



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO CEARÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
GERENCIA DE QUÍMICA E MEIO AMBIENTE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO AMBIENTAL URBANA**

FRANCISCO IRLAM SÁ SAMPAIO

**DIAGNÓSTICO SÓCIO-AMBIENTAL E DA QUALIDADE DE ÁGUA
DE UM ECOSISTEMA LACUSTRE URBANO DE FORTALEZA-CE:
LAGOA DE PARANGABA.**

Fortaleza-CE
2007.

FRANCISCO IRLAM SÁ SAMPAIO

**DIAGNÓSTICO SÓCIO-AMBIENTAL E DA QUALIDADE DE ÁGUA
DE UM ECOSSISTEMA LACUSTRE URBANO DE FORTALEZA-CE:
LAGOA DE PARANGABA.**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Pós –
Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental Urbana, do
Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-
CE, como requisito para obtenção do Título de "Especialista
em Gestão Ambiental Urbana”.

Orientador: Prof. M.Sc. Raimundo Bemvindo Gomes

Fortaleza-CE
2007.

FRANCISCO IRLAM SÁ SAMPAIO

**DIAGNÓSTICO SÓCIO-AMBIENTAL E DA QUALIDADE DE ÁGUA
DE UM ECOSISTEMA LACUSTRE URBANO DE FORTALEZA-CE:
LAGOA DE PARANGABA.**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Pós –
Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental Urbana, do
Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-
CE, como requisito para obtenção do Título de "Especialista
em Gestão Ambiental Urbana".

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. M.Sc Raimundo Bemvindo Gomes. (Orientador)
Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE

Prof. M.Sc Roberto Albuquerque Pontes Filho
Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE

Prof. M.Sc. Cláudio Ricardo Gomes de Lima
Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem essa força nada se concretiza, depois a toda minha família, em especial os meus pais que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a continuar os meus estudos e por fim a minha filhinha.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer algumas pessoas que contribuíram direta ou indiretamente com esse trabalho, com o cuidado de não esquecer alguns nomes, desde já peço o meu mais sincero perdão pelos eventuais esquecimentos.

À coordenadoria do curso de Gestão Ambiental Urbana pelo incentivo à construção desse trabalho.

Ao Prof. M. Sc Raimundo Bemvindo Gomes pelas orientações na construção deste trabalho monográfico e, contribuindo com as análises laboratoriais feitas no LIAMAR e na orientação nas aplicações dos dados colhidos..

Ao Prof. M. Sc Roberto Albuquerque Pontes Filho por sua contribuição neste trabalho monográfico.

A sra Éster da Célula de Controle Ambiental da SEMAM pelo pronto atendimento às solicitações junto a esta secretaria.

Aos meus amigos e companheiros de curso e de trabalho da Guarda Municipal e Defesa Civil de Fortaleza, Marcílio Linhares Távora, Demócrito Gordiano Batista Vieira Filho, Márcio Roniely de Lima Pinheiro, Fátima Rodrigues de Sousa e Daiane Vieira Oliveira, pelo apoio na escala de serviço para que finalizasse este trabalho monográfico.

“A água
Não deve ser desperdiçada,
Nem poluída,
Nem envenenada.
De maneira geral,
Sua utilização deve ser feita com
Consciência e
Discernimento
Para que não se chegue a uma situação de
Esgotamento ou de
Deterioração da
Qualidade das reservas
Atualmente disponíveis”

NIZOMAR FALCÃO BEZERRA.

RESUMO

A água é o elemento fundamental para a vida. É utilizada em todas as atividades humanas, servindo como elemento imprescindível para o desenvolvimento cultural, social e econômico das sociedades urbanas e rurais (SEMAM-2006). De toda a água existente na Terra, apenas 1,58% constituem os lagos e lagoas, ecossistemas amplamente distribuídos no Planeta e que vêm sofrendo impactos ao longo do tempo, provocados por diversas ações antrópicas; sendo a urbanização desordenada um fator preponderante, especialmente nas grandes metrópoles. Em Fortaleza, uma das maiores cidades brasileiras, o fenômeno vem provocando aumento das ocupações nas áreas de risco e o processo de favelização. Em consequência, a maioria das lagoas da cidade está poluída, descaracterizando suas funções ecológicas e gerando problemas diversos para as comunidades assentadas nas proximidades desses mananciais. Exemplo disso é a lagoa de Parangaba, importante para a comunidade, pela sua beleza cênica enquanto área de visitação pública e potencial sócio econômico e de lazer. O presente trabalho contempla um diagnóstico das condições ambientais desta lagoa e de suas relações com os diferentes impactos na área; da qualidade da água, por intermédio de dados laboratoriais relacionando-os com os efeitos produzidos pelo desequilíbrio metabólico do ecossistema, em decorrência desses pulsos poluidores. A metodologia fundamentou-se em levantamentos bibliográfico e cartográfico, aplicação de questionários para diagnóstico preliminar das condições ambientais da lagoa e avaliação da qualidade de água pela determinação de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. Os dados comprovaram o adiantado estágio de degradação do ecossistema, com desenvolvimento de atividades inadequadas e poluidoras e ocupação irregular da área de preservação permanente (APP). Tal situação exige ações de proteção e recuperação, como a retirada das ocupações irregulares, o disciplinamento dos usos do ecossistema, o desenvolvimento de programas de educação ambiental junto à comunidade para a aquisição de uma cultura de preservação. Tais ações desenvolvidas na área de influência direta do corpo hídrico considerando os critérios envolvidos na sua preservação, propiciarão a melhoria da qualidade de água e a manutenção do equilíbrio ecológico.

Palavras Chaves: Lagoa urbana, diagnóstico sócio-ambiental, qualidade de água, poluição hídrica.

ABSTRACT

Water is the fundamental element for life. It is used in all human activities, serving as an indispensable element for the cultural, social and economical development of the urban and rural societies (SEMAM, 2006). Out of all the existing water on Earth, only 1.58% make up the lakes and ponds, ecosystems that are thoroughly distributed on the Planet and have been suffering impacts along the time, caused by several anthropic actions; being the disordered urbanization a preponderant factor, especially in the big metropolises. In Fortaleza, one of the largest Brazilian cities, the phenomenon has been causing the increase of occupations in the risky areas and turning into slums. Consequently, most of the city ponds are polluted, depriving the characteristics of their ecological functions and generating several problems for the communities located in the surroundings of those water sources. An example of that is Parangaba Lake, important for its scenic beauty, public visitation and its socioeconomic and leisure potential. The present work provides a diagnosis of the environmental conditions of that pond and their relationship with the different impacts in the area. It evaluates the water quality, through laboratory data and relates them with the effects produced by the ecosystem metabolic unbalance due to those pollutant pulses. The methodology was based on bibliographical and cartographic surveys, application of questionnaires and evaluation of the water quality based on physical, chemical and bacteriological parameters, determined according to the guidelines from APHA et al., 2005. The data proved the advanced degradation stage of the ecosystem due to the development of inappropriate and pollutant activities and irregular occupation of the permanent preservation area (PPA). Such situation demands protection and recovery actions, such as the evacuation of irregular occupations, establishment of rules to use the ecosystem, development of environmental education programs together with the community in order to gain a preservation culture. Such actions, if developed in the area of direct influence of the hydro body and in compliance with the preservation criteria they will provide the improvement of their water quality and the maintenance of the ecological balance.

Key words: Urban pond, socio-economic diagnosis, water quality, hydro pollution.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| FIGURA 1 - | Formação geológica do Estado do Ceará. | 3 |
| FIGURA 2 | Divisão das bacias hidrográficas do Estado do Ceará. | 4 |
| FIGURA 3 | Divisão das bacias hidrográficas de Fortaleza-Ceará. | 5 |
| FIGURA 4 | Ocupação irregular na área de preservação da lagoa de Parangaba. Fortaleza-Ceará. | 6 |
| FIGURA 5 | Ocupação irregular na área de preservação da lagoa de Parangaba. Fortaleza-Ceará. | 11 |
| FIGURA 6 | Canal da integração. Infra – estrutura de irrigação no Ceará. | 13 |
| FIGURA 7 | Zoneamento do ecossistema lântico de acordo com a radiação incidente. | 16 |
| FIGURA 8 | Estratificação térmica de um ecossistema lântico. | 17 |
| FIGURA 9 | Compartimentação do ecossistema lântico. | 24 |
| FIGURA 10 | Área de estudo. | 35 |
| FIGURA 11 | Área de estudo – Sub-bacia C 3.1. | 36 |
| FIGURA 12 | Riacho sangradouro da lagoa de Parangaba. Fortaleza - Ceará. | 36 |
| FIGURA 13 | Desenho esquemático mostrando pontos de coleta, profundidade de amostragem e profundidade mínima de cada ponto. | 37 |
| FIGURA 14 | Barco utilizado na coleta das amostras. | 39 |
| FIGURA 15 | Variação da cobertura vegetal exótica da Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE. | 41 |
| FIGURA 16 | Macrófita fixa (<i>Thypha domingensis</i>) na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE. | 42 |
| FIGURA 17 | Macrófita flutuante (<i>Eichornia cassipes</i>) na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE. | 42 |
| FIGURA 18 | Representantes da fauna da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE. | 43 |
| FIGURA 19 | Residências construídas dentro da APP da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE 2005. | 44 |
| FIGURA 20 | Casa de show construída dentro da APP da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE. | 44 |
| FIGURA 21 | Assoreamento na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 45 |
| FIGURA 22 | Resíduo sólido depositado na margem da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período dezembro de 2005. | 45 |
| FIGURA 23 | Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE sangrando no período de agosto a dezembro de 2006. | 46 |
| FIGURA 24 | Feira de automóveis na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE. | 47 |
| FIGURA 25 | Trailer adaptado para lanchonete na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 47 |
| FIGURA 26 | Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE - Área de preservação. | 48 |
| FIGURA 27 | Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE – Batimetria | 50 |

| | | |
|-----------|--|----|
| FIGURA 28 | Varição da DQO, DBO ₅ e do teor de óleos e graxas na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 52 |
| FIGURA 29 | Varição do teor de sólidos (totais voláteis, dissolvidos voláteis e suspensos voláteis) e da turbidez na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 53 |
| FIGURA 30 | Varição da alcalinidade e pH na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 54 |
| FIGURA 31 | Varição de Sólidos Suspensos Totais, Oxigênio Dissolvido e Clorofila “a” na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 55 |
| FIGURA 32 | Varição da Transparência, turbidez, temperatura e pH na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 55 |
| FIGURA 33 | Quadro esquemático mostrando profundidade de Secchi, profundidade dos pontos e zona fótica e afótica da lagoa de Parangaba, Fortaleza – CE, no período de agosto à dezembro de 2006. | 56 |
| FIGURA 34 | Varição de Fósforo total, orgânico, Ortofosfato solúvel e Polifosfato na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 57 |
| FIGURA 35 | – Varição de nitrogênio orgânico, amônia total, nitrato e pH na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 57 |
| FIGURA 36 | Varição de Coliformes termo tolerantes e de <i>Escherichia coli</i> na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006. | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------|---|----|
| TABELA 1 - | Valores médios mensais da lagoa para diferentes parâmetros avaliados na lagos de parangaba de agosto à dezembro de 2006 | 51 |
|------------|---|----|

LISTA DE QUADROS

| | | |
|----------|---|----|
| QUADRO 1 | Coordenadas UTM e geográficas dos pontos de amostragem da lagoa de Parangaba. | 37 |
| QUADRO 2 | Parâmetros analisados. | 38 |
| QUADRO 3 | Tipos de recipientes para a coleta de amostras. | 39 |
| QUADRO 4 | Parâmetros analisados, metodologias analíticas e referências. | 40 |
| QUADRO 5 | Resumo das principais características físicas da lagoa de Parangaba. | 49 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E NOMENCLATURAS

A.P.P: Área de preservação permanente.

CAGECE: Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

CEFET-CE: Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

COGERH: Companhia de Gestão de Recursos Hídricos

EIA: Estudo de Impacto Ambiental.

FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

LABOMAR: Instituto de Ciências do Mar.

LIAMAR: Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias.

LUOS: Lei de Uso e Ocupação do Solo

ONU: Organizações das Nações Unidas.

PDDU: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.

PMF: Prefeitura Municipal de Fortaleza.

PLANERG: Plano Estadual de Recursos Hídricos.

RIMA: Relatório de Impacto Ambiental.

NMP – Numero Mais Provável: Unidade de medida de coliformes termotolerantes.

SEMACE: Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Ceará.

SEMAM: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano.

SEPLA: Secretaria Municipal de Planejamento e Orçamento.

SER IV: Secretaria Executiva Regional IV.

UECE: Universidade Estadual do Ceará.

UFC: Universidade Federal do Ceará.

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Quadros

Abreviaturas

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO | 1 |
| CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS | 7 |
| CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 8 |
| 3.1 ÁGUA NO BRASIL E NO SEMI-ÁRIDO, O PROBLEMA DA ESCARSSSEZ..... | 8 |
| 3.2 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MEIO AQUÁTICO..... | 13 |
| 3.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 13 |
| 3.2.2. INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS..... | 15 |
| 3.2.3 INFLUÊNCIA DOS FATORES BIÓTICO..... | 22 |
| 3.2.4 COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO AQUÁTICO..... | 24 |
| 3.3 POLUIÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS..... | 25 |
| 3.4 ÁGUA NO MEIO URBANO: CRESCIMENTO DESPLANEJADO DAS GRANDES METRÓPOLES E SEUS IMPÁCTOS CAUSADOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS..... | 28 |
| 3.5 ASPECTOS GERAIS DOS RECURSOS HÍDRICOS DE FORTALEZA | 29 |
| 3.6 IMPORTÂNCIA DA LAGOA DE PARANGABA NO CONTEXTO HIDRICO E AMBIENTAL DE FORTALEZA | 30 |
| CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS | 33 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DO ECOSISTEMA AQUÁTICO | 33 |
| 4.1.1 ÁREA DE ESTUDO | 33 |
| 4.1.2 O ECOSISTEMA AQUÁTICO | 35 |
| 4.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA LAGOA..... | 37 |
| 4.2.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM | 37 |
| 4.2.2 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS SELECIONADOS, CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO DO ECOSISTEMA | 38 |
| 4.2.3 PERÍODO DE AMOSTRAGEM E FREQUÊNCIA | 38 |
| 4.2.4 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM | 38 |
| 4.2.5 TRATAMENTO DOS DADOS | 40 |
| CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCURSSÕES | 41 |
| 5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DAS INFORMAÇÕES SOBRE AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA LAGOA DE PARANGABA | 41 |
| 5.2 ASPECTOS FÍSICOS E QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE PARANGABA..... | 48 |
| 5.2.1 MATÉRIA ORGÂNICA | 52 |
| 5.2.2. PODER DE TAMPONAMENTO..... | 53 |
| 5.2.3. METABOLISMO FOTOSSINTÉTICO..... | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.4. NUTRIENTES | 56 |
| 5.2.5. INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL | 58 |
| CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 59 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 61 |
| ANEXOS E APÊNDICES | 67 |

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A água, elemento vital e indispensável para os seres vivos e na promoção do desenvolvimento sustentável é crucial na organização de uma sociedade. (S.R.H.-CE, 2006).

O termo água refere-se, em geral, ao elemento natural desvinculado de qualquer utilização. Por sua vez o termo recurso hídrico é a consideração da água como bem econômico passível de utilização para tal fim. (REBOUÇAS, 1999).

Ainda segundo Rebouças (1999), a classificação mundial das águas, designa como água doce àquela que apresenta teor de sólidos totais dissolvidos (STD) inferior a 1.000 mg/L. As águas com STD entre 1.000 e 10.000 mg/L são classificadas como salobras e aquelas que possuem STD acima de 10.000 mg/L são consideradas salgadas.

A água doce é elemento essencial ao abastecimento humano, ao desenvolvimento de suas atividades industriais e agrícolas e de importância vital aos ecossistemas das terras emersas.

Estima-se que em todo o planeta exista cerca de 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos de água, sendo que 97,3% correspondem à água salgada, formando os mares e oceanos. Os 2,7% restantes formam as águas interiores e subterrâneas, podendo ser considerado um recurso hídrico aproveitável pelo homem. Uma pequena parcela desta água está concentrada em algumas regiões da Terra. Além disso, o consumo de água doce vem aumentando a cada década que passa. Atualmente cerca de 70% do consumo destina-se à agricultura, 20% à indústria e apenas 10% ao consumo humano. É exatamente neste menor percentual que ocorrem os maiores problemas observados na atualidade. (ALMEIDA & RIGOLIN, 2003).

Conforme Bezerra (2002a), a água está sendo desperdiçada e poluída em níveis catastróficos. As taxas de uso da água já são insustentáveis em vários países. Até o ano de 2050, afirma o autor, 4,2 bilhões de pessoas poderão viver em regiões que não disporão de pelo menos 50 litros de água por indivíduo para atender às suas necessidades básicas.

O Brasil destaca-se no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica, 177.900 m³/s dos quais mais de 73.100 m³/s da Amazônia, representa 53% da produção de água doce do continente Sul Americano (334.000 m³/s) e 12% do total mundial. Dispõe de abundantes ecossistemas aquáticos, possuindo uma das mais extensas e

ricas redes fluviais do mundo. Mas esta água se encontra mal distribuída pelos territórios e não são bem utilizadas, ocorrendo escassez ocasional principalmente no nordeste semi-árido. (REBOUÇAS, 1999).

Rebouças (1999) afirma ainda que os problemas de abastecimento no Brasil decorrem, fundamentalmente, da urbanização desordenada e excessiva industrialização verificada a partir da década de 1950. No meio urbano esse quadro se agrava pelo desperdício de água disponível e pelas ocupações irregulares nas áreas de alto risco ambiental, nas encostas dos morros e várzeas dos rios. O lançamento de esgotos não tratados nos corpos d'água utilizados para o abastecimento, a não coleta de lixo urbano doméstico e industrial ou deposição inadequada do resíduo coletado, contribuem também com os problemas no abastecimento de água. A sociedade, por sua vez, deverá compreender que não será possível continuar com a conduta de desperdício atual e de usar e jogar fora, como se a água fosse um recurso ilimitado e de propriedade particular, individual.

