral para o fósforo total da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: A autora.

No ciclo nictemeral do período seco a coluna d'água apresentou estratificação entre o horário das 11 e 8h ambas na superfície, nos horários seguidos a coluna apresentou-se misturada com concentrações variando de 0,4 a 0,6 mg/L. A coleta nictemeral do período chuvoso apresentou momentos de mistura e estratificação ao longo de todo ciclo diário, às 11h, e entre 17h e 20h. Nova estratificação entre 23 e 2h da madrugada e entre 05h e 08h da manhã, início do período iluminado.

O acréscimo de fósforo total em direção ao ponto mais fundo de coleta associa-se a diminuição do oxigênio nessa profundidade. Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas para as concentrações de fósforo entre os dois ciclos nictemerais ($p < 0,05$). No entanto, não foram observadas diferenças estatísticas dentro dos ciclos ($p > 0,05$).

Diferentemente do fósforo total, conforme pode ser verificado a partir dos perfis mostrados na Figura 42, o P-orto não apresentou um padrão definido quanto às concentrações nos dois períodos, no entanto a variação entre valores medidos no período chuvoso foi em muito superior ao período seco (CV 36,5% período seco; CV 162,4 % período chuvoso).

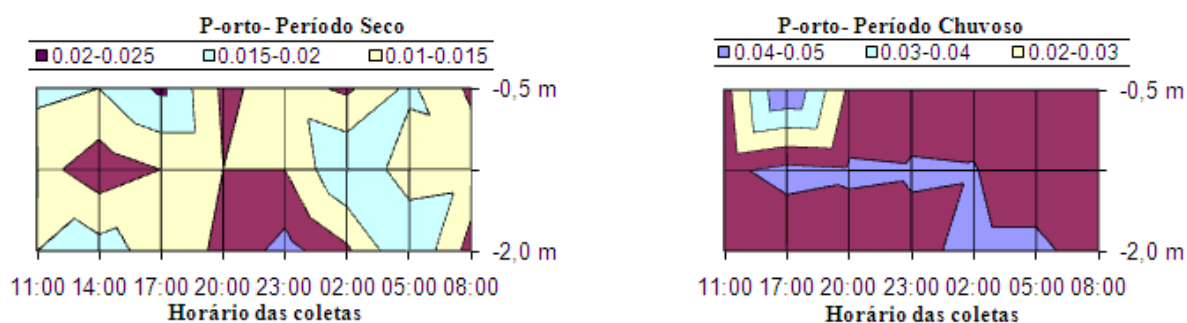


Figura 42 – Variação vertical e nictemeral para o ortofosfato solúvel da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

A coluna d'água no período seco apresentou períodos de estratificação e de mistura bem mais pronunciadas em relação ao chuvoso. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre o ciclo nictemeral seco e chuvoso, nem tão pouco entre os horários diurno e noturno ($p > 0,05$). Houve correlação positiva entre p-orto e clorofila *a* entre os dois ciclos estudados ($r = 0,1, p > 0,05$).

A distribuição da biomassa, representada por intermédio do parâmetro clorofila *a*, cujas variações verticais e nictemerais são apresentadas na Figura 43, revela que os valores de clorofila *a* foram elevados nas duas coletas nictemerais, evidenciando valores mais altos no período seco em todas as profundidades amostradas.

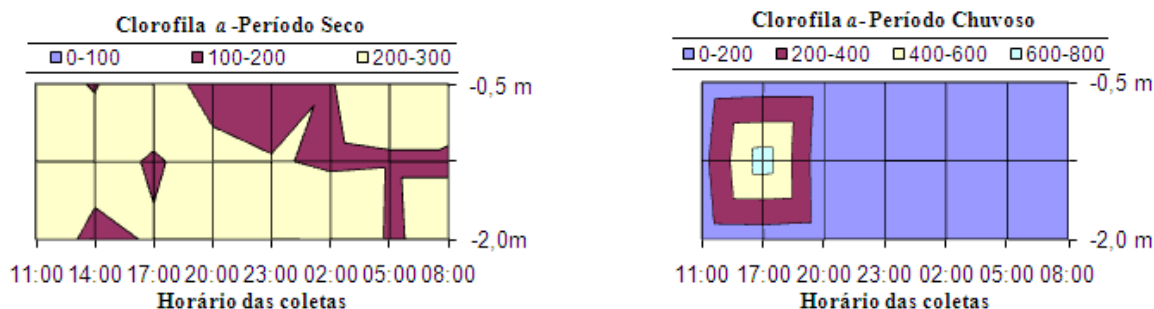


Figura 43 – Variação vertical e nictemeral para a clorofila a da água da Lagoa de Porangabussu, no período de 2010 e 2011. Fonte: a autora.

Na superfície o máximo obtido deu-se no período das 14h (256,3 $\mu\text{g/L}$), no entanto foram obtidos valores mais altos do que esse na coleta de das 11h e 17h, ambas no fundo (306,2 $\mu\text{g/L}$ e 272,3 $\mu\text{g/L}$) como a ocorrência desse fenômeno foi constatada no período de estiagem, época em que a entrada de material alóctone diminui consideravelmente, porém a diminuição do volume da água facilita a ação do vento e a bioturvação a ressuspender o material depositado no sedimento para a superfície.

A concentração de nutrientes oriundos deste e a intensidade luminosa na camada intermediária da lagoa podem ter sido os responsáveis pelos valores elevados da produtividade na região eufótica.

A biomassa algal, representada pelos teores de clorofila a , apresentou diferenças estatísticas entre os dois ciclos nictemerais seco e chuvoso ($p < 0,05$). A clorofila a esteve correlacionada positivamente com a temperatura da água nos dois períodos (seco: $r = 0,36$, $p = 0,05$; chuvoso: $r = 0,06$, $p > 0,05$).

5.4 Avaliação da Caracterização Socioeconômica e Ambiental dos Usuários e Não Usuários da Lagoa de Porangabussu e das Ruas Adjacentes à Lagoa

A partir de uma visita preliminar na área de estudo, o número de unidades habitacionais foi grosseiramente estimado em 320, correspondendo a um total de 1.280 residentes, conforme metodologia de cálculo adotada. A partir do número de residências, um total de 150 entrevistas (tamanho amostral proposto) forneceria uma margem de erro inferior a 6%, conforme determinado a partir do intervalo de confiança do escore de Wilson (95% de confiança) corrigido para uma população finita. Também, destas entrevistas, cerca de quinze seriam realizadas com transeuntes no entorno da lagoa (primeiro estágio do

estudo). As demais (135 entrevistas) seriam realizadas com residentes da área de estudo (segundo estágio do estudo).

A equipe do IFCE foi a campo durante 25 dias, sendo que 5 dias para as entrevistas com os transeuntes e 20 dias para as entrevistas com as residências.

No primeiro estágio, quinze indivíduos foram selecionados aleatoriamente e entrevistados. Destes, quatro eram residentes da área de estudo, enquanto que os outros vinham caminhar ou utilizar o corpo hídrico (pesca ou lazer), mas residiam fora da área de estudo.

No segundo estágio, foram inicialmente selecionadas de forma aleatória 135 unidades habitacionais para aplicação dos questionários. Contudo, considerando que, no momento da abordagem, em 30 residências não havia moradores e em outras três as moradoras estavam se ausentando, alegando estarem sem tempo para responder o questionário, selecionaram-se adicionalmente outras 12 residências, totalizando um total de 147 unidades selecionadas, mas somente 102 indivíduos (unidades habitacionais) efetivamente entrevistados neste estágio.

Na Tabela 4 é sumarizado o número de entrevistas efetivamente realizadas, distribuídas de acordo com os estágios do estudo, a residência ou não na área de estudo e a convivência direta com o ecossistema lacustre avaliado.

Tabela 4– Número de respondentes por estágio de aplicação dos questionários.			
PRIMEIRO ESTÁGIO		SEGUNDO ESTÁGIO	
Residentes	Não Residentes	Convivem*	Não Convivem*
04	11	70	32

Fonte: A autora (2010).

Nota: *definiu-se como convivência direta com o ecossistema atividades de contato primário com o corpo hídrico, como também aquelas realizadas na área urbanizada do entorno da lagoa de Porangabussu.

Na Tabela 5 os números de respondentes nas categorias Usuários e Não Usuários são apresentados.

Tabela 5 – Número de respondentes categorizados em Usuários e Não Usuários.	
USUÁRIOS	NÃO USUÁRIOS
85	32

Fonte: a autora (2010).

Na sua maioria, os usuários e não usuários que moram nas proximidades da Lagoa de Porangabussu possuem moradia própria, conforme apresentado na Figura 44.

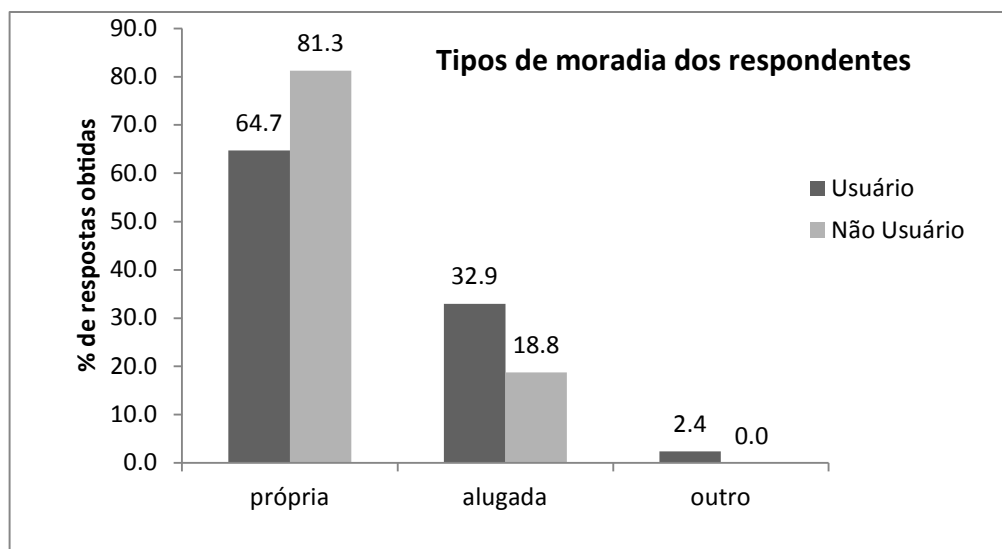


Figura 44 – Situação habitacional dos respondentes. Fonte: a autora.

Um dos questionamentos levantados aos entrevistados referiu-se quanto ao grau de satisfação ou não satisfação e sua respectiva justificativa que os mesmos tinham em relação ao seu local de moradia e sua justificativa. De acordo com as respostas obtidas 77% dos respondentes usuários declararam estar (35% muito satisfeitos; 42% satisfeitos) e 69% dos respondentes não usuários (25% muito satisfeitos; 44% satisfeitos). Quanto à justificativa, o motivo principal das respostas (85% dos entrevistados), foi ter sua habitação como própria.