Na região Nordeste o problema com a água é preocupante. Há uma vulnerabilidade em decorrência de diversos fatores como: a influência direta das massas de ar (a Equatorial Atlântica, a Equatorial Continental, a Polar Atlântica e a Tropical Atlântica) que adentram no Nordeste com pouca energia, interferindo no clima da região, no que se refere ao volume das precipitações e no intervalo entre elas; o El Niño, que interfere bloqueando principalmente as frentes frias vindas do Sul do país; a proximidade da linha do Equador que condiciona a região à elevadas temperaturas (média de 26°C) e números elevados de horas de sol por ano (3.000), provocando elevada evapotranspiração. (SUASSUNA, 2002).

Ainda segundo Suassuna, em termos geológicos, o Nordeste é constituído por duas estruturas básicas: o embasamento cristalino, que corresponde a 70% da região semi-árida, onde os solos são rasos com a presença de poucas águas de volumes finitos e de fácil mineralização, podendo se tornar salinizadas; as bacias sedimentares que possuem rios perenes e um significativo volume de água no subsolo, sendo localizadas de formas esparsas no Nordeste. Outro problema significativo é a falta de planejamento dos órgãos governamentais na gestão dos meios aquáticos.

Estudos de avaliação do balanço hídrico demonstram que 91,8% das precipitações pluviométricas na região se evaporam, 8% contribuem para o escoamento superficial e 0,2% alimentam o subsolo. Este quadro de insegurança, quanto a disponibilidade de água, implica na incerteza quanto a tomada de decisão, mantendo-se estagnada a economia da região e a vulnerabilidade das secas. (CRUZ *et al*, 2000, *apud* BEZERRA, 2002).

O Ceará está inserido no semi-árido nordestino. Essa região se caracteriza pela aleatoriedade pluviométrica em cada ano e ainda pela má distribuição espacial das chuvas em seu território, ou seja, a cada inverno chove quantidades variáveis que são diferentemente distribuídas nas várias regiões. Há uma grande concentração de chuvas no primeiro semestre do ano: cerca de 90%. Aliado a formação geológica (Figura 1) que se caracteriza por: terrenos cristalinos onde tem a maior representatividade no território cearense (75%), ocorrendo quase que a totalidade da grande área central do Estado e pelos terrenos sedimentares, que ocorrem preferencialmente em áreas no litoral, nas divisas do Estado e em menores proporções, às margens dos cursos d'água formando as características hidrográficas do Estado. A variação nas quantidades de chuvas que ocorrem a cada ano gera dois problemas bastante conhecidos pelos cearenses: **as secas e as cheias**. (S.R.H- Ceará, 2006).

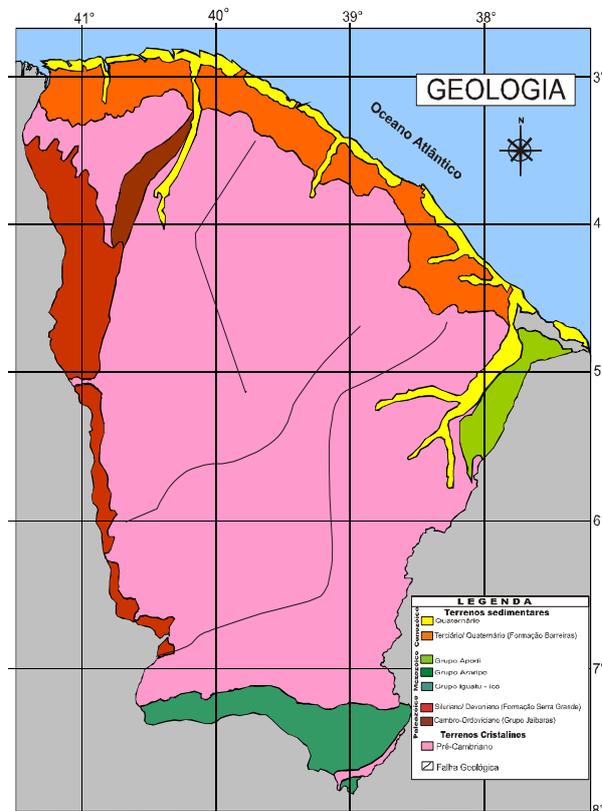


Figura 1: Formação Geológica do Estado do - Ceará

Diante desta realidade, a água assume uma importância ainda maior no Ceará, pois ela se torna mais escassa e por isso é necessário que seja utilizada de maneira sustentável, tornando-se indispensável a gestão racional dos recursos hídricos para a garantia da qualidade de vida no Ceará e o desenvolvimento econômico sustentável da nossa sociedade. (BEZERRA, 2002).

Segundo o Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PLANERH), o Estado do Ceará está dividido em onze bacias hidrográficas (Figura 2) assim distribuídas: bacia do rio Salgado; bacia do alto rio Jaguaribe; bacia do médio rio Jaguaribe, bacia do baixo rio Jaguaribe, bacia do rio Banabuiú; bacias Metropolitanas; bacia do rio Curu; bacia do rio Acaraú; bacia do rio Poti (Parnaíba); bacia do rio Aracatiaçu (Litorânea) e bacia do rio Coreau. (S.R.H. Ceará, 2006).



Figura 2: Divisão das bacias hidrográficas do Estado do -Ceará

A cidade de Fortaleza é a quinta capital do país em termos populacionais (IBGE, 2000) e no que diz respeito aos recursos hídricos, está dividida em quatro bacias hidrográficas (Figura 3): bacia da Vertente Marítima, bacia do sistema Cocó/Coaçu, bacia do sistema Ceará/Maranguapinho e a bacia do rio Pacotí. (P.M.F - SEMAM, 2003).

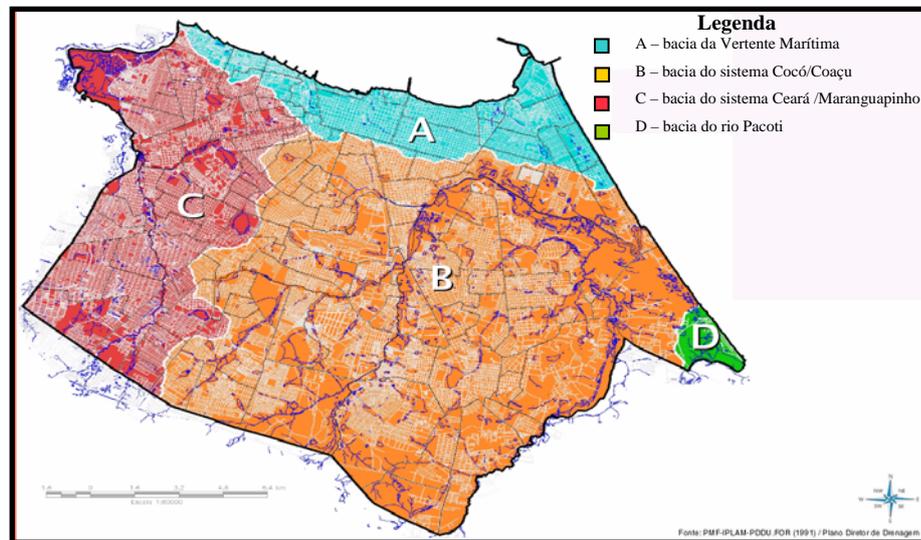


Figura 3: Divisão das bacias hidrográficas de Fortaleza-Ceará

A urbanização desordenada que vem ocorrendo em Fortaleza está provocando o aumento das ocupações nas áreas de riscos, provocando o processo de favelização onde as comunidades estão em situação de comprometimento da qualidade de vida. Os espaços mais utilizados como refúgio, ou seja, como únicas opções de moradias e sobrevivência são: as margens dos rios, as áreas de preservação de lagoas (Figura 4), dentre outras, provocando diversos tipos de poluição, seja pela deposição de resíduos sólidos nesses locais, lançamento de esgotos domésticos, provocando reações diversas na saúde dessa população. Some-se a isso os impactos advindos das demais atividades desenvolvidas no âmbito da bacia de drenagem (QUEIROZ FILHO, 2005).



Fonte: SEMAM - 2006

Figura 4 – Ocupação irregular na área de preservação da lagoa de Parangaba. Fortaleza-Ceará.

Na Capital cearense a maioria das lagoas está poluída, desfavorecendo o aproveitamento de suas diversas funções pela população fortalezense como um todo, e pelas comunidades próximas desses mananciais, em particular. A lagoa de Parangaba é um exemplo de meio aquático poluído, apesar da sua importância para a comunidade, da sua beleza cênica e do seu potencial para a área de visitação pública e de lazer. (P.M.F - SEMAM, 2003).

Com base no exposto e considerando as diversas observações feitas ao longo do trabalho realizado na área, enquanto integrante da Guarda Municipal de Fortaleza, é que foi realizado o presente trabalho, que contempla um diagnóstico consolidado das condições ambientais da lagoa de Parangaba, relacionando-se as ações antrópicas que provocam os diferentes impactos na área, a qualidade da água, por intermédio de dados laboratoriais confiáveis e uma descrição dos efeitos produzidos pelo desequilíbrio metabólico do ecossistema em decorrência desses pulsos poluidores. Tal esforço pretendeu gerar dados capazes de subsidiar tomadas de decisões rumo à gestão sustentável da lagoa e ações protecionistas e recuperadoras.

CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS

2.1 GERAL

Traçar um diagnóstico sócio-ambiental da lagoa de Parangaba a partir da análise do ecossistema, considerando as ações antrópicas e seus reflexos nas condições ambientais da lagoa e na qualidade física, química e bacteriológica de suas águas.

2.2 ESPECÍFICOS

- ❖ Analisar o processo de ocupação do entorno da lagoa e a sua influência na qualidade da água;
- ❖ Levantar, a partir da aplicação de questionários, a percepção ambiental da comunidade usuária do ecossistema;
- ❖ Avaliar a variação temporal dos aspectos físicos, químicos e biológicos da água da lagoa, como consequência dos pulsos poluidores a que está submetida.

CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Água no Brasil e no Semi-Árido, o problema da escassez.

No Brasil o uso dos recursos hídricos é bem diversificado, dependendo das atividades nas bacias hidrográficas, do estágio de desenvolvimento econômico e, principalmente, pelo grau de concentração da população humana. Aproximadamente 90% dos recursos hídricos no Brasil são utilizados para produção agrícola, produção industrial e consumo humano. No entanto, de acordo com Rebouças (1999) o conjunto de atividades que utilizam os recursos hídricos subterrâneos e superficiais podem ser assim descritos: (REBOUÇAS *et al* 2002). a) Abastecimento público em áreas urbanas; b) Irrigação a partir de águas superficiais e subterrâneas; c) Uso industrial (várias finalidades); d) Navegação para transporte em larga escala; e) Recreação; f) Pesca e Piscicultura; g) Aqüicultura; h) Hidroeletricidade; i) Abastecimento em áreas rurais; j) Turismo.

No que se refere à produção de energia elétrica, o Brasil é dependente, em grande parte, dos recursos hídricos, utilizando atualmente 35% de todo o seu potencial hidroelétrico, com uma potencia instalada de 59.165 MW, correspondendo a 80,55% da produção de energia no país. Na navegação, iniciou-se uma revitalização das hidrovias de grande porte para associá-las ao transporte ferroviário e hidroviário e na agricultura, a água é utilizada para a irrigação e para o abastecimento rural. (TUNDISI, 2003).

No que diz respeito à recreação e ao turismo, Rebouças *et al* (1999) comenta que, as águas interiores no Brasil representam enorme disposição para essas atividades. A recreação em águas, geralmente é uma atividade de baixo custo no interior das principais regiões do Brasil. Os rios e reservatórios são utilizados intensivamente para atividades de lazer e recreação. Essas atividades desempenham papel econômico relevante para todas as regiões do Brasil. O turismo em geral, e o turismo ecológico em particular também tem se desenvolvido em rios e represas no interior do Brasil, onde o acesso é mais fácil e a logística adequada. Recreação e turismo requerem águas de excelentes qualidades para a sua consolidação, e entre os grandes problemas que afetam o grande público usuário da água está a eutrofização e a perda da qualidade estética, além dos problemas de saúde pública que podem ocorrer.

No Brasil a pesca e a piscicultura desenvolveram-se nos grandes rios, como Amazonas, Paraná e São Francisco e seus tributários. A construção de grandes barragens interferiu nesta atividade em muitas regiões, mas também estão servindo para produção em larga escala, de algumas espécies introduzidas em aquacultura. (BORGUETTI *et al* 1999).

As ocupações irregulares geram problemas na coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos, provocando o aumento da produção de águas residuárias, que resultam na contaminação do aquífero e das águas superficiais e perdas na distribuição. (TUNDISI, 2003).

Tundisi afirma também que atualmente mais de 81,1% da população brasileira está localizada em regiões urbanas. Com esse crescimento, aumentou consideravelmente a demanda hídrica em nosso país. Associadas a essa expansão urbana, estão a degradação dos mananciais, as contaminações e as poluições.

Historicamente, a necessidade de armazenar água no Nordeste brasileiro, coincide com o avanço da pecuária que se desenvolveu próximo das lavouras de cana - de - açúcar com a finalidade de dar sustento a essa atividade. Com o avanço da pecuária e da cultura de cana-de-açúcar para o interior, os sertanejos, buscando controlar os efeitos das irregularidades climáticas, começaram a construir diversos açudes. De 1877 a 1879, ocorreu uma seca catastrófica, onde estimam-se que a metade da população da região tenha morrido em decorrência do fenômeno climático. Após o ocorrido, por iniciativa do Conde D'eu, foi criada uma comissão para estudar formas de armazenar a água e que fosse suficiente para abastecimento da população e dos animais, bem como, o estabelecimento de culturas irrigadas. O engenheiro Revy, em 1882, apresentou um relatório ao governo imperial sobre os locais de possíveis barramentos de água e, por volta de 1884, foram iniciadas as obras do açude do Cedro no Ceará, tendo sua conclusão ocorrida em 1906. Em 1904 foi criada a "Inspetoria de Obras Contra as Secas" que iniciou uma série de estudos básicos nas áreas da Geologia, Cartografia, Botânica e abastecimento de água, de modo a dar um caráter técnico á construção de obras, tentando prevenir o desperdício dos recursos, com obras sem sustentabilidade. (BEZERRA, 2002).

No Brasil, a região semi-árida compreende quase que totalmente a região Nordeste. Está presente na região Norte de Minas Gerais e quase integralmente no Estado do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Corresponde a 53,1%

do território do Nordeste, totalizando 882.081 Km², dos quais a Caatinga ocupa uma área de 754.478 Km², possuindo uma biodiversidade peculiar de um bioma tipicamente brasileiro. (VIEIRA *et al* 1999 e BEZERRA *et al* 2002). Ainda segundo Vieira (1999) a região semi-árida se caracteriza por sua irregularidade pluviométrica, ocorrendo eventos hidrológicos externos freqüentes; como secas e cheias. Outras características marcantes da região semi-árida incluem: a) Cobertura vegetal rasteira: a Caatinga; b) Embasamento cristalino predominante; c) Solos agrícolas geralmente rasos; d) Evapotranspiração potencial acima de 2000mm; e) Rios em sua maioria intermitentes.

A água é o principal fator limitante do desenvolvimento no semi-árido brasileiro, não pelo volume precipitado, mas pela quantidade evaporada. As variações climáticas, sobretudo nos períodos de estiagem, agravam um conjunto de questões econômicas e sociais, que desmantelam o sistema produtivo. (BEZERRA *et al* 2002).

Ainda segundo os mesmos autores, as irregularidades pluviométricas determinam diversas situações econômicas na região onde:

- a) A produção agrícola é instável, com apenas dois ou três anos de boas safras ou cada dez anos de cultivo, inclusive no que se refere aos produtos essenciais à subsistência do homem, de modo que a produtividade é baixa e decrescente para a maioria dos produtos.
- b) Produção pecuária é também instável com perda de peso dos animais durante o período seco do ano e dizimação do rebanho nas secas periódicas, com baixa produtividade e uso crescente de concentrados (ração) na alimentação de ruminantes;
- c) A desorganização social é igualmente grave, refletindo na vulnerabilidade da economia local e a exacerbação do quadro de miséria e fome da região, provocando dessa forma o êxodo para as capitais a procura de melhores condições de vida.

Temperaturas elevadas (entre 23° e 27°), fortes taxas de evaporação e elevado número de horas de exposição solar (aproximadamente 3.000 horas de sol por ano) tornam essa região especial, dada às elevadas taxas de evapotranspiração acima de 2000 mm e o balanço hídrico negativo durante boa parte do ano.

Na região Nordeste, ocorrem dois contextos geológicos (Figura 5): O domínio das rochas sedimentares onde ocorrem importantes horizontes aquíferos, abrangendo o Estado do

Maranhão, 80% do Estado do Piauí e cerca da metade dos Estados do Rio Grande do Norte e da Bahia. O domínio das rochas cristalinas que corresponde cerca de 70% do polígono das secas, tem potencial hidrológico restrito, com vazão média no entorno de $4\text{m}^3/\text{h}$. Quanto as águas superficiais, a vazão específica média do país, que se situa na faixa de 21 L/s/ Km^2 . (ABRH,1987, *apud* VIEIRA 1999).

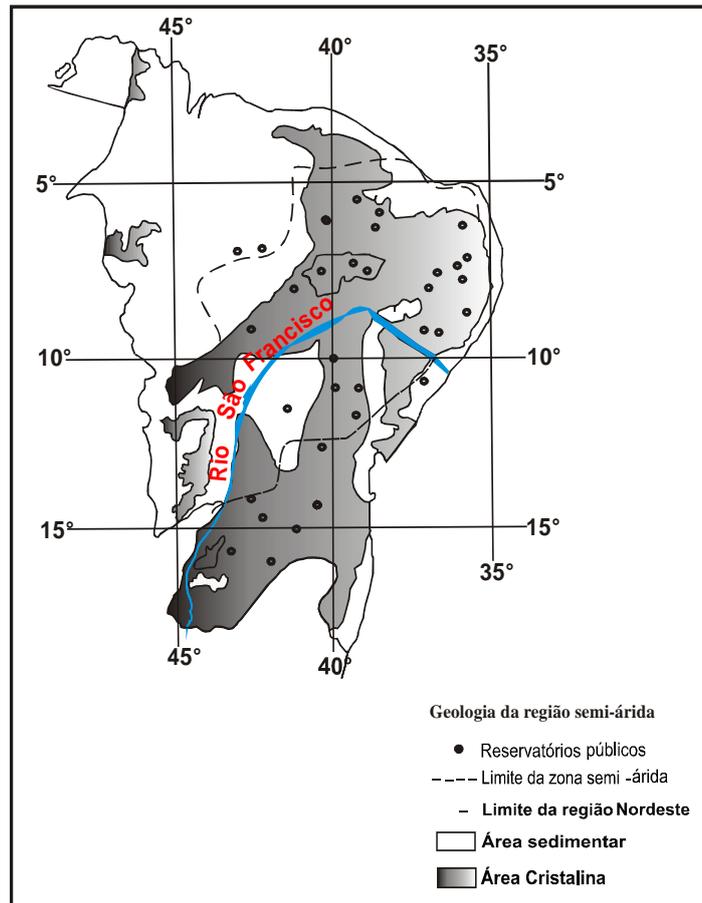


FIGURA 5 – Contexto geológica da região nordeste

No Ceará, a distribuição pluviométrica é muito variada, alcançando índices nas regiões serranas, com valores superiores a 1.700 mm. No litoral, os índices também são elevados, oscilando entre 1.000 e 1.350 mm anuais, devido a proximidade do oceano, o que favorece a maior umidade das áreas litorâneas. Já no sertão, que abrange a maior parte do território cearense, os valores oscilam entre 550 mm e 800 mm anuais. O período chuvoso ocorre no primeiro semestre do ano iniciando no mês de Fevereiro e se prolongando até o mês de Julho e o período de estiagem ocorre no segundo semestre do ano, iniciando no mês de Agosto até o mês de Dezembro. (SILVA & CAVALCANTE, 2000).

Os mesmos autores ainda comentam que as características hidrológicas no Estado do Ceará são condicionadas principalmente pelo regime das chuvas e pelas formações geológicas. Após o final das chuvas, ocorre o esgotamento total da águas, principalmente nos cursos localizados nas rochas cristalinas, dando a eles o caráter intermitente. Nas áreas onde dominam as rochas sedimentares, os rios contêm águas por um período um pouco mais prolongado, devido à capacidade de infiltração e armazenamento destas rochas, que proporcionam a alimentação dos canais fluviais através da água acumulada no seu subsolo.

Por conta das condições climáticas e das secas periódicas, tornou-se indispensável à gestão racional dos recursos hídricos, para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável do Ceará. Por isso, hoje a água é tratada como um patrimônio precioso e que se deve preservar, tanto em qualidade quanto em quantidade. Após a criação da legislação específica quanto ao gerenciamento das águas e a implantação de estruturas técnicas, o Ceará tem inspirado outros Estados no que diz respeito à gestão da água. (S.R.H, CEARÁ 2006).

A política de águas está definida como uma forma de parceria entre o Estado e os usuários, pois se trata da organização da gestão global do recurso, otimizando todas as necessidades e calcada no respeito aos ecossistemas aquáticos.

O Plano de Aproveitamento e de Gestão de Águas fixa os objetivos gerais de utilização, valorização e proteção quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e dos ecossistemas aquáticos, bem como a preservação das zonas úmidas de maneira a satisfazer os princípios fixados pela lei.

O Estado do Ceará vem criando uma infra-estrutura de irrigação, o que daria uma sustentabilidade frente às diversidades climáticas. Tem como exemplo o canal da integração (Figura 6). Esse modelo de desenvolvimento constituiu-se num dos elementos aglutinadores das ações públicas. (S.R.H. CEARÁ, 2006).



FOTO: SRH

FIGURA 6 – Canal da integração. Infra – estrutura de irrigação no Ceará

3.2 Importância da água e características gerais do meio aquático.

3.2.1 Considerações gerais.

A água, também conhecida como “o elixir da vida”, elemento vital para a sobrevivência e desenvolvimento de diversas formas de vida no planeta Terra, pode ser encontrada nos três estados físicos, na forma sólida (gelo, geleira, icebergs, entre outras), líquida (oceanos, rios, lagos, lagoas, açudes, águas subterrâneas e outros), e gasosa (nuvens, umidade do ar, etc). Possui ampla variedade composicional, dependendo do ambiente de origem, por onde circulam e onde são armazenadas. (TUNDISI *et al*, 1999).

Conforme o mesmo autor, a água possui um valor importantíssimo para os seres vivos. Serve como termoregulador da temperatura dos corpos, transporta pelo corpo os nutrientes que são ingeridos, serve também para matar a sede, cozinhar os alimentos, diminuir o calor e facilitar a higiene pessoal e doméstica.

Em relação à história do planeta, já há quatro bilhões de anos, os primeiros organismos monocelulares viveram na água marítima. Há 400 bilhões de anos, as primeiras plantas conquistaram a terra a partir das marés baixas do mar. A história dos animais terrestres iniciou-se há 350 milhões de anos com os anfíbios, derivado de ancestrais que viviam no mar. (HERMANNNS *et al*, 2002).

A relação entre o homem e a água é muito antiga. As sociedades primitivas que viveram no final da pré-história buscavam condições naturais que garantissem a sua sobrevivência. De acordo com Bezerra (2002) esses povos estabeleceram-se em lugares entre o Nordeste da África e o Oeste da Ásia, porque ali haviam rios que fertilizavam o solo (Nilo, Tigre, Eufrates e o Jordão) e um mar que era fonte de alimentos (pescados) e via de comunicação (Mediterrâneo).

Para Tundisi (2003) as grandes civilizações do passado e as do presente sempre dependeram da água doce para a sua sobrevivência e o desenvolvimento cultural e econômico. A água doce é, portanto, essencial à sustentação da vida, e suporta também as atividades econômicas e o desenvolvimento.

A água adequada ao consumo humano é denominada “água potável”. Ela deve ser límpida, não devendo conter materiais em suspensão e deve possuir vestígios de sais dissolvidos, que lhe confira o sabor característico; conter um pouco de ar dissolvido, ou seja, deve estar aerada e livre de microrganismos. Por essa razão, a água deve ser submetida a tratamento sanitário, porque nos seus locais de armazenamento, é muitas vezes contaminada por substâncias nocivas à saúde humana, se ingeridas. (BEZERRA, 2002).

De acordo com Esteves (1988) o meio aquático apresenta certas características que lhe conferem peculiaridades, tais como:

- a) alta capacidade para solubilização de compostos orgânicos e inorgânicos, possibilitando que os organismos, especialmente os autótrofos, possam absorver os nutrientes por toda a superfície do corpo.
- b) gradientes verticais e em certos casos, gradientes horizontais, que se tornam evidentes através da distribuição desigual da luz, nutrientes, temperaturas e gases. A destruição desigual destas variáveis no meio aquático tem grandes conseqüências na distribuição dos organismos.
- c) o baixo teor de sais dissolvidos, típicos de ambientes de água doce, faz com que a maioria dos organismos que habitam este ambiente seja hipertônica em relação ao meio, sendo necessária, portanto, adaptações no sentido de manter o equilíbrio osmótico entre os líquidos internos e o meio.

- d) alta densidade e viscosidade da água têm grandes significados para a locomoção e para reduzir o efeito de resistência do meio à locomoção,. Os organismos aquáticos apresentam profundas adaptações morfológicas e fisiológicas.

Água é considerada doce quando apresenta teor de sólidos totais dissolvidos (STD) inferior a 1000mg/L. É essencial para o abastecimento e consumo humano, desenvolvimento econômico e para a manutenção da vida. A biota de águas interiores é muito mais diversificada e rica do que a dos oceanos. A água doce ocupa 0,0093% do volume total de água do planeta e, no entanto, 12% dos animais vivem nas águas interiores, contra 7% que vivem nos oceanos (TUNDISI *et al*, 1999).

As águas doces interiores estão presentes em dois tipos de ambientes: o lótico, ou seja das águas continentais moventes; e o lântico, das águas paradas, com movimentos lentos ou estagnados. (M.M.A, 2005).

O ecossistema aquático sofre influência de diversos fatores abióticos e bióticos. Os abióticos são todas as influências que os seres vivos podem receber de um ecossistema, derivadas de aspectos físicos e/ou químicos do meio ambiente, tais como: luz, temperatura, ventos, etc. Os fatores bióticos são aqueles ocasionados pela presença dos seres vivos ou suas relações.

3.2.2 Influência dos fatores abióticos

Segundo Esteves (1988), dentre os principais fatores abióticos de aspectos físicos destacam-se:

a) Luz:

A energia solar, seja na forma de luz visível ou de calor, regula vários fatores ambientais que vão desde a produtividade aquática até o comportamento dos peixes. A quantidade de radiação recebida por um lago e a eficiência da conversão desta energia em energia química potencial exerce efeitos básicos sobre a produtividade aquática. A luz afeta o ciclo dos nutrientes, os gases dissolvidos e a biota. Esses efeitos todos combinados atuam sobre a fisiologia e comportamento dos organismos.

A radiação ao penetrar na coluna d'água sofre profundas alterações, que dependem da concentração do material dissolvido e do material em suspensão. Assim, a absorção e a dispersão são dois fatores principais responsáveis pela atenuação da radiação com a profundidade nos ecossistemas aquáticos e o zoneamento do ecossistema, como apresentado na Figura 7. A região da coluna d'água iluminada é denominada zona eufótica, podendo variar de alguns centímetros até dezenas de metros. A sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O seu limite inferior, geralmente é aquela profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% daquela que atinge a superfície. É nessa zona onde predomina a síntese da matéria orgânica e a distribuição da radiação fotossintética ativa. Abaixo dessa zona, encontra-se outra coluna d'água onde predominam os metabolismos anóxico e anaeróbio, denominada de zona afótica.

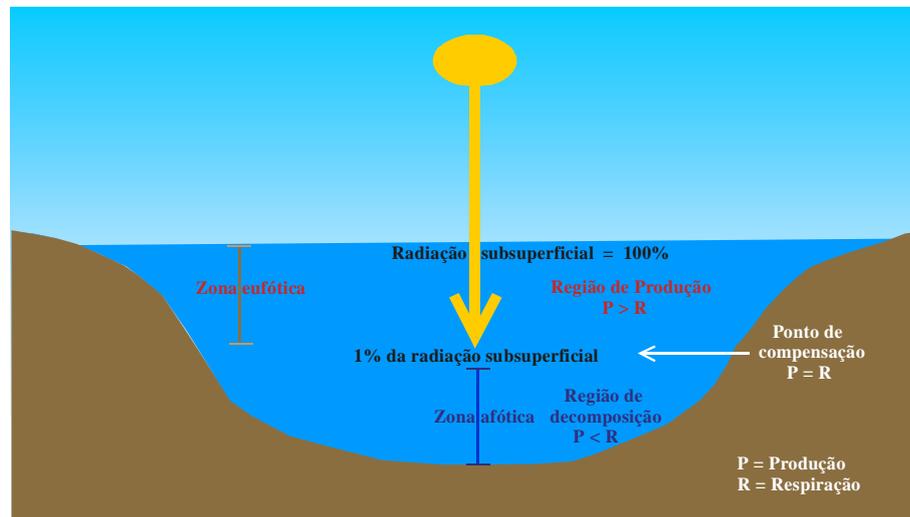


FIGURA 7 – Zoneamento do ecossistema lântico de acordo com a radiação incidente

b) Temperatura:

A transmissão de calor para a água, via radiação solar, ou condução de calor pelos sedimentos ou tributários, modificam os processos físicos, químicos e biológicos através de resfriamento ou aquecimento da água. Das fontes de calor, a radiação solar é a mais importante. A temperatura também é de extrema importância no processo da fotossíntese, pois é o principal fator determinante da respiração, podendo acarretar perda da matéria orgânica produzida ou sua indisponibilização para o crescimento. (BASSOLI & ROLAND, 2005).

Pedrosa e Resende (1999), afirmam que a influência da temperatura na coluna d'água origina a estratificação térmica, que é o evento físico mais importante no ciclo anual dos ecossistemas

lênticos, resultando na formação de camadas de massas de água (Figura 8) com temperaturas e densidades diferentes. São estas:

- Epilímnio: a camada superior de um ecossistema lêntico, bem iluminada, mais quente e menos densa e com maior circulação de água por conta da influência dos ventos;
- Termoclina: a camada que divide a coluna d'água em camadas com temperaturas diferentes com máximo decréscimo de temperatura por unidade de profundidade;
- Metalímnio: a camada localizada em uma zona na qual a respiração e a decomposição predominam. É caracterizada pela grande atividade de bactérias heterotróficas.
- Hipolímnio: a camada inferior, mais fria, mais densa, com maior estagnação e onde também se processa a respiração e a decomposição da matéria orgânica.

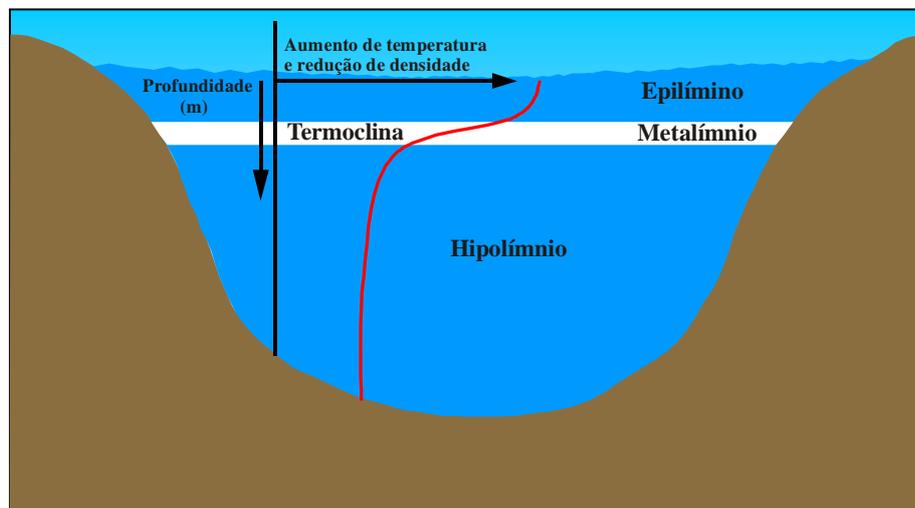


FIGURA 8 - Estratificação térmica de um ecossistema lêntico

c) Vento:

O vento pode ser considerado como o fator predominante na formação dos movimentos da água. Seu efeito varia com a velocidade e duração do vento, da distância percorrida por ele ao longo da superfície do meio aquático e profundidade da bacia. Do ponto de vista limnológico, esses movimentos que se fazem sentir em forma de ondas ou correntes tem importância na distribuição de calor, plâncton e nutrientes na massa de água.(ESTEVEZ, 1988).

d) Tensão Superficial da água:

Permite a formação de um filme superficial compacto capaz de suportar pequenos impactos sem se romper e abrigando comunidades como nêuston (bactérias, fungos e algas) e plêuston (aguapés, alfaces d'água e inúmeras larvas). (ARAÚJO, 2003).

e) Viscosidade da água:

Expressa-se pela capacidade da água em oferecer resistência ao movimento dos organismos e das partículas nela presentes, variando em função da temperatura e do teor de sais dissolvidos. Pelo fato de diminuir com o aumento da temperatura, influencia na velocidade com que os organismos planctônicos afundam. Em ecossistemas lênticos tropicais, os organismos planctônicos desenvolvem mecanismos mais eficazes para reduzir o seu tempo de afundamento. (ESTEVES, 1988).

f) Condutividade elétrica:

Capacidade de a água conduzir corrente elétrica, sendo determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em íons (ânions e cátions). Tem importância na obtenção de informações sobre a produção primária, decomposição e detecção de fontes poluidoras no sistema aquático. (ARAÚJO, 2003).

Dentre os fatores abióticos de origem química destacam-se:

a) Oxigênio dissolvido:

Ainda segundo Araújo (2003), É uma das variáveis mais importantes na dinâmica e caracterização do ecossistema aquático. É de vital importância para os seres aquáticos aeróbios. Serve tanto para a respiração dos organismos como para outros processos oxidativos. As bactérias usam o OD para os seus processos respiratórios, o que pode provocar uma redução de oxigênio no meio. As variações do oxigênio dissolvido na água afetam profundamente a vida aquática, em maior ou menor grau, dependendo das características adaptativas de cada espécie. Uma redução do OD no corpo d'água pode ocasionar mortandade e na sua ausência, o meio passa a ser anaeróbio.

b) As formas de carbono:

Conforme Vidal *et al.*(2005), o carbono é o componente básico da grande maioria das moléculas responsáveis pela estrutura e pelo metabolismo de qualquer organismo vivo. O seu ciclo, juntamente com o da água, é provavelmente um dos mais importantes para a humanidade. Este autor afirma ainda que o carbono presente na água pode ser encontrado em duas formas principais: carbono orgânico e carbono inorgânico. O carbono orgânico é encontrado em várias formas orgânicas no ecossistema aquático, incluindo desde moléculas simples até organismos extremamente complexos. O carbono orgânico total se compõe de duas frações: a dissolvida (composta de substâncias húmicas e outros compostos orgânicos parcialmente degradados e resistentes à degradação microbiana). O carbono inorgânico total é a forma de carbono mais importante do ponto de vista de nutrição dos vegetais, e no sistema tampão de água. Nesta fração o carbono encontra-se nas formas de dióxido de carbono, carbonatos, bicarbonatos e ácido carbônico.

c) As frações nitrogenadas:

O nitrogênio é um dos elementos mais importante no metabolismo do ecossistema aquático. É um macronutriente que constitui as células de todos os seres vivos. De acordo com Prast (2005), o nitrogênio é um dos principais elementos limitantes da produção primária em ecossistemas aquáticos e terrestres e é utilizado na síntese de proteínas, DNA e RNA. Na coluna d'água, os principais processos relacionados ao ciclo do nitrogênio, são os de assimilação e amonificação. Está presente no ambiente de várias formas, por exemplo: como nitrato (NO_3^-) forma mais facilmente assimilável pelo meio, nitrito (NO_2^-) forma mais tóxica, amônia (NH_3), nitrogênio orgânico dissolvido ou particulado, dentre outros.