Antes das intervenções que o poder público municipal realizou na Lagoa de Porangabussu e seu entorno, muitas famílias moravam à margem da Lagoa e com isso, sofriam diversos problemas, entre eles, alagamentos provenientes das chuvas, nesse período dependendo do quantitativo de chuvas há um aumento considerável no volume do corpo hídrico e as residências mais próximas sofrem esse tipo de impacto.

As moradias próximas à lagoa de Porangabussu são diversificadas (Figura 45, Figura 46 e Figura 47), observa-se mediante registros fotográfico: condomínios e casas localizados praticamente às margens do corpo aquático compõem o quadro dessa vizinhança. A renda familiar da comunidade circunvizinha à Lagoa de Porangabussu é baixa, 48% dos entrevistados usuários (85) possui renda familiar de até um salário mínimo, e 46% dos entrevistados não usuários (32) também possui renda familiar de até um salário mínimo.



Figura 45 – Condomínio localizado na Rua Cel. Nunes de Melo, próximo a Lagoa de Porangabussu. Fonte: a autora (registro fotográfico, novembro de 2010).



Figura 46 – Entrada da Vila Samuel, localizada na Rua Ana Neri. Fonte: a autora (registro fotográfico, novembro de 2010).



Figura 47 – Residências localizadas na Rua Ana Neri. Fonte: a autora (registro fotográfico, novembro de 2010).

Com relação ao nível de escolaridade os entrevistados possuem níveis de escolaridade relativamente diferenciados. Dentre os usuários aproximadamente 28% detêm nível médio completo e, entre os não usuários o percentual de escolaridade é de aproximadamente 40% dos que não concluíram o ensino fundamental.

Conforme informações levantadas mediante questionários aplicados, foi registrado que toda a comunidade da circunvizinhança à Lagoa de Porangabussu é atendida pela coleta sistemática de lixo. Segundo a Secretaria Executiva Regional III da Prefeitura Municipal de Fortaleza, a coleta se dá três vezes por semana através da ECOFOR Ambiental S/A, concessionária responsável pela coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

Quando indagado aos entrevistados como os mesmos se sentiriam em ter o ambiente no entorno da lagoa em condições não favoráveis (lixo entulhado, odores desagradáveis, presença de insetos), 96,5% dos usuários e 81,3% não usuários afirmaram sentir-se incomodados com a situação. No entanto, flagrou-se periodicamente durante o processo de entrevistas a deposição indevida de lixo (inclusive orgânico), escombros de construção, entre outros (Figura 48), atraindo possivelmente para esse ambiente a infestação de roedores, maus odores, insetos e outras mazelas.



Figura 48 – Deposição de lixo na Rua Ana Neri (Limite Sul, da lagoa onde se localiza parte dos moradores próximos a chamada “Favela da SAMASA”). Fonte: A autora (registro fotográfico, abril de 2011).

Nota: as setas em amarelo identificam disposição indevida os resíduos , como material de construção e matéria orgânica.

Foi questionado com os entrevistados se os mesmos separavam o lixo produzido em suas casas (opções de resposta segundo o questionário: lixo reciclável e lixo orgânico),

aproximadamente 50% das duas categorias de entrevistados separavam o lixo, no entanto a resposta ao por que dessa separação foi unânime para os dois grupos: o lixo separado era para catadores que pediam à comunidade, eles passavam regularmente para recolha desse material para posterior venda.

Dos 117 questionários aplicados, 48% dos usuários e 37,5% dos não usuários (Figura 49) classificaram a qualidade da água da Lagoa de Porangabussu como péssima.

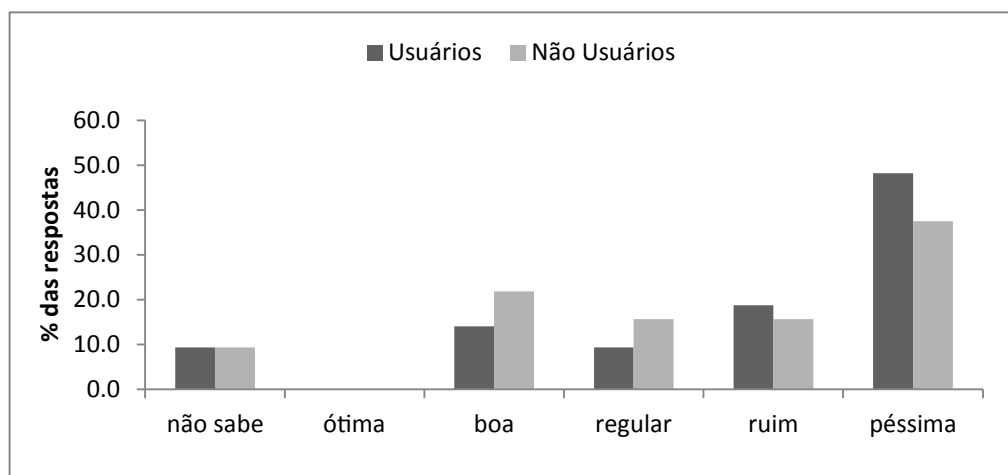


Figura 49 – Resposta dos respondentes quanto a qualidade da água da Lagoa de Porangabussu. Fonte: A autora (questionários aplicados).



Figura 50 – Tributários que adentram na Lagoa de Porangabussu, nesse trecho a cor da água é marrom-escura. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).



Figura 51 – Peixes mortos à margem da lagoa. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).

Nota: as setas indicam a presença de peixes mortos à margem do da lagoa.



Fig.a



Fig.b

Figura 52 (a e b) – Trecho da Lagoa de Porangabussu (Rua Cel. Nunes de Melo), impactada pelas ações antrópicas, presença de espuma e óleos proveniente provavelmente das galerias pluviais. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).

Nota: as setas em amarelo indicam a presença de espuma e óleos, destacado na figura b.

Mesmo as águas da lagoa de Porangabussu apresentando um percentual elevado quanto ao grau de insatisfação em relação à qualidade de suas águas (Figura 49), a mesma obteve um conceito de importância significativa para os respondentes usuários 84,7%, e 75% para os respondentes não usuários e para o ambiente (Importância da lagoa para os entrevistados usuários 95,3% e 81% para os não usuários). Dentre os fatores de importância destacaram-se: a amenização do clima, manutenção de espécies, e socialização entre os usuários do corpo aquático (Figura 53, Figura 54 e Figura 58).



Figura 53 – Vista parcial da lagoa, com ênfase os coqueiros às margens da mesma. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).



Figura 54 – Vista parcial da lagoa com ênfase na presença de pássaros e na vegetação em parte de seu entorno. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).



Figura 55 – Crianças em momento de lazer. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).

Destaca-se que o uso do corpo aquático segundo os respondentes se dá por pessoas fora da comunidade, onde utilizam o ecossistema para banhos e pesca.

Além da qualidade da água da Lagoa de Porangabussu como foco da percepção dos respondentes usuários e não usuários, o entorno da lagoa também esteve inserido nessa discussão e diante disso, foi questionado quanto os cuidados estéticos como limpeza, organização, iluminação e segurança do entorno da Lagoa de Porangabussu era visto perante os entrevistados. Cabe ressaltar que esta pergunta admite múltipla resposta, e os resultados dos dados obtidos encontram-se registrados na Figura 56.

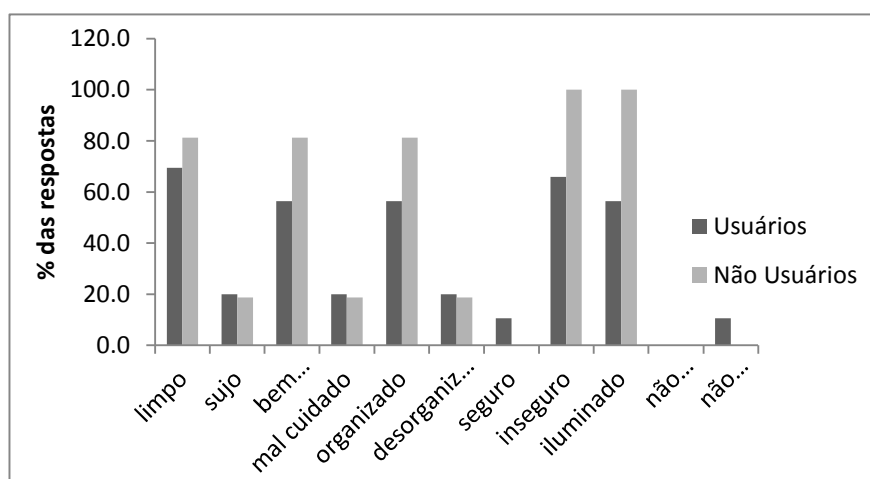


Figura 56 – Resposta quanto aos cuidados estéticos no entorno da lagoa do Porangabussu-CE. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).

Em linhas gerais, os respondentes em sua maioria ressaltam que o entorno da Lagoa de Porangabussu mostra-se limpo, bem cuidado e iluminado, no entanto, aproximadamente 76% dos usuários e a totalidade dos não usuários afirmam que o espaço ao redor do ecossistema é perigoso, pois costumeiramente há assaltos e agressões aos transeuntes. Os entrevistados afirmam que este é um fator preponderante quanto à limitação do uso dos equipamentos urbanos (bancos, pista de skate, equipamentos para prática de exercícios) e o próprio calçadão utilizado principalmente para caminhadas.

O que a comunidade chama de bem cuidado é a retirada sistemática da vegetação do entorno da lagoa (Figura 57), com isso a lagoa sofre através dos resíduos que sobram do corte (Figura 58) aporte de contaminação para a lagoa e potencializa o assoreamento do ecossistema, Figura 59.



Figura 57 – Retirada (“limpeza”) da vegetação do entorno da lagoa PMF. Fonte: A autora (registro fotográfico, abril de 2011).



Figura 58 – Com a retirada da mata ciliar pelo corte, os resíduos da vegetação entram na lagoa, impactando ainda mais o ecossistema. (Trecho do entorno da Lagoa de Porangabussu, entre as Ruas Coronel Nunes de Melo e Ana Nery). Fonte: A autora (registro fotográfico, abril de 2011).

Nota: as setas em vermelho, indicam os resíduos descartado na lagoa, durante a “limpeza”.



Figura 59 – “A limpeza” potencializa o assoreamento no entorno da lagoa. Fonte: A autora (registro fotográfico, novembro de 2010).

Nota: as setas em azul salientam o assoreamento às margens do ecossistema.

As questões referentes o uso do entorno da lagoa e utilização do recurso hídrico foram as questões consideradas as mais relevantes, visto que, por meio das mesmas se inferiu o grau de utilização e ou a restrição quanto aos usos do objeto deste estudo, a Lagoa de Porangabussu e seu entorno.

Dos 85 respondentes usuários quando questionados quanto ao uso do entorno, a questão esteve direcionada ao uso do calçadão e equipamentos urbanos. Verificou-se segundo os dados obtidos que um percentual significativo de 51,8% utiliza-se do entorno da lagoa diariamente, aproximadamente 25% até cinco vezes por semana e, 20% até uma vez por mês.

Quanto ao uso do ecossistema aquático, aproximadamente 76% dos respondentes não utilizam de forma alguma o recurso hídrico; 12% pescam nas águas da lagoa, no entanto a pesca seria para doação aos mais carentes ou animais como gatos que ficam nas redondezas, para consumo próprio não foi verificado consonância a este item; 5% admitiram utilizar para banhos, 1,2% para uso doméstico, no entanto esse uso restringiu-se em aguar-se algumas plantas existente no entorno da lagoa, quanto ao esporte 6% dos respondentes afirmaram passear de barco na lagoa, como prática de esporte.

Aos entrevistados que não se utilizavam (76%) foi indagado sobre presenciarem a utilização do entorno da lagoa e o corpo aquático por outras pessoas 100% dos mesmos afirmaram presenciarem diariamente tanto na utilização do calçadão, equipamentos urbanos bem como o próprio corpo aquático, afirmando ainda que, o corpo aquático não é utilizado

pelos mesmos devido á má qualidade da água e a violência aos transeuntes da lagoa, tornando assim, a impossibilidade ambiente.

Dos respondentes usuários 68% e dos não usuários 66% afirmaram não presenciar, e ou não participar de reuniões formais ou até mesmo informais para discussão de assuntos. Outro número considerável foi o percentual de respondentes em afirmar a não existência de ações de educação ambiental sendo realizadas na localidade de moradia, 60% dos usuários e 69% dos não usuários afirmaram não receber por parte do poder público, informações a cerca do uso e responsabilidades dos cuidados em relação ao corpo aquático.

6 CONCLUSÕES

No monitoramento realizado entre 2006 a 2009 e durante os dois ciclos nictemerais nos pontos 1, 2 e 3 a temperatura da água mostrou-se mais elevada no período seco, mostrando a tendência natural de elevação de acordo com a temperatura do ar.

A transparência da água mostrou-se reduzida em todos os dados obtidos desta pesquisa. Entre os anos de 2006 a 2009, as variáveis como turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, alcalinidade total e clorofila *a* foram mais elevadas nas coletas do período seco. Para as outras variáveis como o nitrato, nitrito, fósforo total e ortofosfato solúvel foram mais elevadas no período chuvoso. Em 2010 e 2011, a condutividade elétrica mostrou-se mais elevada no período chuvoso, fósforo total e clorofila *a*, os valores foram mais elevados no período seco.

As águas da Lagoa de Porangabussu mostraram-se alcalinas em todos os resultados obtidos. Nos dois períodos climáticos entre os anos de 2006 a 2009 foi observado ausência de diferenças significativas para temperaturas da água e diferença estatisticamente significativa para o oxigênio dissolvido e alcalinidade (ponto 1 e ponto 3), para o nitrato (ponto 1).

Quase todas as variáveis apresentaram valores abaixo do limite máximo recomendado pela Resolução do CONAMA nº 357/2005 para a classe II de água doce, exceto fósforo, cujos valores estiveram acima de 0,030 mg/L; pH (no período seco 41% , no período chuvoso 10% dos resultados); 25% dos resultados para alcalinidade no período seco, Para o nitrato no período chuvoso (ponto 1) e por fim para clorofila *a* cujos 87% dos resultados estiveram acima do permitido de 30µg/L.

A aplicação do IET_{PT} em relação às coletas realizadas entre os anos 2006 a 2011 e nos anos de 2010 (novembro) e 2011(abril), permitiu classificar o corpo aquático na categoria de hipereutrófico nos períodos seco e chuvoso, enquanto o IET_{CLa} variou de supereutrófico (menos de 10%, nos dois períodos) a hipereutrófico. Deve ser considerado que o corpo aquático se encontra em processo de eutrofização plenamente estabelecido.

Nas coletas com variação no ciclo diário (nictemerais), a lagoa apresentou estratificação térmica nas três profundidades no período seco, apresentou inversão térmica de temperatura entre as profundidades do meio e fundo. A lagoa comportou-se como lago polimítico no período seco e monomítico no período chuvoso.

Apesar dos muitos estudos liminológicos que fundamentam as diferenças marcantes entre estudos ciclos nictemerais e estudos sazonais em ecossistemas lacustres, não foi observado na lagoa de Porangabussu diferenças discrepantes quanto ao comportamento das variáveis liminológicas, provavelmente essas diferenças não foram visíveis pelo fato do número reduzido de campanhas nictemerais, a não correlação das mesmas com espécies vegetais e animais viventes da lagoa e possivelmente pela influência antrópica continua que o ecossistema recebe de aporte orgânico, deixando as águas eutrofizadas permanentemente.

Mediante dados analisados não se observou melhoria da qualidade das águas da Lagoa de Porangabussu após intervenção pública municipal. Os residentes entrevistados são majoritariamente construídos por pessoas de baixo nível socioeconômico, com renda inferior a um salário mínimo (SM) sendo que, o salário mínimo de referencia à época da pesquisa R\$ 510,00 (quinhentos e dez reais).

Um bom número de entrevistados separam os resíduos produzidos em seus domicílios, no entanto essa separação se faz com foco diferenciado, doação dos resíduos aos catadores e estes, com fins lucrativos.

A lagoa de Porangabussu para a grande maioria dos usuários e não usuários é importante para o meio ambiente, no tocante principalmente a manutenção dos seres ali existentes, no entanto flagra-se constantemente a deposição de matéria orgânica e de entulhos no entorno da lagoa, depreciando a unidade paisagística do ecossistema e acarretando para o mesmo o aporte de nutrientes.

O uso do ecossistema em si se dá principalmente em seu entorno, onde os usuários fazem periodicamente caminhadas. Segundo os mesmos, o maior obstáculo quanto uma permanência maior nas proximidades e aos usos dos equipamentos urbanos se dá devido a falta de segurança pública no local, pois acontece periodicamente assaltos aos transeuntes.

Quanto ao uso das águas os entrevistados se queixam de má qualidade, aspecto observado principalmente por sua coloração e morte de peixes que invariavelmente acontece no interior de suas águas.

A lagoa de Porangabussu, segundo a Resolução CONAMA N° 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e considerando a ausência de enquadramento dos corpos hídricos pelo Estado do Ceará (SRH), de acordo com Art. 42 da citada resolução, enquadra a Lagoa de

Porangabussu como ambiente de classe II, no entanto às águas da lagoa podem ter seus usos diferenciados e nobres desde que os parâmetros que lhes são característicos se adéquem. Para isso se faz necessário monitoramento contínuo e o uso de medidas corretivas quando necessário.

7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para maior compreensão da interação dos processos que ocorrem no Lagoa de Porangabussu recomenda-se para trabalhos futuros que seja realizado:

- Confecção de nova carta batimétrica, para estabelecer a profundidade real atual do corpo aquático, em vista do acentuado assoreamento que o mesmo vem sofrendo.
- Cálculo da retenção de fósforo na Lagoa de Porangabussu.
- Fazer estimativas de cargas de nutrientes (fósforo e nitrogênio) a partir das bacias de drenagens, identificando os principais pontos e formas de poluição.
- A avaliação dos parâmetros toxicidade e coliformes termotolerantes.
- A avaliação das espécies de algas que vivem no ambiente do ecossistema, visto que o corpo aquático se manteve durante o período de monitoramento traçando, níveis de hipereutrofização.
- Identificar as entradas pontuais de efluentes, permitindo a implantação de uma estrutura de saneamento definitiva nesta área;
- Reconstituir e manter a vegetação ciliar do manancial, conforme legislação pertinente;
- Sugere-se monitoramento constante e contínuo bem como o uso de medidas corretivas com o intuito adequar a qualidade da água da lagoa, assegurando assim os usos que lhes são devidos.
- Inserir nas comunidades de entorno em programas de educação ambiental para que adquiram a cultura da preservação como um processo contínuo e a consciência da importância da lagoa para a comunidade;
- O ambiente de lazer proporcionado pelo entorno da lagoa existe, no entanto sugere-se que os órgãos competentes estejam atentos quanto às demandas da população ali residente, quanto à segurança pública do ambiente físico da lagoa e de seu entorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, L. O., SANTOS, M. R. P., BARROS, E. C. M., BUARQUE, H. L. B., GOMES, R. B., MENDONÇA, M. J. N. Avaliação dos fatores que influenciam a qualidade da água do ecossistema lacustre de Messejana, Fortaleza, Ceará, utilizando análise estatística multivariada. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió/AL. **Anais...** Maceió: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, 2010. 1. CDROM.

ALCÂNTARA, L. O., SANTOS, M. R. P., MENDONÇA, M. J. N., GOMES, R. B., BUARQUE, H. L. B. Avaliação dos fatores que influenciam a qualidade da água da Lagoa de Porangabussu, Fortaleza, Ceará, através de análise estatística multivariada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2011, Porto Alegre/RS. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. 1 PENDRIVE.

ALMEIDA, M. M. M.; SILVA, F. J.; ROSA, D.-L. U. C. Sobre os sistemas lacustres litorâneos do município de Fortaleza. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98), 1998, Lima. **Gestión ambiental en el siglo XXI**. Lima: Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, p. 1-6, 1998.

ALVES, V.R.E; CAVALCANTI, C.G.B e MATTOS, S.P. Análise comparativa de parâmetros físicos, químicos e biológicos em um período de 24 hora, no lago Paranoá, Brasília-DF, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.2, p.199-218, 1988.

AMARANTE, A., PACHECO, C., LIMA, I., GOMES, B. Avaliação da qualidade da água de um ecossistema lacustre urbano da bacia do rio Maraguapinho – Fortaleza-CE: lagoa do Mondubim. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 2, 2007, João Pessoa/PB. **Anais...** João Pessoa: Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, 2007. 1. CDROM.

ANA/BANCO MUNDIAL/PROÁGUA NACIONAL/COGERH. Revisão do Plano de Gerenciamento das águas da Bacia Metropolitana e Elaboração dos Planos de Gerenciamento das águas das bacias do litoral, Acaraú e Coreaú, no Estado do Ceará. Fase 1: Estudos Básicos e Diagnóstico. Bloco I: Produção de Informações Técnicas. Relatório de Tarefas 2 - RT2 BACIAS METROPOLITANAS. Contrato 029/2009/COGERH. Março/2010.

ANDREOLLI, C. V. (org.). Mananciais de Abastecimento; Planejamento e Gestão: Estudo de Caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba, Companhia de Saneamento do Paraná; FINEP, 2003.

ANDREWS, J. E.; BRIMBLECOMBE, P.; JICKELLS, T. D.; LISS, P. S.; REID, B. J. Na introduction to environmental chemistry. 2a ed. Blackwell Publishing. 2004.

ANTUNES, H. R., SILVA FILHO, H. A., LIMA, H. R. G., GOMES, R. B. Influência dos Impactos Antrópicos em um Sistema Lacustre Urbano de Fortaleza: Lagoa de Porangabuçu. In: Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica, 6, 2006, Fortaleza/CE. **Anais...** Fortaleza: Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2006. 1 CDROM.