Os íons de amônia e seus sais são muito solúveis na água e, embora em pequena proporção, contribuem para a fertilidade da água. Amônia na água pode ser resultado da decomposição do nitrogênio orgânico, de redução microbiana de nitrato em condições anaeróbias, ou da entrada de dejetos e do uso de fertilizantes em terras adjacentes. As precipitações atmosféricas também contêm concentrações significantes de amônia. (ATHAYDE JÚNIOR, 2000)

O nitrato é a principal forma de nitrogênio na água natural, devido ao fato de ser altamente solúvel e constituir a forma mais estável em águas superficiais. Ele é resultante da oxidação completa de compostos nitrogenados. (ESTEVEES, 1988).

De todas as formas combinadas do nitrogênio, o nitrito é o que se apresenta em menor proporção em águas superficiais. É uma forma instável na presença de oxigênio, e ocorre como composto intermediário na nitrificação, processo realizado por dois grupos de bactérias quimiolitotróficas que obtêm sua energia por meio da oxidação de amônia a nitrito (*Nitrosomonas*..) e de nitrito a nitrato (*Nitrobacter*) e na desnitrificação. (processo realizado por bactérias facultativas que na ausência de oxigênio utilizam nitrato como aceptor e carbono orgânico como doador de elétrons).(PRAST, 2005).

d) As frações fosfatadas

O fósforo é o décimo elemento químico mais abundante no planeta e é o principal fator limitante à produtividade dos ecossistemas aquáticos. É um elemento muito importante no metabolismo dos seres vivos, atuando em eventos tais como, armazenamento de energia e estruturação da membrana celular. No meio aquático o aporte de fósforo vem aumentando consideravelmente em decorrência do despejo de esgotos domésticos e industriais, intenso desmatamento das áreas verdes e do elevado uso de fertilizantes agrícolas. É apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas. (FERREIRA *et al* 2005).

e) O pH:

O pH mede quantitativamente a acidez ou a alcalinidade da água, podendo influenciar na composição de espécies animais e vegetais do ambiente aquático. Afeta também a disponibilidade de nutrientes e toxidez relativa de elementos traços, devido às alterações no potencial de oxido-redução da água e é considerado um dos elementos importantes na limitação da capacidade de tamponamento do meio aquático. Para a proteção da vida aquática tem sido recomendado que o pH permaneça numa faixa que vai de 6,5 a 9,0. Além disso, as descargas recebidas não devem alterar o pH em mais de 0,5 unidades na zona de mistura. (DAJOZ, 2006).

f) Elementos – traços:

São elementos químicos que ocorrem naturalmente em solos e em ecossistemas aquáticos superficiais e subsuperficiais, de modo geral, em pequenas concentrações com importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos. Alguns elementos - traços como: Mg, Fé, Zn, Mn, Cu, Co, Mo e B são essenciais aos seres vivos, uma vez que participam de um grande número de processos fisiológicos tais como: fotossíntese, cadeia respiratória, fixação do nitrogênio, entre outros. Elementos – traços tais como: Hg, Pb, Cd, Ag, Cr, Ni e Sn, não possuem função biológica conhecida e são geralmente tóxicos para uma grande variedade de organismos. Os elementos – traços são responsáveis pela precipitação da matéria orgânica dissolvida, melhorando as condições ópticas da coluna d'água e influenciam positivamente sobre a produção fitoplanctônica, dentre outros. O aumento em sua concentração pode ocorrer tanto em razão de processos naturais quanto por atividades antropogênicas. Os processos naturais que contribuem para o aparecimento de elementos – traços no meio aquático são: o intemperismo das rochas e a lixiviação do perfil do solo, enquanto as fontes antropogênicas estão associadas, principalmente, às atividades de mineração e industriais, além da geração de efluentes municipais. (GUILHERME *et al*, 2005).

g) Salinidade:

É a concentração de sais dissolvidos na água, tendo como principais responsáveis pela sua formação, os cátions: cálcio, magnésio, sódio, potássio e os ânions: bicarbonatos, cloretos e sulfetos. Podem conferir à água sabor salino e características incrustantes. O teor de cloreto pode ser indicativo de poluição por esgotos domésticos. (ARAÚJO, 2003).

h) Dureza da água:

Araújo (2003) afirma ainda que a dureza da água expressa a quantidade de sais de metais alcalinos – terrosos (Ca^{2+} e Mg^{2+} , mais frequentes) dissolvidas na água doce. Variações bruscas no índice de dureza da água podem debilitar os peixes como também afetar a capacidade de reprodução.

i) Fotossíntese:

“É o processo de transformação da energia radiante em energia química, o qual envolve uma série de reações que começam com a absorção da luz, síntese de NADPH e ATP e culminam com a fixação do CO_2 no ciclo de Calvin e a liberação do oxigênio representada pela equação: $(n)\text{CO}_2 + (n)\text{H}_2\text{O} + \text{PAR} \rightarrow (n)\text{H}_2\text{O} + (n)\text{O}_2$ ” (BASSOLI & ROLAND, 2005).

3.2.3 Influência dos fatores bióticos

Os fatores bióticos são representados pelos componentes vivos do ecossistema. Segundo Overbeck, (2000), os fatores bióticos de um ecossistema aquático são divididos em três categorias: produtores, consumidores e decompositores.

Produtores são organismos que transformam a luz solar em energia química, produzem biomassa a partir de substâncias inorgânicas simples, sendo representadas por alguns gêneros de bactérias, todas as algas e as plantas aquáticas, como por exemplo: fitoplâncton e macrófitas aquáticas. (PEDROSA & RESENDE,1999).

a) Fitoplâncton: formadas por algas e cianobactérias. O fitoplâncton utiliza a energia luminosa que é captada pela clorofila contida nos organismos celulares provocando a reação química de sintetizar a matéria orgânica acompanhada da produção de oxigênio, constituindo a fotossíntese. O fitoplâncton produz matéria orgânica viva essencial para o funcionamento biológico do ecossistema aquático, tendo como principais elementos limitantes de sua produtividade o carbono, o fósforo e o nitrogênio. (BASSOLI & ROLAND,2005).

b) Macrófitas aquáticas: São as formações vegetais que tornam a região litorânea uma das mais produtivas e com muitos habitats, podendo influenciar na dinâmica de várias comunidades e até mesmo o ecossistema lacustre como um todo. A alta produtividade das macrófitas aquáticas é um dos principais fatores para a existência de um grande número de nichos ecológicos e grandes diversidades de espécies animais. Possui grande capacidade de adaptação e grande amplitude ecológica. Este fato possibilita que a mesma espécie colonize os mais diversos tipos de ambientes, podendo habitar ambientes de água doce, até aqueles com diferentes concentrações salinas. Na sua maioria, as macrófitas aquáticas são resistentes a longos períodos de seca, transformando-se neste caso em formas terrestres com profundas modificações de ordem anatômica, fisiológica e fenotípicas. Estas macrófitas influenciam todos os processos do ciclo do nitrogênio. As taxas de assimilação de NO_3^- e NH_4^+ dependem da composição entre as macrófitas e as comunidades fito e bacterioplanctônica.(VIDAL *et al*, 2005).

Pedrosa e Resende (1999), afirmam que os consumidores são organismos que se alimentam de outros organismos ou de matéria orgânica particulada (detritos), sendo representado pelo zooplâncton.

Zooplâncton: É um conjunto de animais de diferentes categorias sistemáticas, tendo como característica comum à coluna d'água como seu habitat principal. Possui um papel central na dinâmica de um ecossistema aquático, especialmente na ciclagem de nutrientes e do fluxo de energia. Na maioria dos ambientes aquáticos o zooplâncton é formado por protozoários, metazoários (rotíferas, cladóceros, e copépodos) e larvas de dípteros (insetos). Mas podem ser encontradas outras formas, como vermes (tubelários, alguns trematódeos), cnidários (medusa) e lavas de moluscos.

Esteves (1988) afirma que os decompositores são organismos que são responsáveis pela degradação do substrato orgânico particulado ou dissolvido para a obtenção de energia, gerados pelo processo autotrófico ou oriundo de fontes alóctones. É representado por:

- a) Bactérias: Constituem os mais pequenos organismos do Plâncton. Transformam a matéria orgânica (dejetos, cadáveres de organismos aquáticos, algas mortas) em dióxido de carbono, fósforo, nitratos, etc em estoque mineral e alimentos para vegetais.
- b) Fungos: Um dos principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica nos corpos aquáticos.

3.2.4 Compartimentação do meio aquático.

Um ecossistema lântico pode ser dividido em quatro compartimentos (Figura9), região litorânea, região limnética ou pelágica, região profunda e interface água-ar, estes compartimentos não estão isolados, mas sim em constante interação através de troca de matéria e energia, superpondo-se muitas vezes. (ESTEVEES, 1988).

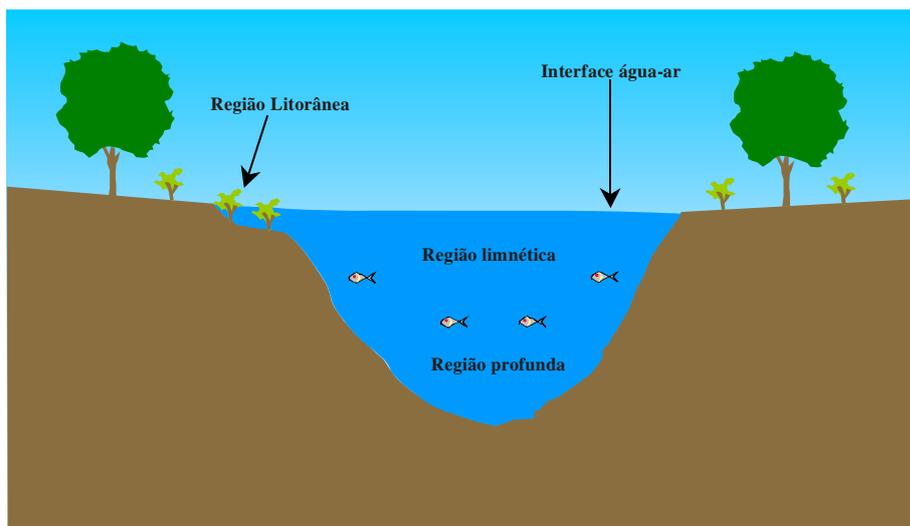


FIGURA 9 – Compartimentação do ecossistema lântico

a) A região litorânea – é o compartimento do lago que está em contato direto com o ecossistema terrestre (sendo diretamente influenciado por ele), é uma região de transição entre o ecossistema terrestre e o lacustre, sendo diretamente influenciado pelo terrestre. É um compartimento com grande número de nichos ecológicos e cadeias alimentares, fonte de energia e biomassa vegetal viva, tendo como fonte de energia a biomassa morta. Participam inúmeros invertebrados aquáticos, destacando-se várias espécies de oligoquetas, moluscos, crustáceos e insetos. É um compartimento autônomo, apresentando produtores primários, consumidores e decompositores e ocorre a colonização de macroalgas, briófitas, pteridófitos e plantas superiores (macrófitas aquáticas).

b) Na região Limnética ou Pelágica que é encontrada em quase todo ecossistema aquático, ocorrem comunidades características como o plâncton e o nécton. A comunidade plactônica é constituída por bactérias, algas uni e pluricelulares (fitoplâncton) e invertebrados (zooplâncton). Essas comunidades migram verticalmente devido à capacidade de afundamento vagaroso, auxiliado pela viscosidade da água. Outra comunidade típica da região pelágica é o nécton, que possui movimentos próprios, podendo realizar migração vertical e freqüentemente é encontrado na região profunda. Esta comunidade é formada quase que exclusivamente por peixes.

c) Na região profunda, o compartimento onde não há penetração da luz, por isto não ocorre organismos fotoautótrofos. Por ser uma região totalmente dependente da produção de matéria orgânica da região litorânea e limnética, sua comunidade, a bentônica, é formada principalmente por invertebrados aquáticos como: oligoquetas, crustáceos, moluscos, larvas de insetos. A densidade populacional e a sua diversidade estão condicionadas à quantidade de oxigênio e de alimentos disponíveis.

d) A interface água-ar é a região habitada por duas comunidades: nêuston e plêuston. A comunidade dos nêuston é formada por organismos microscópicos como bactérias, fungos e algas e a plêuston por plantas superiores e animais como: aguapés, alfaces d'água e inúmeras larvas que permanecem penduradas verticalmente na película superficial da água, devido a sua viscosidade, perfurando-a e obtendo o ar atmosférico para sua respiração. Outros organismos como *Hydrometra* (Coleóptera) e *Gerris* (Hemíptera), *Padura aquática* (Thysonura), andam sobre a película que compreende a interface água-ar. Entre os crustáceos, os *Cladóceros* são encontrados freqüentemente pendurados na película superficial.

3.3 Poluição dos corpos hídricos.

Os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo ao longo do tempo diversos problemas causados por diversos usos antropogênicos. Esses meios aquáticos recebem continuamente diversos tipos de poluentes originários de fontes naturais ou por consequência das atividades humanas (JØRGENSEN *et al*, 2000)

Segundo Branco (1986), poluição são as alterações das propriedades físicas, químicas ou biológicas ou mesmo de regime hidrológico que venha a produzir desequilíbrio no ciclo biológico normal, contribuindo para alterar a biosfera, em decorrência das ações isoladas ou combinadas de poluentes, causando prejuízo às características ecológicas do meio. Atualmente os subprodutos das atividades humanas estão provocando alterações de grandes proporções na biosfera, afetando muitas vezes o processo normal da evolução das espécies, onde a interferência acentuada nos ciclos biogeoquímicos pode causar grande impacto nos ecossistemas aquáticos.

Varela (1987) comenta que os poluentes são classificados em dois tipos:

- a) Degradáveis: aqueles compostos que podem ser degradados naturalmente na água ou através de mecanismos físicos, químicos ou bioquímicos adequados. Podem ser reduzidos em quantidade e intensidade.
- b) Não degradáveis: aqueles que podem ser diluídos ou mudar de forma nas águas receptoras, mas não tem sua massa reduzida apreciavelmente.

Quanto às fontes de poluição, são divididas em: a) Poluição natural: ocorre quando a matéria orgânica e a inorgânica são carregadas para os corpos hídricos por meio de enxurradas ou precipitações pluviométricas. b) Poluição antropogênica: são provenientes das atividades humanas: sendo as principais fontes de poluição dos meios aquáticos, podendo ser provenientes dos esgotos domésticos, dos despejos industriais e das águas de retorno de áreas agropastoris.

Com o processo de urbanização intensificada, tem ocorrido um aumento significativo na produção de efluentes domésticos. Estes se caracterizam pela presença de compostos orgânicos, especialmente rico em nitrogênio e fósforo, contribuindo significativamente com o aumento dos nutrientes nos meios aquáticos, favorecendo o florescimento de espécies fitoplânctônicas, principalmente as cianobactérias; provocando a eutrofização artificial nos meios aquáticos (TUNDISI *et al*, 1999). Este processo é prejudicial aos corpos aquáticos, pois provocam profundas alterações nos círculos químicos e biológicos ocasionando o crescimento excessivo de plantas aquáticas até níveis que podem causar um desequilíbrio nas cadeias tróficas dos corpos d'água. (CAMPOS, 2002).

Tundisi *et al* (1999) afirma que nas atividades industriais há um aumento considerável no uso de substâncias tóxicas. Estes materiais ao serem lançados nos ecossistemas aquáticos, aportam compostos químicos não existentes na hidrosfera, como íons tóxicos, compostos inorgânicos sintéticos ou materiais de difícil degradação, provocando a contaminação do meio aquático e dos sedimentos, e o aumento de nutrientes e conseqüentemente o aumento da eutrofização artificial.

A atividade agrícola é uma das principais fontes de fósforo e nitrogênio para o ecossistema lacustre. A perda de nutrientes da terra e as constantes pragas que assolam os diversos tipos de cultivo desencadearam o uso indiscriminado de fertilizantes, e defensivos orgânicos ou biocidas, conhecidos praguicidas, formicidas, herbicidas etc, à base de organoclorados,

organofosforados e carbamatos. Esses compostos vem provocando o aumento da toxicidade de todos os ecossistemas aquáticos. A água que retorna desses locais para o meio aquático produz modificação na biota e a contaminação dos sedimentos (ESTEVES, 1988).

As descargas de resíduos humanos e animais transportam grandes variedades de organismos patógenos, entre eles, bactérias, vírus, protozoários e helmintos, que podem causar doenças gastrointestinais. Entre as espécies bacterianas, comumente detectadas em águas contaminadas estão *Escherichia coli*, e *Salmonella typhi*. Ocorrem ainda fungos, vírus como o da hepatite, rotavírus e protozoários patogênicos como a *Giardia sp* e *Entamoeba sp*. Todos esses organismos são aportados ao manancial a partir de águas não tratadas (esgotos domésticos), por contribuição de animais infectados da pecuária e por animais silvestres. (TUNDISI, 2002). Esses organismos patógenos provocam a disseminação de várias doenças, tais como: cólera, febre tifóide, febre amarela, hepatite, leptospirose, dentre outras. (HESPANHOL, 1999).

Eutrofização.

Outro problema comumente detectado nos ecossistemas urbanos é a eutrofização, que consiste no envelhecimento natural dos corpos hídricos. Este processo pode ocorrer de duas maneiras: naturalmente ou artificialmente. A eutrofização natural ocorre devido o carreamento de nutrientes para os corpos hídricos pelas águas pluviais. A eutrofização artificial ocorre pelo enriquecimento artificial dos corpos hídricos, sobretudo N e P, resultando em aumento de biomassa, produzindo mudanças na qualidade da água, reduzindo a biodiversidade aquática provocado principalmente pela diminuição do oxigênio dissolvido na água, ocasionando mortalidade de peixes, aumento da floração de microalgas, principalmente as cianobactérias.(HUSZAR *et al*, 2005)

A consequência da eutrofização no meio aquático pode acarretar mudanças nos produtores secundários como peixes e zooplânctons. A grande quantidade de matéria orgânica produzida quando decomposta provoca a redução drástica do oxigênio no hipolimnio, tornando-o anaeróbio, conseqüentemente ocorrendo à liberação de gases tóxicos como o metano e o gás sulfídrico. Nessas condições, ocorrem no sedimento a liberação de íons e o fósforo, por difusão, alcança a zona eufótica, contribuindo ainda mais com a eutrofização. (VON SPERLING, 1996).