ASSIS, F. O. Poluição hídrica por dejetos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de quilombo, Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPA, Curitiba 182p, 2006.

ATLAS de saneamento. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2007.

AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.A. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua. Belém, PA, 2007.

BACHION, M. A. e SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Estudo da composição das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas em dois viveiros de camarão. *Acta Limnol. Brasil.*, 4:371-393, 1992.

BALLS, P. W., BROCKIE, N., DOBSON, J., JONHSTON, W. Dissolved oxygen and nitrification in the upper Forth estuary during summer (1982-92): patterns and trends. **Estuarine, coastal and shelf science**, v. 42, p. 117-134, 1996.

BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. S.; LINS, R. P. DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra, Suplemento Especial*, nº 1, p. 1519-5228, 2006.

BARROS, E. C. M., ALCÂNTARA, L. O., SANTOS, M. R. P., BUARQUE, H. L. B., GOMES, R. B. Análise estatística multivariada de dados de qualidade da água da Lagoa da Parangaba, Fortaleza, Ceará, Brasil. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió/AL. **Anais...** Maceió: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, 2010. 1. CDROM.

BARROS, M. S.; VASCONCELOS, F. P. REBOUÇAS, R. B. M., MARTINS, M. B. Os problemas socioambientais decorrentes da produção dos espaços urbanos: o caso das lagoas do Mondubim e da Parangaba (Fortaleza, Ceará). In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa- MG. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

BASSO, E. R., CARVALHO, S. L. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira (SP). **HOLOS Environment**, v. 7, p. 16-29, 2007.

BASTOS, R.K.Y.; BEVILACQUA, P.D.; HELLER, L. et al. Abordagem sanitário epideomológica do tratamento e da qualidade parasitológica da água: entre o desejável e o possível. in: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, João Pessoa, Anais... p.1-21, 2001.

BAUMGARTEN, M. G. Z., NIENCHESKI, L. F. H., KUROSHIMA, K. N. Qualidade das águas estuarianas que margeiam o município do Rio Grande (Rs): Nutrientes e Detergente Dissolvidos. **Atlântica, Rio Grande**, v. 17, p. 17-34, 1995.

BAUMGARTEN, M. G. Z., POZZA, S. A. **Qualidade de águas. Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental**. Rio grande: FURG, 2001. 166 p.

BEM, C. C. Determinação do estado de eutrofização de um lago raso: estudo de caso da Lagoa de Barigui- Curitiba. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 129p. 2009.

BOLLMANN, H. A., PEGORINI, E. S, CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados: Curitiba: SANEPAR, p. 221-225, 2005.

BORGES, J.T. Avaliação do Estado Trófico e Sanitário e a Adsorção de Fósforo no Sedimento da Lagoa do Taquaral. Tese (Dissertação de mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.. 120p, 1998.

BOZELLI, R. L. *et al.* Padrões de funcionamento das lagoas do baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila a (Espírito Santo – Brasil). *Acta Limnol. Brasil*. p. 13-31, 1992.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 306 p, 2005.

BRANDÃO, R. L. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1995. 88p. [Projeto SINFOR]

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água [...]. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 jul. 1986.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água [...]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 14/05/2011.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos [...]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 14/10/2011.

BRASIL. Lei No. 6.938, de 02 de agosto de 1981. Dispõe sobre A Política Nacional do meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. D.O.U. de 02/09/81.

BRIGHENTI, L. S. Avaliação Limnológica Da Lagoa Central (Município De Lagoa Santa – MG): Uma Abordagem Espacial. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre), Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre .Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Belo Horizonte, 92p, 2009.

CAMARGO, J. A., ALONSO, A. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. **Environment International**, v. 32, p. 931-839, 2006.

CAMPBELL, J. W. Nitrogen excretion. In: PROSSER, C. L. (ed.). Comparative animal physiology. 3. ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1973, p. 279 - 316.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. Mach, v22(2):361-369. 1977.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Edgard Blücher; São Paulo: FAPESP, 1994. 255 p.

CETESB. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.org.br>>. Acesso em: 20 de novembro de 2010.

CHAPRA, S. C. **Surface water-quality modeling**. New York: McGraw-Hill, 1997. 844 p.

CHORUS, I & L. R. MUR. Preventive measures. In: Chorus, I. & J. Bartram (ed.) *Toxic Cyanobacteria in Water: a guide line to public health significance, monitoring 79 and management*. World Heath Organisation, London and New York: 235-274. 1999.

COLARES, B. A., BUARQUE, H. L. B. Auditoria ambiental do uso e ocupação da área no entorno da Lagoa do Opaia, Fortaleza-Ceará. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió/AL. **Anais...** Maceió: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, 2010. 1. CDROM.

CONFALONIERI, U., HELLER, L., AZEVEDO, S. Água e saúde: aspectos globais e nacionais. In: BICUDO, C. E. M., TUNDISI, J. G., SCHEUENSTUHL, M. C. B. (orgs.) **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224 p. Capítulo 2, p. 27-38.

CONJUNTURA dos recursos hídricos no Brasil: informe 2010. Brasília: Agência Nacional das Águas - ANA, 2010. 76 p.

CORDEIRO, E. M. S., ROCHA, F. N. S., PEQUENO, M. N. C., BUARQUE, H. L. B, GOMES, R. B. Avaliação comparativa dos índices de estado trófico das lagoas do Opaia e da Sapiranga, Fortaleza-CE. In: Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica, 9, 2009, Fortaleza/CE. **Anais...** Fortaleza: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2009. 1 CDROM.

CORDEIRO, M. R. A. **Estudo da Influência da Urbanização na Condição Hídrica da Bacia do Rio do Cobre – Salvador-Bahia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2009. 214 f.

COSTA, M.A.G.; COSTA, E.C. Poluição das águas. In Poluição ambiental: herança para gerações futuras. Santa Maria. Editora Orium 256 p., 2004.

CPTEC- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em <http://infoclima1.cptec.inpe.br/>, acesso em 26 de outubro de 2010.

CRUZ, L. B. S. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba, MG. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. 180 f.

DERISIO, J. C. Introdução ao Controle de Poluição Ambiental. 2ª ed. São Paulo: Signus, 2000. 164 p.

DIAS. S.N. Ecologia do Fitoplâncton no Reservatório de Acorverde: estudo Nictemeral e Sazonal. Dissertação (Mestrado em Botânica), Programa de Pós-Graduação em Botânica , UFRPE, Recife, 49p, 2006.

DINIZ, C. R., BARBOSA, J. E. L., CEBALLOS, B. S. O. Variabilidade temporal (nictemeral vertical e sazonal) das condições limnológicas de açudes do trópico semi-árido paraibano. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Suplemento Especial, p. 1-19, 2006.

DINIZ, C. R., CEBALLOS, B. S. O. PEDROSA, A. S. KONIG, A. Distribuição vertical e dinâmica nictemeral de parâmetros físicos, químicos e biológicos do açude de Bodocongó - PB. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancún. **Anais...**México: AIDIS, 2002. 1 CDROM.

DNPM-Plano diretor para região metropolitana de Fortaleza. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília, Distrito Federal, 1988.

ELABORAÇÃO de estudos e projetos para a promoção sustentável da qualidade de vida da população residente em áreas de risco e de preservação ambiental no município de Fortaleza: produto 7 - estudo de avaliação ambiental (EAA). [PREURBIS - Programa de Requalificação Urbana com Inclusão Social]. Fortaleza: ENGESOFT – Engenharia e Consultoria S/C Ltda, 2007. 182 p.

ELLIS, K. V. **Surface water pollution and its control**. London: Macmillan, 1989. 373 p.

EMPRAPA. Sistemas de Produção. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 22.10.2010.

ESTEVES, F. A. Considerações sobre a aplicação da tipologia de lagos temperados a lagos tropicais. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.2, p. 3-28, 1988.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVES, F. A., BOZELLI, R. L., CAMARGO, A. F. M., ROLAND, F. & THOMAZ, S. M. 1988. Variação diária (24h) de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. **Acta limnologica brasiliensia**, v.2, p. 99-127, 1988.

ESTEVES, F. A.; THOMAZ, S. M.; ROLAND, F. Comparison of the metabolism of two floodplain lakes of the trombetas river (Pará, Brazil) based on a study of diel variati. **Amazoniana**, v.13, p.33-46, 1994.

FAGGIONATO, S. **Percepção ambiental**. Disponível em: http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt4.html>. Acesso em: 21 out. 2010.

FERNANDES, R. S., PELISSARI, V. B. Como os jovens percebem as questões ambientais. **Revista Aprender**, v. 13, p. 10-15, 2003.

FERREIRA, C. R. T. Avaliação da degradação ambiental urbana através da percepção ambiental: O caso do alto da bacia do limoeiro, presidente Prudente, SP. Dissertação (mestrado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências. São Paulo: Universidade de Presidente Prudente, 2001.

FERREIRA, S. L. N. Diagnóstico Socioambiental da Bacia do Ribeirão dos Padilhas: O Processo de Ocupação do Loteamento Bairro Novo, Sítio Cercado. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná -UFPR, Curitiba-PR, 132p, 2005.

FIGUEIRÊDO, M.B; TEIXEIRA. A.S; ARAÚJO, L.F.P; ROSA, M.F; PAULINO, W.D; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C., Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Revista Engenharia Sanitária e ambiental V.12 n. 1 Rio de Janeiro,dez 2007.

FIORUCCI, A.R; BENEDITTI FILHO, E. A importância do Oxigênio Dissolvido em Sistemas Aquáticos. **Química Nova na Escola**, nº 22, 2005. Disponível em:<<http://www.viagemdeferias.com/fortaleza/informacao/clima>>. Acesso em: 05 fev. 2011.

FUNASA (Fundação Nacional da Saúde). Portaria nº 518, 25 de março de 2004. Ministério da Saúde, Brasil, 2004.

GALLI, C. S., ABE, D. S. Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas. In: BICUDO, C. E. M., TUNDISI, J. G., SCHEUENSTUHL, M. C. B. (orgs.) **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224 p. Capítulo 10, p. 165-174.

GOLTERMAN, H. L. **Physiological Limnology: an approach to the physiology of lake ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1975. 489 p.

GOMES, R. B. **Qualidade Sanitária e Grau de Eutrofização de Uma Lagoa Urbana do Município de Fortaleza - Ce (Lagoa de Messejana)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002.

GOMES, R. B., BEZERRA, M. E. E., BUARQUE, H. L. B. Water Quality Assessment in Urban Lagoons Fortaleza, Brazil: monitoring data and preliminary studies. **Environmental Monitoring and Assessment** [submetido], Springer, New York, 2011.

GONÇALVES, F. T. T. Controles limnológicos sobre a formação de rochas geradoras de petróleo lacustres: o exemplo da bacia de Camamu, nordeste do Brasil. **Revista Geociências**, v. 20, p. 5-24, 2001.

GÜNTHER, H. Como elaborar um Questionário (Série Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, No. 01). Brasília, DF:UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental, 2003.

HENRY, R., TUNDISI, J.G., CURI, P.R. Fertilidade Potencial em Ecossistemas Aquáticos: Estimativa através de Experimentos de Eutrofização Artificial. *Ciência e Cultura*. v.35, n.6, p.789-800, 1983.

HERCULANO, R. I., BARBOSA, M. M. C., ARAUJO, S. F., GOMES, R. B. Avaliação preliminar do estado trófico da lagoa do Catão, localizada em Fortaleza-CE. In: Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica, 5, 2005, Fortaleza/CE. **Anais...**Fortaleza: Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2005. 1 CDROM.

HOWARTH, R.; ANDERSON, D.; CLOERN, J.; ELFRING, C.; HOPKINSON, C.; LAPOINTE, B.; MALONE, T.; MARCUS, N.; MCGLATHERY, K.; SHARPLEY, A.; WALKER, D. Nutrient pollution of coastal rivers, bays, and seas. **Issues in Ecology**, v. 7, p. 1-15, 2000.

JORDÃO, C. P.; RIBEIRO, P. R. da S; MATOS, A. T. de; FERNANDES, R. B.A. Aquatic contamination of the Turvo Limpo river basin at the Minas Gerais state, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 18, p. 116-125, 2007.

LA PERCEPTION de l'environnement: lignes directrices méthodologiques pour le études sur le terrain:notes techniques du MAB 5. Paris: UNESCO, 1973.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004, 235 p.

LARENTIS, D. G. Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari-Antas-RS. 2004. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 159 f.

LAZZARO, X. A review of planktivorous fishes: their evolution, feeding, behaviours, selectivities and impacts. *Hydrology*, v. 146, p. 97-167, 1987.

LEMOS, M., FERREIRA NETO, M., DIAS, N. S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.155-164, 2010.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L., NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, p. 219-228, 2005.

LIMA, A. S., BUARQUE, H. L. B., GOMES, R. B. Caracterização trófica de duas lagoas urbanas de Fortaleza, Ceará: Lagoa da Maraponga e da Parangaba. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió/AL. **Anais...** Maceió: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, 2010. 1. CDROM.

LIMA, G., PEIXOTO, L. S., MAUAD, F. F. A aplicação do modelo de simulação Mike Basin 2000 no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. In: Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 22, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2001. p. 1-18.

LIMA, J. S. Q., SALES, L. B. F., MORAIS, T. M. Visão técnica da Geografia Física Aplicada para o desenvolvimento de projetos públicos habitacionais de interesse social em Fortaleza – Ceará. In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

LÖFFLER, H. The origin of lake basins. In: O’SULLIVAN, P. E., REYNOLDS, C. S. (eds.) **The Lakes Handbook: limnology and limnetic ecology**. Vol. 1. Malden: Blackwell Science, 2004, p. 8-60.

LOPES, E. A., MENDONÇA, F. Urbanização e recursos hídricos: conflitos socioambientais e desafios à gestão urbana na franja leste da região metropolitana de Curitiba (RMC) – Brasil. In: Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2, 2010, Coimbra. **Sustentabilidade da 'Gaia'; ambiente, ordenamento e desenvolvimento**. Coimbra: Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2010, v. 1, p. 1-14.

LOPES, J. M.; GIANI, A. Variação nictemeral da comunidade fitoplancetônica do reservatório de Pampulha (MG) em duas estações do ano. In: Congresso Brasileiro de Limnologia, João Pessoa, 2001. Anais... João Pessoa, 2001. p. 99.

MACIEL-FILHO, A. A., GÓES-JÚNIOR, C. D., CÂNCIO, J. A., HELLER, L., MOARES, L. R. S., CARNEIRO, M. L., COSTA, S. S. Interfaces da gestão de recursos hídricos e saúde pública. In: MUÑOZ, H. R. (org.). **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da lei de águas em 1997**. 2ª ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

MAGALHÃES, V.F., R.M. SOARES & S.M.F.O. AZEVEDO, Microcystin contamination in fish from Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon* 39: 1077-1085, 2001.

MAIER, M, HE M. TOLENTINO. Aspectos Climáticos e Limnológicos da Bacia do Rio Pepira. *Revista Acta limnol. Brasil.*, Vol. II, p.261-300, São Paulo, 1988.

MARENGO, J. A., TOMASELLA, J., NOBRE, C. A. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos. In: BICUDO, C. E. M., TUNDISI, J. G., SCHEUENSTUHL, M. C. B. (orgs.) **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224 p. Capítulo 12, p. 201-215.

MARGALEF, R. *Limnologia*. Barcelona. Omega, 1983. 1010 p.

MAROTTA, H., SANTOS, R. O. Monitoriamento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbana-ambientais. *Revista Ambiente e Sociedade* Vol. 11 Campinas –SP Jan-Jun 2008.

MAROTTA, H., SANTOS, R. O., ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 11, p. 67-79, 2008.

MARTINS, M. **Variação e tendências dos parâmetros de qualidade de água do ecossistema aquático da microbacia hidrográfica Córrego da Onça no município de Ilha Solteira/SP**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista, 2009. 56 f.

MARTINS, V. E. P., ALENCAR, H. M., FAÇO, P. E. G., DUTRA, R. F., ALVES, C. R., PONTES, R. J. S., GUEDES, M. I. F. Distribuição espacial e características dos criadouros de *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti* em Fortaleza, Estado do Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, p. 73-77, 2010.

MEDEIROS, P. R., BARBOSA, J. E. L., SILVA, A. M. A., CRISPIM, M. C. B. Vertical and nocturnal dynamics of limnological variables in a tropical brazilian dam. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Suplemento Especial, n. 1, 2006, p. 73-80.

MENEZES, C. L. Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente: A Experiência de Curitiba. Campinas, SP: Papirus, 2001.

MONTEIRO, M.F. Análise socioambiental de bacias Hidrográficas de mananciais da Região metropolitana de Curitiba, Baseada no acelerado processo de Urbanização. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana), Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2006. 162f.

MORTE de peixes em lagoa de fortaleza foi causada por vazamento de esgoto. NE10. Disponível em: <<http://ne10.uol.com.br/canal/cotidiano/nordeste/noticia/2011/11/23/morte-de-peixes-em-lagoa-de-fortaleza-foi-causada-por-vazamento-de-esgoto-311490.ph>>. Acesso em: 12/12/2011.

MOTA, S. Gestão ambiental de recursos hídricos: 3ª. ed., atual., e rev. Rio de Janeiro: ABES, 343p, 2008.

MOTA, S. Introdução à Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro, ABES, 292p, 1997.

MOURA, E. M. Mapeamento do halo de dispersão formado por efluentes industriais lançados na baía do guajará no trecho compreendido entre o Bairro de Val-de-cães e o distrito de Icoaraci. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica), Programa de Pós-Graduação em Geologia EGeoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 80p, 2007.

NASCIMENTO, F. R., CARVALHO, O. Gerenciamento Ambiental Em Unidade De Conservação: Bacia Hidrográfica Como Estudo De Caso. Geografia, Londrina , volume 12 – no 2 – jul./dez.2003 Disponível em <<http://www.geo.uel.br/revista>>. Acesso em: 09 set.2010.

NOGUEIRA, V. P. Q. Qualidade da água em lagos e reservatórios. In: PORTO, R. L. (org), Coleção ABRH de Recursos Hídricos. São Paulo: Editora do Estado de São Paulo, v. 3, 1991.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1988. 434 p

ODUM, E. P. Fundamentos de ecologia. 7ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 927 p.

OLIVEIRA, E. C. Aspectos limnológicos e sanitários de uma lagoa costeira no litoral leste do Ceará - Lagoa do Batoque. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos. 164p. 2006.

OLIVEIRA, F. L. S., CRUZ, M. L. B., ALMEIDA, L. Q., CASTRO, G. L. Vulnerabilidade ambiental dos sistemas lacustres do litoral cearense: o caso da Lagoa das Almécegas, Paraipaba, Trairi – CE, Brasil. In: Seminário Latino Americano de Geografia Física, 4, Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2, 2010, Coimbra, Portugal. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010.

PACHECO, C. H. A. **Dinâmica espacial e temporal de variáveis limnológicas e sua influência sobre as cianobactérias em um reservatório eutrofizado: açude Acarape do Meio-CE.** 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2009.

PADIAL, P.R ; POMPEO, M. L. M. ; MOSCHINI-CARLOS,V. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). Revista Ambiente e água, v. 4, p. 35-53, 2009.

PAES, A. T. O que fazer quando a distribuição não é normal?. Einstein. Educação continuada em saúde, v. 7-1, p. 3 - 4. Disponível em: <<http://www.einstein.br/revista>. Acesso em 21 jun. 2011.

PAIVA, R. F. P. S., SILVA JUNIOR, A. G. Poluição Hídrica e Qualidade de Vida: o caso do Saneamento Básico no Brasil. In: Congresso da SOBER, 42, 2004, Cuiabá/MT. **Anais...**, Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2004. Disponível em:<<http://www.sober.org.br/palestra/12/06P372.pdf>>. Acesso em: 01/10/2011.

PEDROSA, P. & REZENDE, C.E., As muitas faces de uma lagoa. Revista Ciência Hoje. vol. 26, nº 153. p. 40-47, 1999.

PEREIRA, L. L., FREIRE, G. S. S., AGUIAR, P. F., FERNANDES, D., GOMES, D. F. **Geoquímica dos sedimentos lacustres - lagoas de Paripueira e do Sal no município de Beberibe – CE**. Revista de Geologia, v. 19, p. 215-223, 2006.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, v. 1, p. 20-36, 2004.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos de ecologia**. Porto Alegre: ARTMED, 2000. 252 p.

PMF - PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Disponível em <<http://www.fortaleza.ce.gov.br>> .Acesso em 20.10.2011.

POHLING, R. **Reações Químicas na Análise de Água**. Fortaleza: Arte Visual, 2009. 332 p.

RABALAIS, N. N. Nitrogen in aquatic ecosystems. **Ambio**, v. 31, p. 102-112, 2002.

RAFFERTY, J. P. (ed.) **Lakes and wetlands**. 1st ed. New York: Britannica Educational Publishing; New York: Rosen Educational Services, 2011.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ed. São Paulo: Escrituras. 747p. 2006.

RELATÓRIO de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002/CETESB. São Paulo: COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003. 264 p. (Série Relatórios).

RIBEIRO, I. V. A. S. Estudo do estado trófico do reservatório Acarape do Meio mediante a determinação de indicadores de qualidade de água. Tese (doutorado em Recursos Hídricos), Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 198p. 2007.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 27, p. 297-321, 2008.

RIO, V., OLIVEIRA, L. (org). Percepção Ambiental - a experiência brasileira. 2ª ed. São Paulo: UFSCAR/Studio Nobel, 1999.