3.4 Água no meio urbano: crescimento não planejado das grandes metrópoles e seus impactos causados sobre os recursos hídricos

Como visto anteriormente, a maioria das cidades surgiram próximas a ecossistemas aquáticos, onde tiveram um processo intenso de crescimento devido a um sistema de relações que envolveram fluxos de pessoas, de mercadorias, serviços e informações proporcionado por uma boa rede de transportes. Estes fatores aliados a grande influência que algumas cidades exercem, provocaram a migração das pessoas para os centros urbanos, vindas principalmente do meio rural. (ALMEIDA & RIGOLIN, 2003).

O crescimento urbano intensificado e desordenado, sem planejamento ambiental, resultou em prejuízos significativos à sociedade, provocando impactos consideráveis aos ecossistemas aquáticos. (TUCCI, 1999).

Nas grandes cidades brasileiras, o crescimento urbano vem ocorrendo de maneira não planejada, processo este que começou na década de cinquenta e intensificou-se na década de sessenta, coincidindo com o período de crescimento da industrialização do país, sendo que em 1970, pela primeira vez a população urbana superou a população rural. (ALMEIDA & RIGOLIN, 2003).

Este crescimento desordenado, juntamente com a implantação de infra-estrutura inadequada, provoca diversos impactos nos ambientes aquáticos. Dentre estes, destacam-se: a) Aumento de elementos antrópicos nas bacias hidrográficas; b) Aumento da temperatura, ocasionado pela impermeabilização do solo por meio de concretos e asfaltos, os quais absorvem energia solar, provocando elevação de temperatura. c) Aumento de sedimentos e materiais sólidos, provocados pela limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas, rodovias, pontes, taludes, causando a obstrução do escoamento das águas, provocam o assoreamento com a redução da capacidade de escoamento de rios e lagos urbanos. d) Enchentes em áreas ribeirinhas, devido à ocupação irregular do leito dos rios, e margem de lagoas, contribuindo para a degradação da qualidade do ambiente aquático, além de gerar importantes conseqüências sociais negativas. e) Perdas e desperdício da água devido a vazamento nos sistemas públicos de abastecimento nas residências; na utilização inadequada da água de boa qualidade nas regas de jardins, nas descargas de sanitários; lavagem de automóveis e calçadas. (MOTA, 2002).

3.5 Aspectos gerais dos recursos hídricos de Fortaleza.

O meio ambiente de Fortaleza tem características semelhantes as que ocorrem em todo o litoral do Brasil. Apesar de está localizada no semi-árido nordestino, com um clima tropical quente sub-úmido, sua localização ameniza essa realidade. Por se localizar entre serras próximas e um litoral com uma extensão de 34 Km, faz com que as chuvas de verão ocorram com maior frequência na cidade. A temperatura média da cidade fica em torno de 26° a 28°C, sendo dezembro o mês mais quente e julho o mês mais frio. A média pluviométrica fica em torno de 1338 mm aproximadamente, com seu período chuvoso ocorrendo no primeiro semestre do ano, sendo o mês mais chuvoso o de abril (348 mm) e o período de escassez ocorrendo no segundo semestre, sendo o mês mais seco o de novembro (13 mm). Fortaleza está inserida na planície litorânea e em tabuleiros pré-litorâneos, com uma vegetação característica do litoral, contendo áreas de restingas encontradas nas proximidades das dunas ao sul da cidade e próximo à foz dos rios Ceará, Cocó e Pacoti. No leito desses rios, a mata predominante é a de mangue. (IPECE, 2005)

Com relação aos recursos hídricos, o fortalezense tinha uma relação muito forte, pois utilizavam para o seu abastecimento as águas dos rios, lagoas e poços. Com a implantação do sistema de abastecimento Pacoti/Riachão, cerca de 75% da população fortalezense passou a contar com o abastecimento de água tratada, o que provocou um completo descaso por parte da população e do poder público quanto aos recursos hídricos. (VASCONCELOS *et al*, 1995)

Segundo Vasconcelos *et al* (1995), os recursos hídricos de Fortaleza estão divididos em quatro bacias:

- a) A bacia da Vertente marítima, com uma área de 23,6 km², ocupa 7% da área do Município de Fortaleza, correspondendo à faixa de dunas localizadas entre as bacias do sistema Cocó/Coaçú e do sistema Ceará/Maranguapinho. Possui uma topografia favorável ao escoamento das águas para o oceano. É uma das bacias onde possui uma maior concentração populacional, ocorrendo uma ocupação generalizada da área, principalmente nos locais de escoamento de águas proporcionada pela especulação imobiliária que são responsáveis pelo aterramento de riachos e lagoas em Fortaleza;
- b) A bacia do sistema Cocó/Coaçú, com uma área de 215,9 Km², ocupa 64,3% da área do Município de Fortaleza. É a principal bacia hidrográfica da cidade. O rio Cocó nasce na serra da Aratanha no Município de Aratuba e drena uma área de 304,6 Km², é o

principal rio da bacia e sofre o efeito da subida e descida das marés que penetram até 13 Km de sua foz. Possui várias ramificações, tendo em média 30 afluentes, sendo o principal o rio Coaçu, que se desenvolve ao longo de 32,5 Km drenando uma área de 194,8 Km², 16 açudes e 36 lagoas, muitas delas em processo de desaparecimento. As margens dessa bacia encontram-se a maior diversidade populacional com ocupações bem diversificadas, desde famílias de baixa a alta renda.

- c) A bacia do sistema Ceará/Maranguapinho, apresenta uma configuração especial retangular. É formada pelo rio Ceará que drena uma área de 555,9 Km², se desenvolvendo no sentido sudoeste – norte ao longo de 52,5 Km e pelo seu tributário mais significativo, o rio Maranguapinho. Nasce na serra de Maranguape e possui uma área de 96,5 Km² e uma extensão de 34 Km, dos quais 15,5 Km estão na área de Fortaleza e vai depositar suas águas a 5 Km da foz do rio Ceará. Esse sistema localiza-se em uma zona predominantemente residencial onde há uma elevada densidade demográfica e uma população de classe renda baixa, o que contribui significativamente para a poluição nessa bacia.

- d) A bacia do rio Pacoti é a de menor área dentre todas, representa uma pequena área do Município de Fortaleza. O rio Pacoti é o principal manancial da região metropolitana de Fortaleza. Nasce na serra de Baturité e percorre 112,5 Km, em geral no sentido sudoeste – nordeste. É uma área de preservação protegida por lei e apresentando um elevado grau de integridade da flora e da fauna e uma vasta paisagem natural com uma cobertura florestal em 104,99 há, em sua maioria mangue e o restante de vegetação de dunas e de dunas móveis e fixas. (P.M.F, 2003).

3.6 Importância da lagoa de Parangaba no contexto hídrico e ambiental de Fortaleza.

Parangaba é um dos lugares mais antigos do Ceará. O nome provém da nação Potiguara fugitiva de sua terra natal (Rio Grande do Norte). Conforme Antônio Bezerra estas aldeias já existiram antes da chegada de Pero Coelho de Sousa para colonizar e explorar o Ceará.

A raça tupy *Parangabas* foi encontrada por Soares Moreno entre 1609 e 1612, aldeada nas proximidades da lagoa “dos parangabas”. O nome Parangaba originou-se da expressão tupi *paraná angaba* que significa “lugar dos brejos” (FAISSOL & MARTINS, 1993). Em tupi – guarani a palavra significa beleza, formosura.

Conforme Ribeiro (1993) apud Oliveira (2000), a denominação aldeia de Parangaba foi dada pelos jesuítas que chegaram ao Ceará por volta de 1663. A aldeia foi chamada posteriormente de Bom Jesus de Parangaba e ficou sobre a responsabilidade de Pe. Jacó Cócleo, da missão jesuíta de Arronches, cuja finalidade era realdear os nativos excedentes do rio Siará. Esses nativos espalharam-se às margens das lagoas de Porangabussu, Aracopé, Cravata, Mondubim e Maraponga, tendo sido transferidos para Parangaba só em 20/10/1759, data em que também foi inaugurada a estação de Parangaba, o primeiro trecho ferroviário do Ceará, com sete quilômetros de extensão.

Ribeiro (1993) afirma ainda que Parangaba foi vila e sede do município que se chamava Arronches, durante 112 anos e dividida em dois períodos: de 1759 a 1835, extinto pelo Presidente José Martiniano de Alencar, e de 1885 a 1921. O último Prefeito de Parangaba nomeado foi Manuel Ramos Sobrinho, exonerado, seguindo-se a decretação de intervenção pelo Presidente Justiniano de Serpa. Neste período foi um centro recolhedor e distribuidor de gado bovino para corte. Foi também um importante município pastoril e de intenso desenvolvimento agrícola, com produção de farinha de mandioca, açúcar e rapadura.

Em 1936, o Prefeito de Fortaleza, Dr. Raimundo Araripe, restaurou a denominação de distrito com a criação da Sub-Prefeitura de Parangaba. A lei de criação do distrito de Parangaba foi a de N° 1.153. (IPECE, 1994).

O processo de urbanização de Parangaba iniciou-se em 1741 quando da posse jesuíta no poder. Neste período foi ampliada a área da aldeia, desmatando, terraplanando, construindo ruas e uma praça de grande porte, além de aproximadamente 150 casas que serviriam para abrigar os índios em substituição às suas malocas. Por volta de 1759, a aldeia foi convertida em vila, criando-se, a partir daí, o Município com suas instituições legais como: A Câmara Municipal, o Poder Judiciário, a Força Militar e a Escola Pública. Quando da inauguração da vila, o nome escolhido foi Vila Nova dos Arronches, substituindo o nome tupi, que muito tempo depois foi restabelecido definitivamente até os dias atuais. (QUEIROZ FILHO, 2005).

O mesmo autor afirma ainda que o bairro, bem como a margem da lagoa, quando do início de sua história, traduzem uma forma de ocupação valorizada. As pessoas que vinham do interior para a capital, tinham a esperança de uma vida melhor tendo em vista que aquela, pauperizada, não mais sustentava a sua condição humana.

Ribeiro (1993), apud Queiroz Filho (2005), afirma que os primeiros egressos vindos para Fortaleza já tinham destino certo, pois já havia familiares que moravam na cidade e encontraram nas proximidades da lagoa de Parangaba uma nova oportunidade. Por conta da “estrada do gado” os animais que ali chegavam eram encurralados obrigatoriamente nos currais da Câmara de Arronches, mediante o pagamento de uma taxa incidida por cada cabeça de gado para os cofres do município, chegando a Parangaba a ter uma receita três vezes superior ao da capital. A partir dali, Parangaba torna-se um lugar de nobreza, contrastando com a aldeia indígena que, aos poucos, foi sendo retirada para dar lugar à instalação e inauguração da vila.

CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

A realização do presente trabalho envolveu diferentes etapas, as quais são apresentadas a seguir:

- 1) Levantamento bibliográfico sobre a área de estudo e sobre o ecossistema lacustre a partir de livros, revistas, notícias de jornal, estudos, projetos, trabalhos científicos apresentados em congressos, monografias e duas dissertações de mestrado. Para tanto foram visitados: Instituto de Pesquisa, Universidades, Órgãos de Controle Ambiental, Séde de Jornais e Instituições Não Governamentais.
- 2) Levantamento cartográfico envolvendo mapas e fotografias aéreas.
- 3) Levantamento do uso e ocupação do solo da área de influencia por intermédio de conversas informais com moradores da área de entorno e usuários.
- 4) Tratamento dos dados obtidos a partir da aplicação de questionários para composição do diagnóstico preliminar de forma conjunta com a SEMAM e o CEFETCE.
- 5) Tratamento de dados da qualidade da água obtidos na SEMAM e CEFETCE para avaliação das condições físicas, químicas e biológicas do corpo d'água.

4.1 Caracterização da área de estudo e do ecossistema aquático

4.1.1 Área de estudo

O município de Fortaleza, com uma área de aproximadamente 313,8 km² está localizado na zona litorânea do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil, a 3° 45' 47" de latitude sul e 38° 32' 35" de longitude oeste, a uma altitude de 26.36m, em relação ao nível do mar. (P.M.F-2004).

Limita-se ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com os municípios de Pacatuba, Eusébio, Maracanaú e Itaitinga; ao leste com o município do Eusébio e o Oceano Atlântico e ao oeste com o município de Caucaia. (P.M.F- 2004).

De acordo com o Censo/IBGE – 2000, a população de Fortaleza era de 2.141.402, o que lhe confere a posição de ser o único município a concentrar 28,82% da população total do Estado

do Ceará. Este percentual coloca a cidade entre as mais populosas do Brasil, ocupando no *ranking* nacional o quinto lugar. (P.M.F- 2004).

O clima da cidade caracteriza-se como tropical quente e úmido com chuvas de verão e outono. A umidade relativa do ar caracteriza-se por um alto índice, com mínima de 73% e máxima de 82%, devendo-se à influência marítima e à alta taxa de evaporação. A estação chuvosa está concentrada nos meses de janeiro a julho, com uma média anual de 1.600 mm aproximadamente, tendo como ponto máximo de precipitação o mês de abril (348mm). Já a estação seca começa de agosto a dezembro, sendo o mês mais seco o de novembro (13mm). Predominam os ventos alísios durante quase todo o ano, com velocidade média de 4,2 m/s. (P. M. F- 2004).

O município recebe altos índices de energia solar cujo calor radiante é suficiente para evaporar uma lâmina d'água de 2,7 mm/dia de altura em qualquer manancial. Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM As taxas de evaporação atingem seu ponto máximo no mês de outubro e as temperaturas de Fortaleza são elevadas durante todo o ano, apresentando uma média anual de 26,6°C. A média das máximas é de 29,9°C e a média das mínimas é de 23,5°C.

Fortaleza possui várias lagoas e rios. Entre as lagoas, as maiores e mais importantes são a de Parangaba, Messejana, Opaia, Maraponga e Porangabussu. Dentre os rios podemos destacar: O rio Ceará que marca a divisa do Município de Fortaleza com o de Caucaia desembocando na praia da Barra do Ceará, local onde aportaram os primeiros portugueses que ali chegaram para colonizar aquelas terras; O rio Maranguapinho, maior afluente do rio Ceará, nasce na serra de Maranguape e tem uma extensão de 34 Km dos quais 17Km passam por dentro de vários bairros da capital. O rio Cocó é o mais importante rio de Fortaleza. É neste rio onde está localizada a área verde mais importante da cidade, o Parque Ecológico do Cocó. O rio Coaçu é o maior afluente do Cocó e divide a capital cearense do Município de Euzébio e o rio Pacotí faz a divisa entre os Municípios de Fortaleza e Aquiraz..(SILVA e CAVALCANTE - 2000).

Visando descentralizar as ações administrativas da Prefeitura e buscando aproxima-las da comunidade, a Prefeitura de Fortaleza reestruturou a gestão territorial do Município em seis regiões administrativas, denominadas Secretarias Executivas Regionais (SER).

O bairro Parangaba (Figura10) está inserido na Secretaria Executiva Regional IV (SER IV), na porção sudoeste do Município de Fortaleza, possuindo uma população de 28.045 habitantes (IBGE 2000) e uma densidade média de 72,04 habitantes/ hectare. O uso do solo é bastante variado, existindo no bairro áreas residenciais, atividades comerciais, de serviços e industriais. O ambiente natural do bairro está totalmente modificado, situação que se reflete na lagoa de Parangaba, um importante captador e reservatório de água da área.

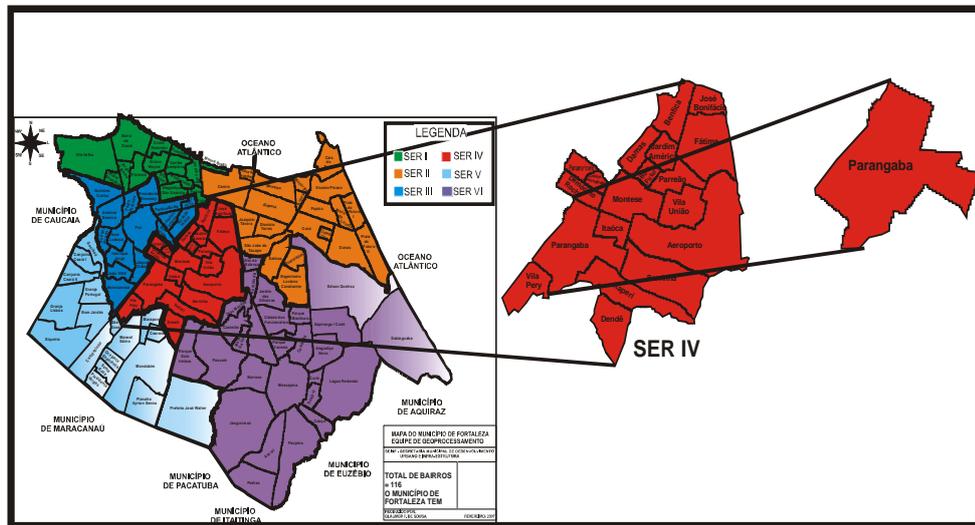


FIGURA 10 – Área de estudo

4.1.2 O ecossistema aquático

A lagoa de Parangaba está inserida na bacia hidrográfica Ceará/Maranguapinho, mais especificamente na sub-bacia C 3.1 (Figura 11) funcionando como superfície coletora de águas, com um espelho d'água de aproximadamente 30,32ha quando referida à cota 17m. Suas águas alimentam o açude Santo Anastácio (açude da Agronomia na UFC) sendo interligado pelo riacho do sangradouro da lagoa de Parangaba (Figura 12) que possui uma extensão de 2,62km, em um percurso que se encontra em parte canalizada e outra a céu aberto.