ROCHA, L.O.D; ARIGONI.G.S;AGUIAR De M.M;SOUZA.R.R. Diagnóstico Sócio-Ambiental e Percepção Ambiental da População: O caso do Manguezal de São Pedro. 24º. CBSA- Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

RODRIGUES, A. S. L., MALAFAIA, G. Degradação dos Recursos Hídricos e Saúde Humana: Uma Atualização. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 10, p. 13-23, 2009.

ROPPE, C., FALKENBERG, J. R., STANGERLIN, D. M., GIZELE, F., BRUN, K., BRUN, E. J., LONGHI, S. J. Diagnóstico da percepção dos moradores sobre a arborização urbana na Vila Estação Colônia - Bairro Camobi, Santa Maria - RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, p. 11-30, 2007.

SALAS, H.; MARTINO, P. **Metodologias Simplicadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales**. Programa Regional CEPIS/HPE/IOPS [versão revisada], 2001. 52 p.

SALES, J. W. F. **Análise multivariada aplicada na avaliação dos principais sistemas lacustres da bacia hidrográfica do rio Cocó, Fortaleza-CE**. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Ceará, 2010. 86 f.

SALES, J. W. F. Avaliação do Uso e Ocupação das Áreas de Influência correspondente a faixa de primeira categoria da Lagoa de Porangabussu. Monografia de Especialização em Auditoria Ambiental. Fortaleza-CE: Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2009. 49 f.

SALES, V. C. C. **Cenários Litorâneos - Lagoa do Papicu: natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993, 322 p.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUIAR, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R., SOUZA, R. C. R. **Identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Interciência, Rio de Janeiro, 2006. 58 p.

SANTOS, I., FILL, H. D., SUGAI, M. R. V. B., BUBA, H., KISHI, R. T., MARONE, E., LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372 p.

SANTOS, M. R. P., ALCÂNTARA, L. O., GOMES, R. B., BUARQUE, H. L. B. Uso de estatística multivariada como ferramenta na avaliação da qualidade da água da Lagoa da Maraponga, Fortaleza, Ceará, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2011, Porto Alegre/RS. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. 1 PENDRIVE.

SANTOS, M. R. P., BARROS, E. C. M., ALCÂNTARA, L. O. BUARQUE, H. L. B., GOMES, R. B. Avaliação dos fatores que influenciam a qualidade da água da lagoa da Sapiranga, Fortaleza, Ceará, Brasil, utilizando análise estatística multivariada. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió/AL. **Anais...** Maceió: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, 2010. 1. CDROM.

SENRA, J. B. A paisagem da água no Brasil. In: NEUTZLING, I. (Org.) Água: bem público universal. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2004, p. 33-56.

SILVA, C. R., DANTAS, M. E. Mapas Geoambientais. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 7, 2010, Maringá/PR. **Anais...** Maringá/PR: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2010. Palestra. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapas_geoambientais_SC GG.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2010.

SILVA, N. A. **Caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água: estudo de caso na bacia do rio Cuiabá/MT**. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Mato Grosso, 2007.

SILVA, P. R. F. G. **Indicadores ambientais do complexo hídrico Papicu/Maceió, Fortaleza – Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Ceará, 2003. 76f.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Limnologia dos sistemas de cultivo. In: carcinicultura de Água Doce: tecnologia para produção de camarões. Valenti (ed), Brasília, IBAMA/FAPESP, p. 47-75, 1998.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BACHION, M.A.; ROCHA, O. Estudo do crescimento populacional de três espécies zooplancônicas em laboratório e o uso de plâncton na alimentação de alevitos de *Oreochromis niloticus* (tilapia) e *Astyanax cabrinus* paranaensis (lambari). Revista UNIMAR, 16 (3): 189-201, 1994.

SOARES, J.B. & MAIA, A.C.F. Água: Microbiologia e tratamento. Fortaleza: UFC, 1999. 206 p, 1999.

SOUZA, D.A. Bacia do Riberão e Represa do Lobo: Bases Ecológicas para o Planejamento Regional, Manejo e Conservação. São Carlos. 1993. 158 p. Tese (Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo.

SPERLING, E. V. Morfologia de lagos e represas. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.

SPERLING, E. V. Morphometric features of some lakes and reservoirs in the state of Minas Gerais. In: PINTO-COELHO et al (Ed.) Ecology and human impact in lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies. Belo Horizonte: SEGRAC, 1994, p.71-76.

SPERLING, E. V.; JARIDIM, F. A.; GRANDCHAMP, C.A.P. Qualidade da água durante a formação de lagos profundos em cavas de mineração: estudo de caso do lago de Águas Claras-MG. Eng. Sanit. Ambient, v. 9, n.3, p. 250-259, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em 20 out. 2011

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. New York: APHA et al., 1995. 1268 p.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington, APHA et al., 2005. 1368 p.

TEIXEIRA, M. G. L. C, M. C. N. COSTA, V. L. P. CARVALHO, M. S. PEREIRA & E. HAGE, 1993. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica, Bahia, Brazil. Bulletin of PAHO 27 (3): 244-253

TOLEDO JR, A. P., TALARICO, M., CHINEZ, S. J., AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12, 1983, Camboriú/SC. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1983, p. 1-34.

TOMAZELA, D. P. **Monitoramento espacial e temporal de Parâmetros físicos, químicos e biológicos da Bacia hidrográfica do rio Capivari (norte da Ilha de Santa Catarina).** Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), UFSC, Florianópolis, 2008.

TRINDADE, C. R. T., FURLANETTO, L. M., PALMA-SILVA, C. Nycthemeral cycles and seasonal variation of limnological factors of a subtropical shallow lake (Rio Grande, RS, Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, v. 21, p. 35-44, 2009.

TUCCI, A. & SANT'ANNA, C.L. *Cylindrospermopsis raciborskii*(Woloszynska) Seenayya & Suba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 26: 97-112, 2003.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e Recursos Hídricos. In: BICUDO, C. E. M., TUNDISI, J. G., SCHEUENSTUHL, M. C. B. (orgs.) **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224 p. Capítulo 7, p. 113-128.

TUNDISI J. G. Recursos Hídricos. **Multiciência**, v. 1, out. 2003b. Disponível em: <<http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>>. Acesso em: 05/02/2011.

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RiMa; São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, 247 p, 2003a.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 631p. 2008.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. The Lobo-Broa ecosystem research. In: TUNDISI, J.G., BICUDO, C.E.M., MATSUMURA TUNDISI, T. (Eds.), *Limnology in Brazil*. ABC: SBL, Rio de Janeiro, p. 219–243, 1995.

VALENTE, C. L. Análise e identificação dos problemas degradacionais na lagoa de Porangabuçu – Fortaleza-Ce. Monografia (Graduação), Universidade Estadual do Ceará, 1994, 45p.

VARGAS, A. N. Variabilidade diurna do oxigênio dissolvido em um lago eutrófico raso e interações com o ambiente físico-químico. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Departamento de Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal do Espírito Santo, 2005. 43 f.

VILAR, M. S. A. Condições ambientais e da qualidade da água no processo de eutrofização de açudes em cascata no semi-árido paraibano. 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Ciências da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2009. 104 f.

VILLAR, L. M.. A percepção ambiental entre os habitantes da região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v. 12,p. 285-290, 2008.

VON SPERLING, M. Avaliação do estado trófico de lagoas e reservatórios tropicais. Revista Bio: Ano 2, n° 3, p. 68-76. ABES. Rio de Janeiro, 1994.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1996. 243p.

VON SPERLING, M. Poluição de ambientes aquáticos: tendências futuras para os países latino-americanos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre, Anais ...p.1-4.

WELCH, E. B., LINDELL, T. Ecological Effects of Wastewater: applied limnology and pollutant effects. 2nd ed. London: E & FN Spon, 1992. 425 p.

WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. (2000). Limnological Analyses.3rd ed. pringer-Verlag, New York, 391p, 2000.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3rd ed. California: Academic Press, 2001.

WETZEL, R.G. Limnologia. Fundação Calouste Gulbenkian, 1011 p,1993.

ZAGATTO, PA; BERTOLETTI, Ecotoxicologia A quática – Princípios e Aplicações. 1ª. ed. São Paulo-SP: Rima, 2006.

ZAR, J. H. Bioestatistical analysis. 3º Ed. Prentice-Hall do Brasil Ltda., Rio de Janeiro, 1996.

ZOHARY, T. & ROBERTS, R.D. 1990.Hyperscums and the population dynamics of *Mycrocystis aeruginosa*.Journal Plankton Research, 12: 423-423.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário

Quadro 10 – Questionário socioambiental aplicado no estudo

(continua)

Questionário socioambiental		
Pesquisa destinada para fins acadêmicos do trabalho de dissertação de mestrado do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará- Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental		
Título da Pesquisa: EVOLUÇÃO DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS E DO ESTADO DE TROFIA DA LAGOA DE PORANGABUSSU, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL		
Evolução das Condições Limnológicas e do estado de Trofia da Lagoa de Porangabussu, Fortaleza, Ceará, Brasil. Responsável pela pesquisa: Mestranda Maria Jacqueline do N. Mendonça		
Dados residenciais/Nome		
Rua:	Nº	Complemento:
1. Sexo: () masculino () feminino		
2. Idade: _____ anos		
3. Numero de pessoas residentes no domicilio: _____		
4. Renda aproximada dos residentes:		
() Até 1 salário mínimo () 1 a 2 salários () 2 a 4 salários () 4 a 8 salários		
5. Aquisição da moradia/ tempo de moradia _____		
() própria () alugada () outro		
6. Nível de instrução do entrevistado:		
() Analfabeto () Fundamental incompleto () Fundamental completo		
() Ensino médio incompleto () Ensino médio completo		
() superior incompleto () superior completo () Pós-graduação		
7. Qual o maior problema do bairro ou região do seu ponto de vista ?		

8. Você se preocupa com questões ambientais?		

9. Qual sua fonte de abastecimento de água ?		
() Cagece () poço (motor) () cacimba () outro _____		
10. Qual a sua opinião sobre a qualidade da água que chega a sua casa?		
() não sabe () ótima () boa () regular () ruim () péssima		

Quadro 10 – Questionário socioambiental aplicado no estudo

(continuação)

11. Você sabe para onde vai o esgoto sanitário que saide sua casa?
☐ fossa ☐ rede coletora de esgoto ☐ galeria de água de chuva ☐ não sei
12. Existem problemas de inundação no seu bairro? Quando isto ocorre?
☐ normalmente ☐ quase nunca ☐ sempre ocorre ☐ nunca ocorre
-
13. Você separa o lixo produzido em seu domicílio?
☐ sim ☐ não. Se sim, de que forma? ☐ recicláveis - orgânicos
14. Qual o destino do lixo produzido em seu domicílio?
☐ coletado ☐ queimado ☐ jogado em terreno baldio ☐ jogado na lagoa ☐ enterrado
15. Qual o grau de satisfação com o local em que você mora?
☐ muito satisfeito ☐ satisfeito ☐ pouco satisfeito ☐ insatisfeito
18. Qual a sua opinião sobre a qualidade da água da Lagoa do Porangabussu?
☐ não sabe ☐ ótima ☐ boa ☐ regular ☐ ruim ☐ péssima
20. A lagoa exala algum odor desagradável ? ☐ sim ☐ não ☐ às vezes
 O odor desagradável está associado à alguma situação em específico ?
 Qual? _____
21. A existência de uma lagoa (ecossistema aquático) próximo a sua área de moradia é agradável ?
☐ sim ☐ não
22. Como você considera o ambiente entorno da lagoa do seu bairro?
☐ limpo ☐ sujo ☐ bem cuidado ☐ mal cuidado ☐ organizado ☐ desorganizado
☐ seguro ☐ inseguro ☐ iluminado ☐ não iluminado
23. Se essa lagoa estiver em condições não favoráveis (lixo entulhado, odor desagradável, presença de mosquitos), você se sente incomodado ?
☐ sim ☐ não ☐ não sabe
24. Em termos de importância a lagoa de Porangabussu representa o que para você ?
☐ muito importante ☐ pouca importância ☐ Nenhuma importância ☐ não sabe
25. E para o ambiente ?
☐ muito importante ☐ pouca importância ☐ Nenhuma importância ☐ não sabe
28. Essa lagoa é utilizada por você? Com qual frequência?
☐ Diariamente ☐ Até 5 vezes por semana ☐ Até 5 vezes por mês ☐ Não se aplica

Quadro 10 – Questionário socioambiental aplicado no estudo

(continuação)

29. De qual forma você utiliza a água dessa lagoa:

() Pesca(subsistência e/ou comércio) () banho(lazer) () consumo/beber

() uso doméstico () irrigação ; () esporte ; () não se aplica

30. Vê alguém utilizando essa lagoa ? Com qual frequência?

() Diariamente () Até 5 vezes por semana () Até 5 vezes por mês () não se aplica

31. De qual forma você vê essa pessoa utilizando a água dessa lagoa:

() Pesca(subsistência e/ou comércio) () banho(lazer) () consumo/beber () uso doméstico () irrigação ; () esporte ; () não se aplica

32. Existe notícia de doenças contraídas devido ao contato com a água da lagoa?

sim () não () () não sei

33. E entorno da lagoa, há limpeza sistemática? Qual é a frequência?

Uma vez por semana () Duas vezes por semana () Quinzenalmente () Mensalmente

34. Você visita a lagoa em que horário?

() manhã () à tarde () à noite () não se aplica (não visito)

35. Há iluminação noturna em torno da lagoa?

() sim não () Essa iluminação é boa? sim () não ()

36. Você utiliza os equipamentos urbanos entorno da lagoa? sim () não ()

37. Você faz caminhada/passeio entorno da lagoa?

() Diariamente () Até 5 vezes por semana () Até 5 vezes por mês () não se aplica

38. Vê alguém fazendo caminhadas/passeio entorno da lagoa?

() Diariamente () Até 5 vezes por semana () Até 5 vezes por mês () não se aplica

39. Você já presenciou ou participou de alguma reunião formal ou informal

nos últimos tempos para debater questões relacionadas à lagoa de Porangabussu?

Quadro 10 – Questionário socioambiental aplicado no estudo

(conclusão)

40. Existe alguma ação de Educação Ambiental sendo realizada no seu bairro?

() sim () não () não lembro

41. As crianças residentes no domicílio estudam em colégio:

() estadual () municipal () particular () não estudam

40. Existem atividades de Educação Ambiental nestes colégios?

() sim () não () não sei () não se aplica

42. Quem você considera responsável pela qualidade ambiental do seu bairro/região?

() você () a comunidade () poder público (prefeitura/estado/união) () outro

43. Com relação a lagoa, qual a sugestão para melhorar a qualidade desta?

(*) Salário Mínimo de Referência: R\$ 510,00 (quinhentos e dez reais) ANO: 2010.

Eu, _____ RG nº _____

declaro que tomei conhecimento do estudo citado acima, realizado pela

pesquisadora, compreendi seus objetivos, concordo em participar da pesquisa.

Participante do estudo

Pesquisador responsável /coletor dos dados

Fortaleza _____ de _____ de _____

APÊNDICE B – Dados compilados a partir do convênio PMF/IFCE/CPQT

Tabela 6 – Parâmetros de qualidade de água compilados para a lagoa de Porangabussu no período de 2006 a 2009

PONTO	MÊS	T (°C)	S (m)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	AT ($\text{mg}_{\text{CaCO}_3}/\text{L}$)	TBZ (NTU)	OD (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NH_3 (mg/L)	PT (mg/L)	OPS (mg/L)
P.01s	ago/06	29	0,35	8,7	493	153,5	25	7,9	0,038	0,480	0,5	0,5	0,5
	out/06	30	0,20	9,3	585	154,8	22	13,9	0,329	0,460	0,4	0,4	0,4
	dez/06	33	0,25	8,1	637	128,0	25	3,1	0,090	0,049	3,7	3,7	3,7
	set/07	28	0,20	9,4	530	303,0	25	6,8	0,140	0,693	0,7	0,7	0,7
	nov/07	28	0,20	9,2	575	359,6	28	7,3	0,420	0,25	0,1	0,1	0,1
	ago/08	28	0,10	8,7	358	183,6	17	9,0	5,946	0,316	0,4	0,4	0,4
	nov/08	26	0,40	8,6	667	178,5	29	8,3	0,690	0,490	0,2	0,2	0,2
	ago/09	28	0,20	9,2	495	106,8	24	8,5	0,816	0,017	0,0	0,0	0,0
P.02s	ago/06	28	0,40	8,7	497	151,4	25	7,8	0,307	0,490	0,0	0,0	0,0
	out/06	30	0,20	9,1	578	155,8	28	9,5	0,267	0,470	0,2	0,2	0,2
	dez/06	33	0,30	8,0	645	125,0	20	2,4	0,070	0,010	3,2	3,2	3,2
	set/07	28	0,30	9,5	493	302,0	20	8,3	0,255	0,713	0,0	0,0	0,0
	nov/07	28	0,25	9,3	568	357,7	28	5,9	0,450	0,280	0,1	0,1	0,1
	ago/08	29	0,14	8,7	345	182,8	17	8,0	1,706	0,324	0,3	0,3	0,3
	nov/08	24	0,30	7,9	460	172,2	19	7,2	0,800	0,100	0,3	0,3	0,3
	ago/09	28	0,20	9,1	488	108,9	23	7,8	1,540	0,021	0,0	0,0	0,0
P.03s	ago/06	27	0,25	8,9	504	150,4	20	9,8	0,413	0,490	0,1	0,1	0,1
	out/06	30	0,20	9,1	587	155,8	29	10,3	0,297	0,430	0,1	0,1	0,1
	dez/06	32	0,25	8,3	658	127,0	24	7,6	0,060	0,011	3,2	3,2	3,2
	set/07	28	0,30	9,5	519	306,0	23	7,0	0,253	0,684	0,6	0,6	0,6
	nov/07	27	0,15	9,2	597	361,9	27	8,2	0,330	0,300	0,1	0,1	0,1
	ago/08	29	0,11	8,9	341	182,1	20	6,0	4,830	0,308	0,3	0,3	0,3
	nov/08	28	0,4	8,7	661	175,4	24	8,1	0,700	0,000	0,1	0,1	0,1
	ago/09	27	0,2	9,1	488	109,9	28	8,7	2,806	0,018	0,0	0,0	0,0

Fonte: a autora.

Nota: T $\equiv$ temperatura da água, S $\equiv$ transparência, pH $\equiv$ potencial hidrogeniônico, CE $\equiv$ condutividade elétrica, AT $\equiv$

OD $\equiv$ oxigênio dissolvido, NO_3^- $\equiv$ nitrato, NO_2^- $\equiv$ nitrito, NH_3 $\equiv$ amônia total, PT $\equiv$ fósforo total, OPS $\equiv$ ortofosfato s

Tabela 7 – Parâmetros de qualidade de água compilados para a lagoa de Porangabussu no período chuvoso

PONTO	MÊS	T (°C)	S (m)	pH	CE (μ S/cm)	AT (mg _{CaCO₃} /L)	TBZ (NTU)	OD (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
P.01c	fev/07	29	0,35	7,8	220	84,0	19	7,1	0,132	0,830	0,7
	abr/07	28	0,10	8,4	324	85,2	15	6,4	1,700	0,177	0,3
	jun/07	28	0,27	9,5	444	279,8	20	12,2	10,39	0,330	0,4
	fev/08	28	0,30	7,8	345	93,0	22	4,1	0,730	0,357	1,3
	abr/08	29	0,30	7,6	238	91,0	16	3,3	1,305	0,428	0,5
	jun/08	29	0,20	8,0	281	87,5	15	5,0	1,503	0,303	0,4
	jan/09	29	0,35	8,6	635	185,5	20	11,6	0,506	1,371	0,3
	fev/09	29	0,12	8,7	328	88,7	17	9,3	1,316	2,049	0,2
P.02c	mar/09	28	0,40	7,7	280	52,7	15	6,4	1,436	1,284	0,7
	jun/09	29	0,50	8,2	405	147,9	15	3,1	3,783	2,918	0,0
	fev/07	28	0,35	7,8	216	84,0	15	6,3	0,571	0,880	0,5
	abr/07	29	0,25	8,2	323	89,4	16	5,9	0,509	0,075	0,4
	jun/07	28	0,30	9,5	440	279,4	18	10,2	2,680	0,401	0,3
	fev/08	28	0,30	8,1	379	96,0	17	5,0	0,760	0,401	0,8
	abr/08	31	0,30	7,9	231	82,9	16	5,0	0,953	0,417	0,3
	jun/08	30	0,28	8,0	252	86,2	16	5,0	0,731	0,246	0,4
P.03c	jan/09	29	0,30	8,7	663	183,4	22	7,7	0,272	1,247	0,3
	fev/09	29	0,15	8,3	260	92,7	19	6,8	1,279	0,405	0,2
	mar/09	28	0,40	8,3	281	82,9	16	7,3	0,957	2,048	0,7
	jun/09	29	0,60	7,9	410	143,9	13	5,5	2,845	2,808	0,0
	fev/07	29	0,35	8,2	218	83,1	18	7,7	0,499	0,780	0,4
	abr/07	28	0,25	8,1	257	84,1	18	6,2	0,933	0,081	0,5
	jun/07	29	0,27	9,6	417	280,8	21	5,5	8,770	0,343	0,3
	fev/08	28	0,25	7,9	378	98,0	20	4,8	0,750	0,377	1,0

Fonte: a autora.

Nota: T $\equiv$ temperatura da água, S $\equiv$ transparência, pH $\equiv$ potencial hidrogeniônico, CE $\equiv$ condutividade elétrica, AT $\equiv$

OD $\equiv$ oxigênio dissolvido, NO₃⁻ $\equiv$ nitrato, NO₂⁻ $\equiv$ nitrito, NH₃ $\equiv$ amônia total, PT $\equiv$ fósforo total, OPS $\equiv$ ortofosfato s

APÊNDICE C – Dados coletados nos anos 2010 e 2011.