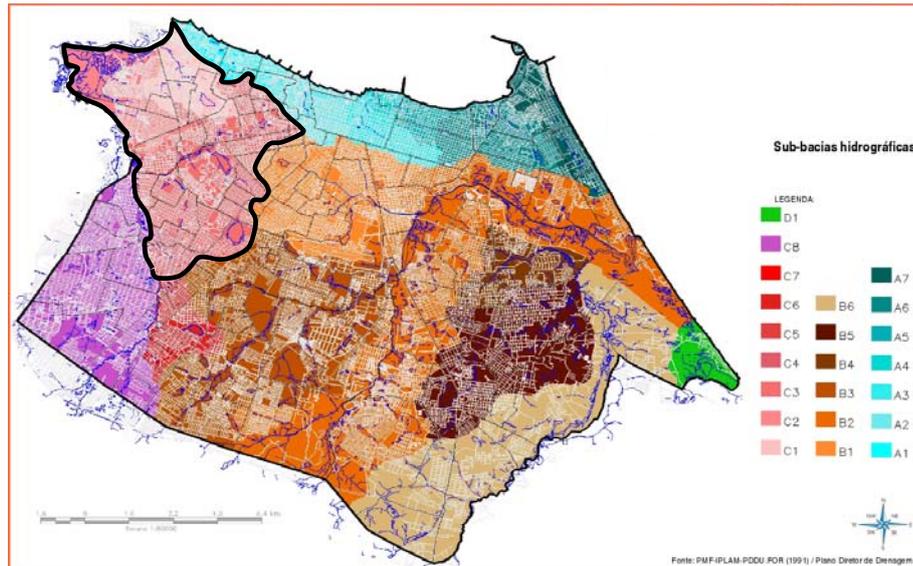


FIGURA 11 – Área de estudo – Sub-bacia C 3.1



Foto: SEMAM - 2006

FIGURA 12– Riacho sangradouro da lagoa de Parangaba. Fortaleza - Ceará

Os usos do ecossistema aquático são diversos, destacando-se:

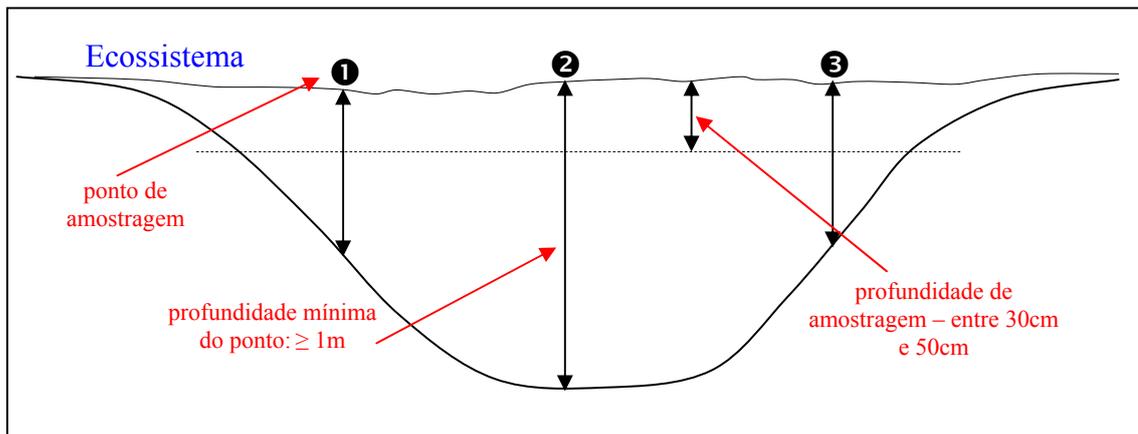
- 1) Atividades desenvolvidas no entorno: comércio, casas de shows, feiras, venda de veículos automotores, atividades de lazer como encontro de estudantes e pessoas idosas nas proximidades da lagoa e atividades físicas como a caminhada, dentre outras.
- 2) Usos diretos: Construção de residências na área de preservação da lagoa, a pesca, a exploração agrícola de subsistência, banho de animais como bovinos e eqüinos.

4.2 Aspectos metodológicos para a caracterização da qualidade da água.

Os dados de qualidade de água foram obtidos no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias por intermédio da parceria CEFETCE/P.M.F.

4.2.1 Pontos de amostragem

Foram estabelecidos, para a lagoa de Parangaba, três pontos de coleta, como mostra o desenho esquemático da Figura 13, sendo dois de margem (localizados na entrada do tributário principal e no sangradouro) e um de centro, todos com profundidade mínima de 1m, objetivando conhecer a influencia da contaminação da água por ação antrópica na margem e seu alcance em relação ao centro desse ecossistema.



FONTE: CEFET-CE

FIGURA 13 – Desenho esquemático mostrando pontos de coleta, profundidade de amostragem e profundidade mínima de cada ponto.

O quadro 1 apresenta os pontos de amostragem e referidas coordenadas UTM e Geográficas.

QUADRO 1 - Coordenadas UTM e Geográficas dos pontos de amostragem da lagoa de Parangaba

| LAGOA | PONTOS DE AMOSTRAGEM | COORDENADAS | |
|-----------|---|-------------------|--------------------------|
| | | UTM | GEOGRÁFICAS |
| Parangaba | Ponto1 (PA1)-Entrada Tributário Principal | 0547936 / 9583392 | 3°46'140" S /38°34'090"W |
| | Ponto2 (PA2)-Centro | 0548166 / 9583492 | 3°33'977" S/ 38°46'085"W |
| | Ponto3 (PA3)-Sangradouro | 0548242 / 9583890 | 3°45'870" S /38°33'932"W |

4.2.2 Parâmetros físicos, químicos e biológicos selecionados, caracterização e monitoramento do ecossistema.

No quadro 2, são representados os parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados para caracterização e monitoramento da qualidade da água da lagoa de Parangaba.

QUADRO 02 - Parâmetros analisados,.

| Parâmetros |
|---|
| Temperatura (°C) (*) |
| Transparência de Secchi (m) (*) |
| pH (*) |
| Turbidez (uT) (*) |
| Cor Verdadeira (uH) (*) |
| Condutividade Elétrica (µS/Cm) |
| Sólidos Totais (mg/L) |
| Sólidos Suspensos Totais (mg/L) |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) (*) |
| Óleos e Graxas (mg/L) (*) |
| Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L) |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) (*) |
| DBO ₅ (mg/L) (*) |
| Fósforo Total (mg/L) (*) |
| Sulfatos (mg/L) (*) |
| Sulfeto Livre (mg/L) (*) |
| Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L) (*) |
| Nitrato (mg/L) (*) |
| Clorofila "a" (µg/L) (*) |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) (*) |
| <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL) (*) |

(*) Parâmetros previstos na Seção II, Artigo 14º e 15º da Resolução CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005
Fonte: LIAMAR – CEFETCE

4.2.3 Período de amostragem e frequência;

O período de amostragem abordado neste trabalho compreende o segundo semestre do ano de 2006, estação de estiagem das chuvas, de Agosto a Dezembro, sendo feitas as coletas frequentemente nos finais de semana, com distribuição horária entre 11h00min e 12h30min.

4.2.4 Procedimentos de amostragem;

O meio utilizado para colher as amostras foi um Barco Marca Metalglass, Modelo Aruak – 500 – Premium, de 5m de comprimento, com capacidade para 4 pessoas e carga máxima de 0,47 ton; equipado com motor de rabeta Marca Honda, Modelo GX 270 e potência de 9

hp.(Figura14) Foram coletadas amostras de superfície e na profundidade entre 30 e 50 cm. Para a coleta das amostras foram utilizados frascos especiais conforme o parâmetro a ser analisado, como mostra o quadro 03.



Foto: CEFET - CE

FIGURA 14 – Barco utilizado na coleta das amostras.

Após a coleta, as amostras são acondicionadas em caixas térmicas (temperatura entre 4° e 10°C) e encaminhadas ao Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do CEFETECE – LIAMAR – CEFET-CE para processamento imediato e adequada preservação e as variáveis Temperatura e Transparência são analisadas *in loco*.

As metodologias analíticas e técnicas de preservação das amostras seguiram, de um modo geral as diretrizes estabelecidas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20ª Edição, 1998*.

QUADRO 3 - Tipos de recipientes para coleta de amostras.

| PARÂMETROS | TIPO DE FRASCO |
|--|---|
| Óleos e Graxas | Frascos de vidro com capacidade para 800 mL de boca larga |
| Oxigênio Dissolvido | Frascos de DBO, em borosilicato com capacidade em torno de 300mL |
| Sulfeto | Frasco de vidro com âmbar com capacidade para 500mL |
| Alcalinidade, Dureza, Sulfato, DQO, Cálcio, Magnésio e Cloretos. | Frasco de plástico com capacidade de 2L completamente cheio |
| Demais parâmetros | Baldes plásticos com capacidade de 5L, com fecho hermético previamente descontaminados com HCl 10% por 24 h |

Fonte: LIAMAR – CEFETCE

4.2.5 Tratamento dos dados.

QUADRO 4 - Parâmetros analisados, Metodologias Analíticas e Referências.

| Parâmetros | Metodologias | Referências |
|---|--|--|
| Temperatura (°C) (*) | Termômetro com filamento de mercúrio 0° - 60° | APHA <i>et al.</i> , 1998 ⁽¹⁾ |
| Transparência de Secchi (m) (*) | Visualização em disco de Secchi | |
| pH (*) | Potenciômetro | |
| Turbidez (uT) (*) | Turbidimétrico | |
| Cor Verdadeira (uH) (*) | Colorimétrico | |
| Condutividade Elétrica (µS/Cm) | Candutivimétrico | |
| Sólidos Totais (mg/L) | Secagem a 103°C - 105°C | |
| Sólidos Suspensos Totais (mg/L) | Filtração a vácuo com membranas de fibra de vidro 0,45mm de porosidade - secagem a 103°C - 105°C | |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) (*) | Filtração a vácuo com membranas de fibra de vidro 0,45mm de porosidade - secagem a 103°C - 105°C | |
| Óleos e Graxas (mg/L) (*) | Gravimétrico com extração em sohxlet com hexano | |
| Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L) | Titulométrico - Potenciométrico | |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) (*) | Método de Winkler - Azida Modificada - Iodometria | |
| DBO ₅ (mg/L) (*) | Frascos Padrões - Iodometria | |
| Fósforo Total (mg/L) (*) | Espectrofotométrico - Ácido Ascóbio | |
| Sulfatos (mg/L) (*) | Turbidimétrico | |
| Sulfeto Livre (mg/L) (*) | Iodométrico | |
| Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L) (*) | Espectrofotométrico - Destilação em Macro - Kjeldahl seguida de Neslerização Direta | APHA <i>et al.</i> , 1989 ⁽²⁾ |
| Parâmetros | Metodologias | Referências |
| Nitrato (mg/L) (*) | Espectrofotométrico - Solícilato de Sódio | RODIER, 1975 ⁽³⁾ |
| Clorofila "a" (µg/L) (*) | Espectrofotométrico - Extração a quente com Metanol | JONES, 1979 ⁽⁴⁾ |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) (*) | Tubos Múltiplos de Meio A1 | APHA <i>et al.</i> , 1998 ⁽¹⁾ |
| <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL) (*) | Substrato Cromogênico- ONPG-MUG | |

(1) AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERAL – WEF. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20ed. Washington D C: APHA, 1155p.

(2) AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERAL – WEF. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17ed. Washington D C: APHA, 1587 p.

(3) RODIER, J (1975). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 5ed. Paris: Dunod, V.1, 629p

(4) JONES, J.G.(1979). A Guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in fresh water. London: Fresh Waters Biological Association, n.39, 112p.

(*) Parâmetros previstos na Seção II, Artigo 14º e 15º da Resolução CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005
Fonte: LIAMAR – CEFETCE

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise comparativa das informações sobre as condições ambientais da Lagoa de Parangaba.

Conforme levantamento bibliográfico realizado e atualização em campo obteve-se as seguintes informações ambientais atualizadas sobre o ecossistema.

A geologia da região da lagoa de Parangaba é formada por aluviões e rochas sedimentares do grupo Barreiras. Seu relevo inclui a planície aluvial e tabuleiro pré-litorâneo com áreas planas e suavemente onduladas. Apresenta solo predominantemente podzólico vermelho – amarelo distrófico com textura arenosa e granulação média correspondente a areias aluvionares, siltes e argilas. (CAGECE. 2002).

A vegetação, característica da área, hoje praticamente inexistente, era representada por florestas de tabuleiros, vegetação ciliar e mata lacustre. Atualmente ocorre, no entorno do corpo hídrico, plantas exóticas onde se alternaram árvores de grande porte como (mangueiras, azeitoneiras, coqueiros), gramíneas (Figura 15), macrófitas fixas como taboa (*thpheaceae* da espécie *Typha domingensis*) (Figura 16), junco (especialmente *juncus effusus*) e macrófitas como aguapé (*Eichornia crassipes*) (Figura 17) e alface d'água (*Pistia sp.*).



Foto do autor: 2005

FIGURA 15 – Variação da cobertura vegetal exótica da Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE.



Foto do autor: 2007

FIGURA 16 – Macrófita fixa (*Typha domingensis*) na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE.



Foto do autor: 2007

FIGURA 17 – Macrófita flutuante (*Eichornia crassipes*) na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE.

Das espécies faunísticas remanescentes é importante ressaltar a presença das aves anum branco (*Guira guira*), anum preto (*Crotophaga ani*), rolinha caldo de feijão (*Columbina talpacoti*), os mamíferos: soim (*Galhithrix jacchus*), cassaco (*Didelphis albiventris*); os répteis: jacaré (*Caiman sp.*), camaleão (*Iguana iguana*), cobra d'água *Helicops leopardinus*; e os anfíbios como: gíria (*Leptodactylus spp*), cururu (*Bufo sp*).

A Figura 18 apresenta alguns representantes da fauna local

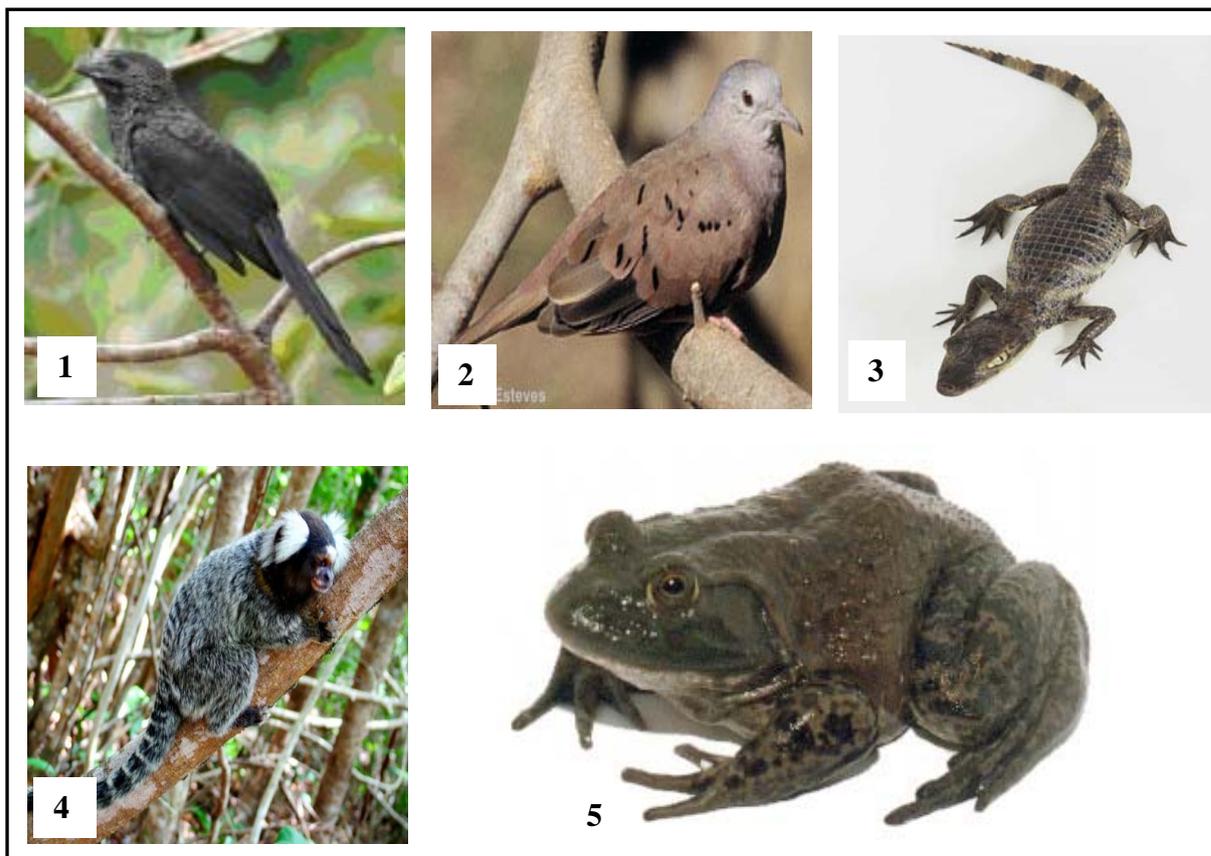


FIGURA 18 - Representantes da fauna da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE: 1 - anum preto (*Crotophaga ani*), 2 – rolinha caldo de feijão – (*Columbina talpacoti*), 3 - jacaré (*Caiman sp*), 4 – soim (*Galitrix jacchus*), 5 – gia (*Leptodactylus spp*)

Levantamentos realizados por instituições públicas Estadual e Municipal de meio ambiente e por uma Universidade pública nos anos de 1995, 2000, 2002, 2003 e 2006, com o propósito de verificar a situação ambiental da lagoa de Parangaba, incluíram aplicação de questionários com a comunidade que morava na área de influência da lagoa. Foram constatadas várias informações, das quais foram consideradas mais pertinentes:

- a) problemas das ocupações irregulares dentro da APP (Área de Preservação Permanente) da lagoa, destacando-se: residências (Figura 19), casas de show (Figura 20), madeireira e algumas indústrias, contribuindo diariamente com o aporte de efluentes que provocam o aumento de matéria orgânica, nutrientes e substâncias recalcitantes que são responsáveis pelo assoreamento, (Figura 21) avanço da eutrofização, diminuição do oxigênio no período noturno e outros desequilíbrios do corpo hídrico.



Foto do autor: 2005

FIGURA 19 – Residências construídas dentro da APP da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE 2005.



Foto do autor: 2007

FIGURA 20 – Casa de show construída dentro da APP da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE.



Foto do autor: 2005

FIGURA 21 – Assoreamento na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

b) A área é dotada parcialmente de rede pública de esgoto, entretanto boa parte do sistema compõe-se de fossas – sumidouros e estações de tratamento compactas e de baixa eficiência, no âmbito condominial. Ressalta-se que estas residências multifamiliares aumentaram cerca de 50% no período de 1995 a 2006.

c) O acúmulo de resíduo sólido ao longo de sua margem (Figura 22) é ocasionado principalmente pela falta de conscientização da comunidade local, para depositarem seus resíduos em locais que facilitem o recolhimento pelo serviço de coleta sistemática de lixo.