Tabela 8 – Dados determinados para os pontos P.01, P.02 e P.03 em 2010 e 2011.

PARÂMETRO	NOVEMBRO/2010			ABRIL/2011		
	P.01s	P.02s	P.03s	P.01c	P.02c	P.03c
Temperatura da água, °C	26	28	28	30	28	29
Transparência, m	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Oxigênio dissolvido, mg/L	12,1	4,0	6,2	9,5	4,3	6,2
Potencial hidrogeniônico (pH)	8,7	7,9	8,4	9,1	8,8	8,9
Condutividade Elétrica, µS/cm	408	545	385	77	76	76
Turbidez, UNT	20,0	20,7	16,1	40,1	45,9	47,4
Alcalinidade Total, mg _{CaCO₃} /L	83,0	87,9	70,3	377	380	394
Fósforo total, mg/L	0,24	0,27	0,21	0,42	0,49	0,48
Ortofosfato solúvel, mg/L	0,01	0,003	0,003	0,01	0,01	0,01
Clorofila <i>a</i> , µg/L	84	110	81	247	250	251
Feofitina, µg/L	3,7	5,5	2,7	26	56	24

Fonte: a autora.

Nota: os subscritos **s** e **c** referem-se, respectivamente, ao período seco e período chuvoso.

Tabela 9 – Dados da campanha nictemeral de novembro de 2010 no P

DATA/HORA	ΔZ (m)	T (°C)	OD (mg/L)	pH	CE ($\mu S/cm$)	TBZ (NTU)	AT (mg_{CaCO_3}/L)
25/11/2010 11h00	-0,5	25	8,2	9,32	74	48	388
	-1,0	29	6,8	9,17	75	48	381
	-2,0	30	6,5	8,95	74	49	377
25/11/2010 14h00	-0,5	30	9,4	9,19	75	45	380
	-1,0	30	8,8	9,11	76	47	379
	-2,0	29	5,9	9,05	73	50	373
25/11/2010 17h00	-0,5	29	9,9	8,97	76	38	379
	-1,0	29	9,9	8,93	77	48	382
	-2,0	30	8,0	8,82	77	54	377
25/11/2010 20h00	-0,5	29	7,3	8,78	80	30	400
	-1,0	28	7,3	8,73	78	42	381
	-2,0	28	6,7	8,68	77	38	381
25/11/2010 23h00	-0,5	29	4,8	8,6	78	31	386
	-1,0	27	5,6	8,64	77	38	378
	-2,0	28	4,17	8,79	75	38	398
26/11/2010 02h00	-0,5	29	4,8	8,65	76	40	386
	-1,0	28	4,3	8,74	76	42	391
	-2,0	15	4,5	8,49	77	59	386
26/11/2010 05h00	-0,5	24	3,4	8,66	77	40	384
	-1,0	19	3,3	8,46	75	75	379
	-2,0	23	3,3	8,48	76	48	389
26/11/2010 08h00	-0,5	25	3,5	8,62	77	50	378
	-1,0	16	3,5	8,74	77	52	380
	-2,0	28	3,3	8,69	76	91	384

Fonte: A autora.

Nota: $\Delta Z \equiv$ cota vertical a partir da superfície da lagoa, T $\equiv$ temperatura da água, S $\equiv$ transparência, pH $\equiv$ potencial elétrica, AT $\equiv$ alcalinidade total, TBZ $\equiv$ turbidez, OD $\equiv$ oxigênio dissolvido, $NO_3^- \equiv$ nitrato, $NO_2^- \equiv$ nitrito, OPS $\equiv$ ortofosfato solúvel, CLa $\equiv$ clorofila *a*.

Tabela 10 – Dados da campanha nictemeral de abril de 2011 no Pon

DATA/HORA	ΔZ (m)	T (°C)	OD (mg/L)	pH	CE ($\mu S/cm$)	TBZ (NTU)	AT (mgCaCO₃/L)
25/04/2011 11h00	-0,5	27	9.8	8.63	396	17.9	83.99
	-1,0	27	8.1	8.17	432.2	16.03	85.94
	-2,0	25	7.9	7.97	402.8	50.04	82.52
25/04/2011 14h00	-0,5	30	11.5	9.11	390	19.84	83.01
	-1,0	–	–	–	–	–	–
	-2,0	–	–	–	–	–	–
25/04/2011 17h00	-0,5	26	11.9	8.95	404.4	13.57	87.89
	-1,0	26	6.6	7.85	400.3	26.77	88.87
	-2,0	26	8.3	8.44	393.2	17.23	86.92
25/04/2011 20h00	-0,5	25	10.8	8.61	510.7	14.17	83.01
	-1,0	25	8.3	8.2	413	15.81	83.01
	-2,0	23	10.3	7.75	409.3	47.66	83.99
25/04/2011 23h00	-0,5	23	8.5	8.23	519.4	12.01	94.24
	-1,0	23	6.2	7.84	417.6	14.92	87.4
	-2,0	21	6.5	8.85	411.7	26.7	88.38
26/04/2011 02h00	-0,5	19	6.5	7.86	414.7	11.84	84.96
	-1,0	18	5.8	7.7	406.8	12.83	83.01
	-2,0	18	5.6	7.64	410.8	16.48	82.83
26/04/2011 05h00	-0,5	15	4.0	7.5	413.1	13.2	86.43
	-1,0	15	4.7	7.62	411.1	14.32	80.57
	-2,0	14	4.3	7.48	413.4	19.09	95.22
26/04/2011 08h00	-0,5	17	4.2	7.6	476.2	18.05	86.92
	-1,0	16	4.3	7.6	421.8	18.05	85.45
	-2,0	15	4.4	7.68	416.8	16.03	88.38

Fonte: A autora.

Nota: ΔZ $\equiv$ cota vertical a partir da superfície da lagoa, T $\equiv$ temperatura da água, S $\equiv$ transparência, pH $\equiv$ potencial elétrica, AT $\equiv$ alcalinidade total, TBZ $\equiv$ turbidez, OD $\equiv$ oxigênio dissolvido, NO₃⁻ $\equiv$ nitrato, NO₂⁻ $\equiv$ nitrito, OPS $\equiv$ ortofosfato solúvel, CLa $\equiv$ clorofila *a*.

APÊNDICE D – Dados climatológicos dos anos de 2006 a 2011

Tabela 11 – Médias mensais de precipitação monitorada nos anos 2006 a 2011

ANO	MÉDIA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO (mm)									
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
2006	55,4	75,1	203,9	398,7	432,5	191,0	57,6	12,5	10,4	20,0
2007	36,5	279,8	340,0	236,9	181,6	74,2	78,4	1,0	14,0	10,0
2008	287,7	75,3	282,7	521,5	233,4	77,9	23,8	34,3	0,0	10,0
2009	141,1	393,1	450,0	515,3	312,2	236,8	204,6	37,8	3,0	10,0
2010	44,9	77,1	209,3	336,5	164,3	59,4	56,6	0,4	0,0	10,0
2011	681,1	454,4	241,7	346,0	–	–	–	–	–	–

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC.

Tabela 12 – Médias mensais de temperatura do ar monitorada nos anos 2006 a 2011

ANO	MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)									
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
2006	27,9	27,7	27,4	26,8	26,9	26,5	26,6	26,9	27,5	27,5
2007	26,7	27,1	27,2	27,4	27,5	26,9	26,9	26,8	27,0	27,0
2008	27,0	27,8	26,6	26,2	26,7	26,6	26,7	26,7	27,4	27,4
2009	27,7	27,0	26,3	26,5	26,2	26,4	26,0	26,4	27,2	27,2
2010	27,9	28,5	28,4	28,4	27,9	27,1	26,9	27,1	27,2	27,2
2011	26,2	26,6	26,8	26,2	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC.

Tabela 13 – Médias mensais de velocidade dos ventos monitorada nos anos

ANO	MÉDIA MENSAL DA VELOCIDADE DO VENTO (m/s)									
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
2006	3,3	3,2	2,5	2,0	2,8	2,8	3,1	4,1	4,5	4,5
2007	3,7	2,8	2,7	2,5	2,9	3,0	3,5	3,7	4,1	4,5
2008	2,9	3,0	1,4	1,6	1,7	2,9	3,3	3,7	4,6	4,5
2009	3,2	2,8	2,1	1,4	1,5	2,8	3,2	3,5	4,7	4,5
2010	3,3	2,7	3,0	2,7	2,7	3,2	3,1	4,3	4,2	4,5
2011	2,4	2,5	2,2	2,4						

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC.

Tabela 14 – Médias mensais de evaporação monitorada nos anos 2006

ANO	MÉDIA MENSAL DA EVAPORAÇÃO (mm)									
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
2006	260,9	185,9	176,6	79,0	136,4	111,3	208,5	258,6	268,9	268,9
2007	227,8	118,8	165,4	134,8	176,7	139,0	221,4	275,6	280,1	280,1
2008	165,1	204,6	130,6	85,3	140,5	130,3	224,1	242,2	268,4	268,4
2009	194,3	122,6	102,3	78,9	100,9	143,3	156,5	222,0	246,1	246,1
2010	221,8	204,4	200,7	161,6	175,5	153,2	217,0	285,5	297,2	297,2
2011	119,2	118,0		91,6						

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC.

Tabela 15 – Médias mensais de umidade relativa do ar monitorada nos anos

ANO	MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA DO AR (%)									
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
2006	73	77	81	86	80	78	79	70	69	69
2007	73	81	80	79	76	74	72	68	67	67
2008	79	75	83	85	80	75	71	70	69	69
2009	76	80	85	84	85	79	77	73	71	71
2010	75	75	75	80	77	72	71	66	66	66
2011	82	82	81	84						

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici da UFC.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA
ENSINANDO E APRENDENDO

VICE-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Comitê de Ética em Pesquisa – COÉTICA

PARECER Nº 356/2010

Projeto de Pesquisa: Diagnóstico socioambiental e identificação dos condicionantes no processo de eutrofização como impacto ambiental na lagoa de Pôrangabussu- Fortaleza-Ce.

Pesquisador Responsável: Maria Jacqueline do Nascimento Mendonça

Data de apresentação ao COÉTICA: 05/11/10

Registro no COÉTICA: 10-395

CAAE: 0156.0.037.000-10

Parecer: Aprovado na data de 09/02/11.



Profª. Maria Joffily Pereira da Costa Parahyba
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFOR – COÉTICA

Av. Washington Soares, 1315 - Bairro Edson Queiroz - Fortaleza - Ceará - Brasil - Fone: 33 (88) 3477-3080
www.unifor.br

Figura 60 – Reprodução digitalizada do Parecer 356/2010 do COÉTICA/UNIFOR, aprovado o projeto de pesquisa que viabilizou este estudo.