Foto do autor: 2005

FIGURA 22 – Resíduos sólidos depositados na margem da lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE - dezembro de 2005.

d) Os dados foram coletados no período de estiagem e observou-se que a lagoa sangrava por todo o período seco (Figura 23), demonstrando, dessa forma, que há um aporte contínuo de efluentes carreado para dentro do ecossistema aquático deixando quase constante a área do espelho d'água. Observou - se também que em alguns trechos, principalmente próximo das ocupações na área de APP, há presença de odor característico de águas poluídas.



Foto: SEMAM - 2006

FIGURA 23 – Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE sangrando no período de agosto a dezembro de 2006.

e) Houve também um incremento considerável nas diversas atividades econômicas que ocorrem na área de entorno. Nas atividades comerciais ocorreu a implantação de novos empreendimentos, como: supermercados, mercadinhos, restaurantes, lanchonetes, oficinas, dentre outras. Observou-se também o aumento de escolas, de agências bancárias, etc.

f) O pólo de lazer, onde funcionam as feiras dos pássaros e de veículos (Figura 24), está em péssimas condições de uso e de conservação há muito tempo. Nesta área várias atividades irregulares podem ser encontradas e que contribuem ativamente para a poluição da lagoa. São exemplos dessas atividades os “trailers” adaptados para lanchonetes (Figura 25) sem instalações hidrosanitárias, de modo que a água servida é lançada diretamente na lagoa; lavagem de animais e especialmente, lavagem de automóveis, provocando o carreamento de óleo e hidrocarbonetos para o meio aquático.



Foto: SEMAM - 2006

FIGURA 24 – Feira de automóveis na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE.



Foto: SEMAM - 2006

FIGURA 25 – Trailer adaptado para lanchonete na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

Com base nestes dados, observa-se que as múltiplas ações danosas ao ecossistema são as mesmas observadas há tempos e continuam agravando a sua condição ecológica. Por outro lado ações foram realizadas para minimizar estes impactos, das quais podem ser destacadas:

a) a recuperação da calçada ao redor da lagoa ; b) a retirada das plantas aquáticas do espelho d'água e do excesso de vegetação de sua margem, e c) o plantio de diversas árvores. Estas ações foram realizadas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza entre 2005 e 2006.

Partindo da aplicação de 68 questionários realizados pela SEMAM, com participação efetiva da equipe do LIAMAR/CEFETCE percebeu-se que a comunidade anseia por ações mais firmes e permanentes como fiscalização, manutenção da limpeza e iluminação, garantia de

segurança (41%); reurbanização (27%); esgotamento sanitário (11%), ampliação das áreas de lazer (7%), desocupação de toda a APP (7%) e promoção de ações de educação ambiental na área (7%).

5.2 Aspectos físicos e qualidade da água da Lagoa de Parangaba.

De acordo com a Lei 7987, de 23/12/1996, Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), a área de preservação da lagoa (Figura 26) está limitada pelas Av / ruas José Bastos, rua Paraíba, Amapá, Av. Carneiro de Mendonça, Av. João Pessoa, Av. General Osório de Paiva, Rua. Gomes Brasil, até alcançar a Av. Carneiro de Mendonça, seguindo por essa avenida até a Av. José Bastos, prolongando-se até o ponto inicial.



Foto: GOOGLE – 2007

FIGURA 26 –Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE - Área de preservação

O solo do seu entorno ficou dividido em duas categorias pelo Decreto Estadual nº 15.274 de 25/05/1982, o qual decreta de 1ª categoria a área compreendida entre a cota 21 m, a Av. José Bastos; a Av Carneiro de Mendonça e o 4º anel viário, tendo como uso e atividades permitidas pela Lei Estadual Nº 10.147 de 01/12/1977, a pesca; a exploração agrícola sem uso de defensivos ou fertilizantes agrícolas; o excursionismo; a natação; os esportes náuticos, dentre outros. A faixa com largura mínima de 500m é considerada de 2ª categoria, podendo ser autorizada a construção de residências, comércios, indústrias e atividades como recreação, exploração agrícola ou extração vegetal, florestamento ou reflorestamento. Nesta área não será permitida a construção de estabelecimentos hospitalares e laboratoriais que possam despejar efluentes contaminados com microrganismos patogênicos, salvo se este for tratado adequadamente por um sistema público de esgotos.

Conforme os dados do projeto SANEAR II, o sistema de saneamento básico da lagoa insere-se na sub-bacia SD-8, que compreende parte dos bairros de Parangaba, Jockey Clube, Demócrito Rocha, Pan-americano, Couto Fernandes, Bela Vista e Pici; Limitando-se ao norte pela Av. Mister Hull, à nordeste por parte do bairro Amadeu Furtado, ao leste pela Av. Humberto Monte com José Bastos, ao sul pelo limite do bairro da Parangaba, à sudoeste pelo Jockey Clube e ao oeste pelo Campus do Pici. (CAGECE – 2002).

Conforme o diagnóstico batimétrico realizado pela SEMAM em parceria com o Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) a lagoa apresenta hoje as seguintes características físicas:

QUADRO 5 – Resumo das principais características físicas da lagoa de Parangaba

| LAGOA DE PARANGABA - DADOS BATIMÉTRICOS | | | | | | | | |
|---|------|----------------|----------------|-----------|------------------|------|------|----------------|
| Nº DE PONTOS | | ESPELHO D'ÁGUA | | PERÍMETRO | PROFUNDIDADE (m) | | | VOLUME |
| TOTAL | P/ha | ha | m ² | m | MAX | MED | MIN | m ³ |
| 2064 | 51 | 40,7 | 4.070 | 2.700 | 4,92 | 2,77 | 0,52 | 1.190.000 |

FONTE: P.M.F / SEMAM. 2006

O referido estudo envolveu levantamento de aproximadamente 41 pontos por hectare. Com base nesses dados, obsevou-se que a área do espelho d'água (40,70 ha) é superior ao encontrado por PMF/SEMAM (2003), 30,32 ha. Outro ponto importante é que a profundidade da lagoa varia de 0,52 m à 4,92 m com média de 2,77 m, acumulando um volume de 1.190.000 m³ de água, revelando-a como uma das maiores de Fortaleza. Possui um perímetro de 2.700 m e uma área com potencial para a aqüicultura de 4.070 m², perdendo somente para a lagoa da Sapiranga com 4.230 m².(Figura 27).

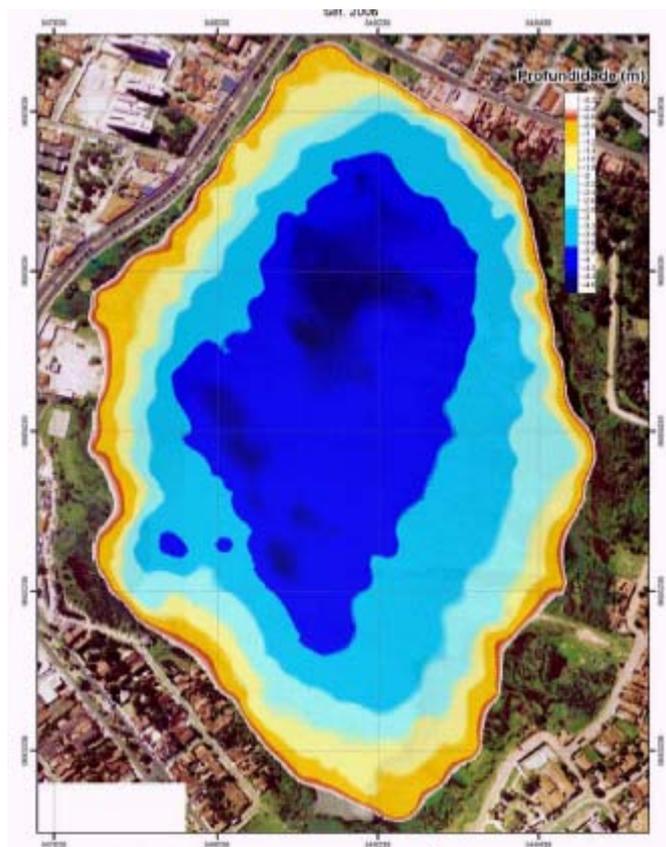


Foto: SEMAM - 2006

FIGURA 27 –Lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE - Batimetria

A avaliação preliminar da qualidade de água da lagoa de Parangaba teve como diretriz uma discussão integrada dos dados, evidenciando-se os parâmetros que exerceram maior influência nos principais eventos determinantes das condições ambientais e sanitárias do manancial, correspondendo a: matéria orgânica, poder de tamponamento, metabolismo fotossintético, nutriente e indicadores de contaminação fecal. Conforme dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, o período de monitoramento se enquadrava na estação seca, cuja pluviometria totalizou 17,8 mm, tomando-se como referência o posto pluviométrico de Mondubim, mais próximo da área de estudo.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios mensais e a média da lagoa para os diversos parâmetros monitorados.

TABELA 1 – Valores médios mensais e média da lagoa para diferentes parâmetros avaliados na lagoa de Parangaba no período de Agosto a Dezembro de 2006.

| PARÂMETROS | MÉDIAS MENSAIS | | | | | MÉDIA LAGOA | DESVIO PADRÃO | MÍNIMO | MÁXIMO |
|--|----------------|----------|---------|----------|----------|-------------|---------------|--------|--------|
| | AGOSTO | SETEMBRO | OUTUBRO | NOVEMBRO | DEZEMBRO | | | | |
| Temperatura (°C) | 29,0 | 28,7 | 29,7 | 29,7 | 32,3 | 29,9 | 1,422 | 28,7 | 32,3 |
| Transparência (m) | 0,33 | 0,23 | 0,27 | 0,17 | 0,30 | 0,26 | 0,062 | 0,17 | 0,33 |
| pH | 8,5 | 8,5 | 8,6 | 8,8 | 8,8 | 8,6 | 0,152 | 8,5 | 8,8 |
| Turbidez (uT) | 19 | 21 | 19 | 23 | 18 | 20 | 2,000 | 18 | 23 |
| Sólidos Totais Voláteis (mg/L) | 209 | 162 | 166 | 239 | 149 | 185 | 37,676 | 149 | 239 |
| Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L) | 17 | 28 | 19 | 64 | 24 | 30 | 19,269 | 17 | 64 |
| Óleos e Graxas (mg/L) | 11,6 | 5,0 | 8,4 | 10,0 | 3,3 | 7,7 | 3,451 | 3,3 | 11,6 |
| Alcalinidade Total (mg/L) | 120 | 120 | 146 | 159 | 123 | 133 | 17,897 | 120 | 159 |
| DQO (mg/L) | 96 | 95 | 111 | 62 | 56 | 84 | 23,780 | 56 | 111 |
| DBO ₅ (mg/L) | 63 | 73 | 78 | 31 | 27 | 54 | 23,850 | 27 | 78 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | 9,4 | 8,4 | 9,7 | 7,8 | 8,6 | 8,8 | 0,769 | 7,8 | 9,7 |
| Amônia Total (mg/L) | 0,094 | 0,215 | 0,386 | 0,074 | 0,321 | 0,218 | 0,137 | 0,074 | 0,386 |
| Nitrogênio Orgânico (mg/L) | 2,5 | 3,2 | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 1,6 | 0,270 | 2,5 | 3,200 |
| Nitrato (mg/L) | 0,370 | 0,172 | 0,063 | 0,190 | 0,156 | 0,190 | 0,112 | 0,063 | 0,370 |
| Fósforo Total (mg/L) | 0,70 | 0,33 | 0,27 | 0,34 | 0,30 | 0,39 | 0,177 | 0,27 | 0,700 |
| Ortofosfato Solúvel (mg/L) | 0,10 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,035 | 0,01 | 0,100 |
| Polifosfato (mg/L) | 0,20 | 0,14 | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,030 | 0,12 | 0,200 |
| Clorofila "a" (µg/L) | 25,4 | 30,9 | 20,6 | 26,5 | 17,0 | 24,1 | 5,393 | 17 | 31 |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) | 5.799 | 46.261 | 14.267 | 26.916 | 69.521 | 32.553 | 25673 | 5799 | 69521 |
| <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL) | 3.752 | 7.464 | 6.257 | 7.606 | 23.356 | 9.687 | 7796 | 3752 | 23356 |

Fonte: LIAMAR – CEFETCE

A seguir, apresenta-se a referida discussão integrada dos dados agrupando os parâmetros conforme os principais eventos.

5.2.1 Matéria orgânica

De acordo com a análise preliminar da matéria orgânica presente na lagoa (Figura 28) observou-se que durante o período de monitoramento, o teor de matéria oxidável (DQO) apresentou-se elevado (84 mg/L, em média), com um desvio padrão de 23,7 do qual, em torno de 64% ($DBO_5^{20^\circ} = 54 \text{ mg/L}$) é biodegradável, ultrapassando em mais de cinco vezes o padrão legal ($\leq 5 \text{ mg/L}$). Os valores máximos foram atingidos em outubro, provavelmente sob influência de aporte pontual significativo a partir de um tributário principal. Em valores médios, as frações voláteis de sólidos dissolvidos e suspensos (Figura 29), comprovam este comportamento (15 mg/L e 30 mg/L, respectivamente). O teor de turbidez, mais expressivo no mês de novembro (23 uT), também demonstra a entrada de material suspenso de forma contínua, embora não tenha ultrapassado o padrão legal para águas doce de classe II (100uT).

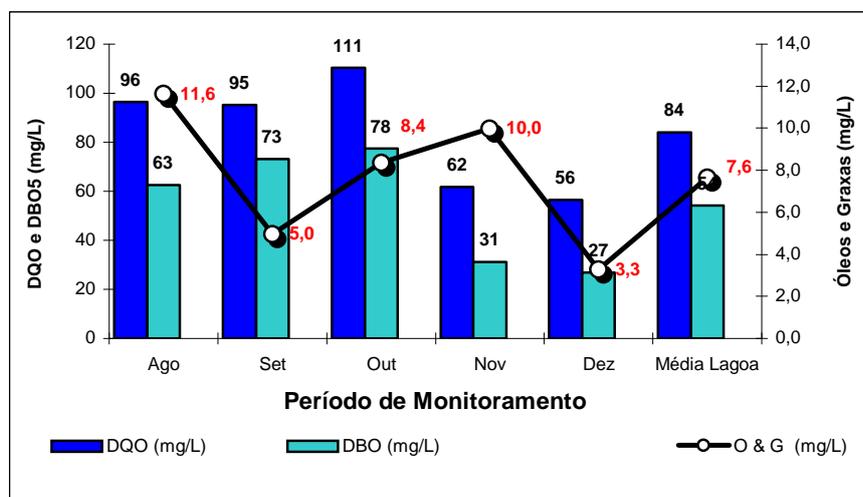


FIGURA 28 – Variação da DQO, DBO_5 e do teor de óleos e graxas na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

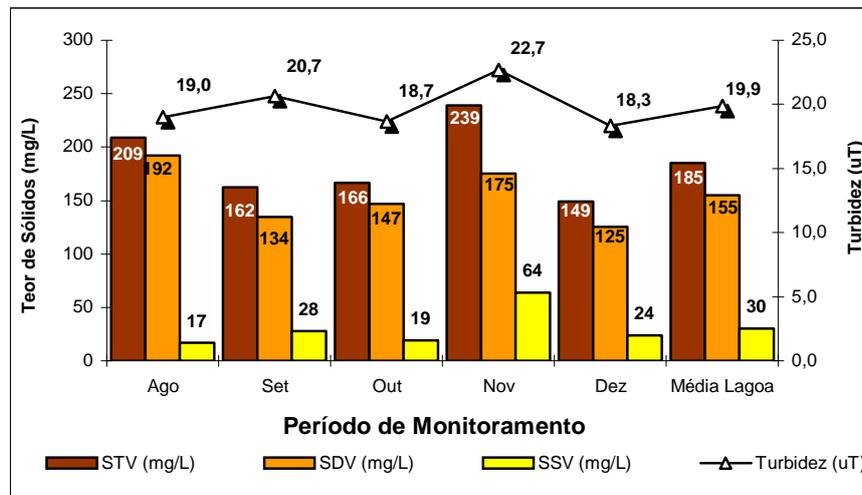


FIGURA 29 – Variação do teor de sólidos (totais voláteis, dissolvidos voláteis e suspensos voláteis) e da turbidez na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

5.2.2 Poder de tamponamento

O pH da lagoa aumentou gradativamente ao longo do período de monitoramento, comportamento semelhante observado em relação à alcalinidade total (Figura 30), com exceção do mês de dezembro, quando se observou um declínio de aproximadamente 25%. O aumento gradativo do pH (de 8,5 para 8,8), com um desvio padrão de 0,15 % mostra o avanço do processo de eutrofização, pois já se aproxima do limite superior do padrão legal (6,0 a 9,0). Isso ocorre pela excessiva produção primária, que desequilibra o sistema carbônico pelo consumo excessivo de espécies carbônicas (CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}), prejudicando o tamponamento do ecossistema, se refletindo na modificação das formas de alcalinidade.

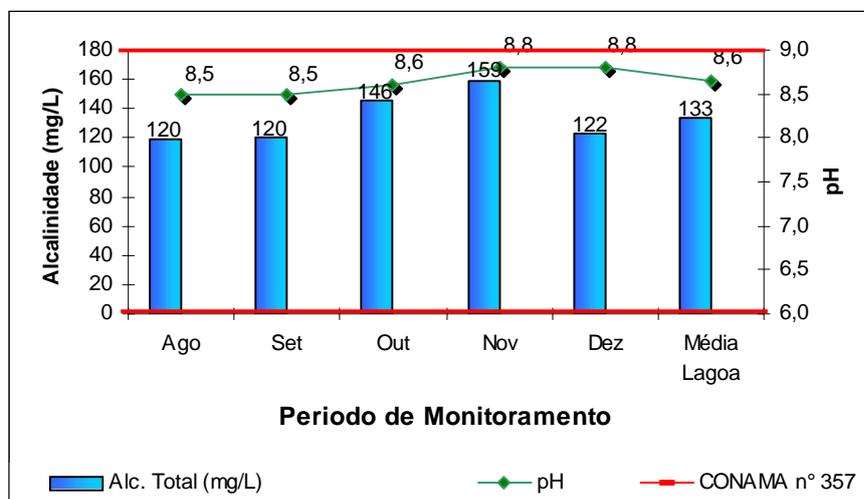


FIGURA 30 – Variação da alcalinidade e pH na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

5.2.3 Metabolismo fotossintético

Considerando a hora da coleta (entre 11:00 e 12:00), pôde-se observar que o metabolismo fotossintético da lagoa manteve-se acelerado em função da maior disponibilidade dos nutrientes advindos da mineralização da matéria orgânica. Isto se comprova pela elevada oxigenação do corpo hídrico, ($OD = 8,8$ mg/L, em média), significativo teor médio de clorofila “a” (24 mg/L) (Figura 31), valores baixos de transparência (0,26 m) e relativamente elevados de turbidez (20 ut) (Figura 32), corroborado pelos teores médios de SST (40mg/l). Observou-se também que com os baixos valores de transparência, a zona eufótica (onde predomina a síntese de matéria orgânica e a distribuição da radiação fotossintética ativa) é muito restrita (aproximadamente em média 0,78m), demonstrando, que em grande parte da coluna d’água predominam os metabolismos anóxico e anaeróbio (Figura 33)

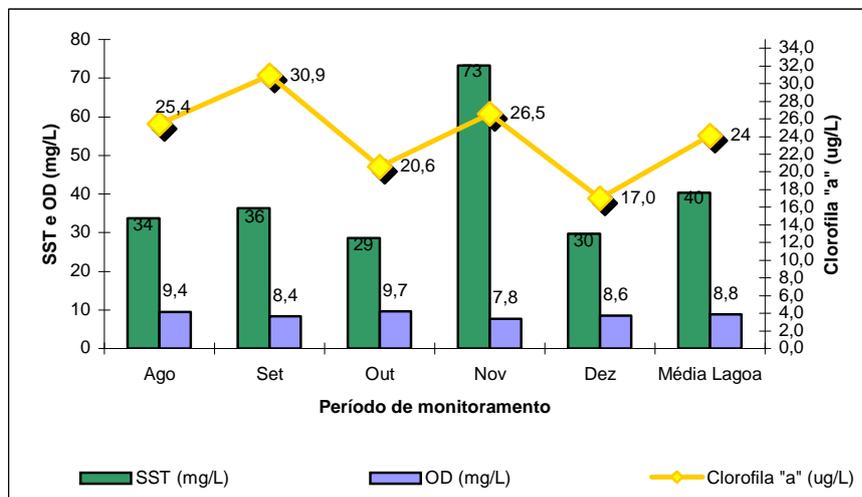


FIGURA 31 – Variação de Sólidos Suspensos Totais, Oxigênio Dissolvido e Clorofila "a" na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

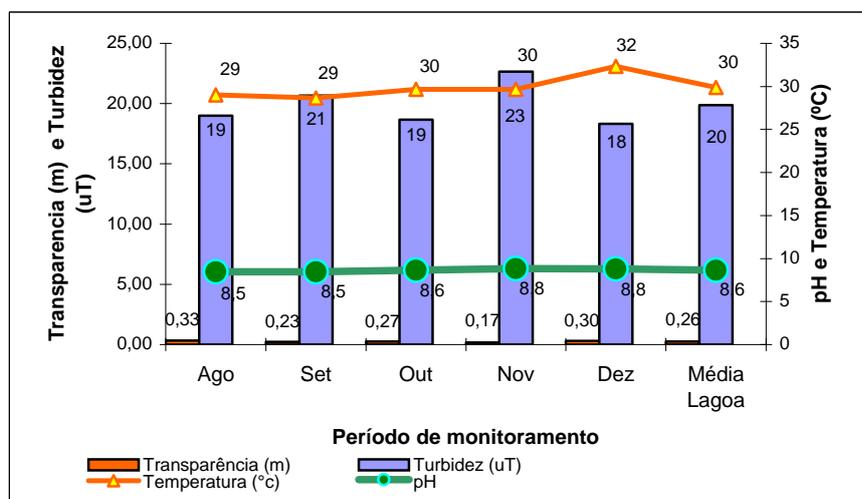


FIGURA 32 – Variação da Transparência, turbidez, temperatura e pH na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

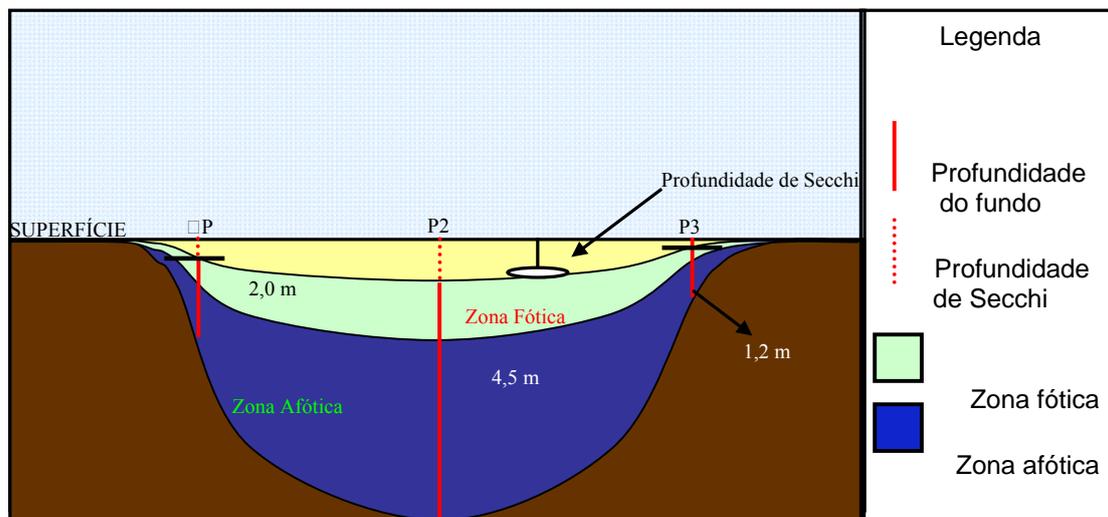


FIGURA 33 – Quadro esquemático mostrando profundidade de Secchi, profundidade dos pontos e zona fótica e afótica da lagoa de Parangaba, Fortaleza – CE, no período de agosto à dezembro de 2006

5.2.4. Nutrientes

A avaliação dos nutrientes permitiu observar que no período de monitoramento do ecossistema, o teor de fósforo total (Figura 34) se apresentou em média elevado (0,38 mg/L). Destes valores, 52,6% (0,20 mg/L) é de fósforo orgânico. Os valores médios de OPS foram 7,9% (0,03 mg/L) do fósforo total, forma disponível para ser diretamente assimilado pelos organismos. Observou-se também que 0,15 mg/L, ou seja, 39,5%, em média, do fósforo total é composto por poli fosfato, material presente em detergentes, e outros surfactantes vindo a demonstrar que há um carreamento de efluentes ricos em detergentes para a lagoa, oriundos principalmente de efluentes domésticos. Em relação ao nitrogênio, (Figura 35) observou-se que, em média, os valores de nitrogênio orgânico são elevados (3,0 mg/L). Observou-se também que durante o período de monitoramento os valores médios dos teores de amônia e nitrato se aproximaram, sendo que a amônia teve seu maior valor no mês de outubro (0,39 mg/L), chegando a uma taxa máxima no período, de 78% do valor legal (0,5 mg/L, para pH > 8,5), tal fato demonstra que o aporte de material nitrogenado, via esgoto doméstico, é contínuo, de modo que sua degradação, embora contínua, não supera o aporte. Esse carreamento pode provocar o aumento progressivo da amônia livre, que é tóxica aos peixes, podendo causar a mortandade eventual.

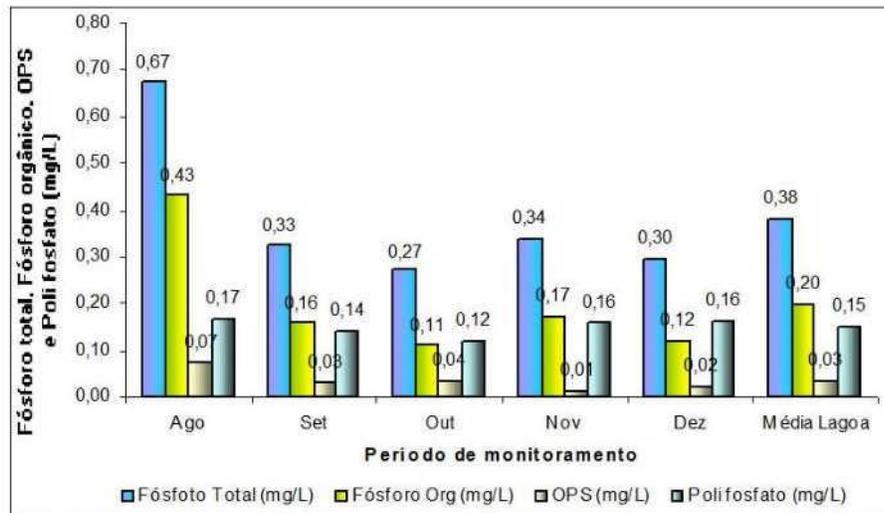


FIGURA 34 – Variação de Fósforo total, orgânico, Ortofosfato solúvel e Poli fosfato na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

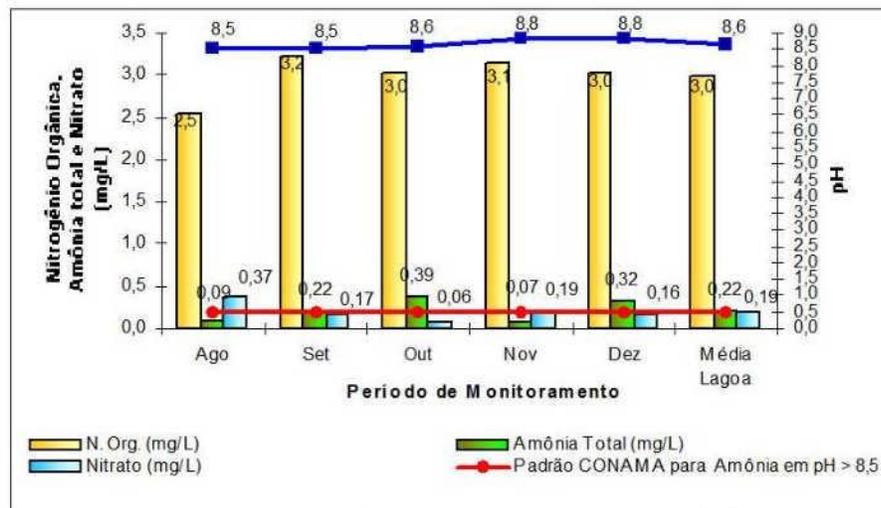


FIGURA 35 – Variação de nitrogênio orgânico, amônia total, nitrato e pH na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

5.2.5. Indicadores de contaminação fecal

Durante o período de monitoramento da lagoa, observou-se que o teor de CTT (Figura 36) presente ficou muito acima do padrão legal para águas de classe II (≤ 1000 NMP/100mL). Os dados colhidos apresentam uma curva ascendente iniciando no mês de agosto com os valores mais baixos do período (5799 NMP/100mL em média), culminando com maiores valores em dezembro (69521 NMP/100mL em média), com um desvio padrão de (25.663 NMP/ 100mL) provavelmente influenciado por um aporte pontual significativo a partir de um tributário. Desse contingente de CTT analisado, observou-se que há predominância de *Escherichia.coli*, que é o indicador por excelência de contaminação fecal. Tal fato comprova que, em sua maioria, o aporte pontual na lagoa é água residuária doméstica.

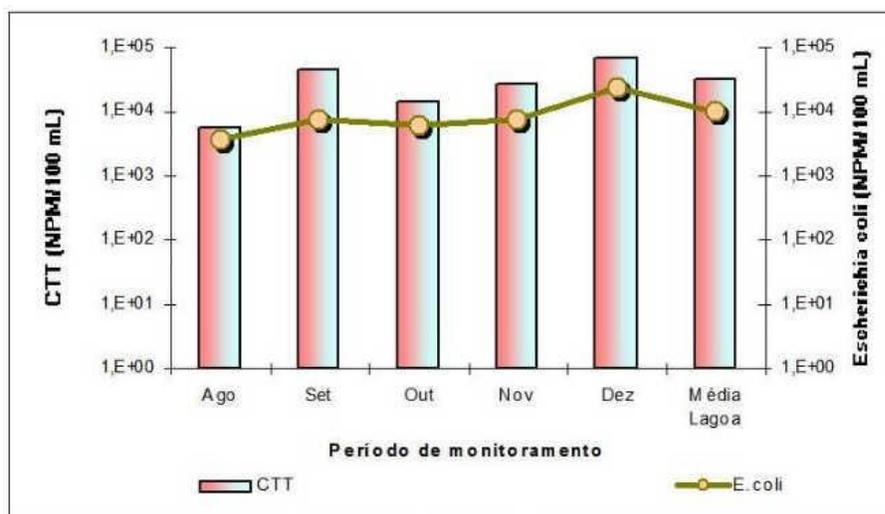


FIGURA 36 – Variação de Coliformes termo tolerantes e de *Escherichia coli* na lagoa de Parangaba – Fortaleza-CE no período de agosto a dezembro de 2006.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos no estudo da lagoa de Parangaba permitiram avaliar que o ecossistema está inserido em uma área cuja urbanização está extremamente consolidada, ocorrendo diversas ações que ao longo dos anos vêm provocando alterações na qualidade da água do manancial e o avanço do processo degradativo do ecossistema aquático. Isso pode ser observado nos resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas, que demonstram que a qualidade da água sofre influências diretas dos aportes exógenos que ali chegam.

Entre as principais conseqüências resultantes das ações antrópicas sobre o manancial, observadas durante o período de monitoramento, pode-se destacar:

- a) A contribuição diária de efluentes domésticos em sua maioria e de pequenas indústrias, provocando o aumento da matéria orgânica e de nutrientes, que provocam o assoreamento, a eutrofização e outros desequilíbrios no corpo hídrico;
- b) Que o incremento das atividades econômicas no seu entorno tem contribuído para aumentar a produção de resíduos sólidos, que na maioria dos casos são lançados na sua margem, intensificando a poluição do manancial.

Dos resultados analíticos dos parâmetros que exercem maior influência nas condições ambientais e sanitárias do manancial, observou-se que:

- a) Ocorre carreamento de material suspenso de forma contínua, contribuindo para o aumento do teor de matéria orgânica e outros materiais oxidáveis, mas nem sempre biodegradáveis;
- b) O metabolismo fotossintético manteve-se acelerado em função da maior disponibilidade de nutrientes, evidenciado pelo excesso de macrófitas, fitoplâncton, elevada oxigenação e elevada turbidez;
- c) Quanto aos nutrientes da lagoa, observou-se que 39,5%, em média, do fósforo total é composto por polifosfato, material presente em detergentes, vindo a demonstrar que há aporte de efluentes rico em detergentes para a lagoa.

- d) O nitrogênio amoniacal foi a fração de maior destaque, superando o limite legal em pelo menos 78%. Tal fato demonstrou o caráter contínuo do aporte de material nitrogenado, via esgoto doméstico;
- e) O teor de CTT presente no manancial ficou muito acima do padrão legal para águas doces de classe II, com predominância da espécie *Escherichia coli*, o principal marcador deste tipo de contaminação;

Para que haja uma melhora na situação do manancial, recomenda-se:

- 1) Consolidar o levantamento do nível de ocupação irregular na área de influência da lagoa para identificar as entradas pontuais de efluentes, permitindo a implantação de uma estrutura de saneamento definitiva nesta área;
- 2) Aumentar a fiscalização por parte dos órgãos competentes para diminuir os crimes ambientais no local;
- 3) Elaborar um plano de monitoramento de qualidade da água em nível das principais sub-bacias para que sejam criadas bases de dados para dar suporte às ações de preservação e recuperação da lagoa;
- 4) Retirada das ocupações irregulares da área de preservação do manancial;
- 5) Reconstituição da vegetação ciliar do manancial;
- 6) Disciplinar os usos dos ecossistemas para evitar a sobrecarga de utilização proporcionando a autodepuração natural;
- 7) 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;
- 8) Por fim, sugere-se que sejam implantadas ações na área do manancial que levem em conta a sua inserção no contexto paisagístico de forma dinâmica, proporcionando mais um espaço de lazer para a comunidade fortalezense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAS, M.; ADAS, S.; **Contradições, Impasses e Desafios sócio-ambientais.** São Paulo. 2001. ED: Moderna.

ALMEIDA, L. M. A. de; RIGOLIN, Tército. B.. **Geografia: novo ensino médio.** Edição compacta. São Paulo. Ática. 2003. 320 p.

ARAÚJO, Lúcia de Fátima P. **Tratamento de águas residuárias.** Fortaleza. 2003. 110 p

ARAÚJO, A: **Água, energia e desenvolvimento.** In: Barragens. Caderno único de 05 de Novembro de 2001.

ARAÚJO, R. E. T. de: **Urbanização e Degradação Ambiental: Lagoa de Marapendi, um estudo de caso.** UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

ATHAYDE JÚNIOR, G.B.; **Estudo de Espécies de fósforo e nitrogênio em lagoas de estabilização** In: XXVII CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Porto Alegre. Dezembro 2000. Disponível em: < <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/aresidual/1-003.pdf> > Acesso em: 18/08/2007.

BASSOLI, F.; ROLAND, F. Caminhos da produção fitoplanctônica em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F; CESAR, D; MARINHO, M. **Lições de Limnologia.** São Paulo. RIMA editora. 2005. 532 p.

BARBIERI, E: **Água potável até quando?** Cidade Nova. São Paulo. V.36, Jun. 2005.

BEZERRA, N. F. Água no semi-árido nordestino: Experiências e desafios. In: **Seminário. Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido.** Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. Coletânea, 2002.172 p.

_____. **Espírito da águas: processo e harmonia social.** Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. Coletânea. 2002, 172 p,

BORGHETTI, J. R; OSTRENSK, A. Pesca e aqüicultura de água doce no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C; BRAGA,B; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo. Escrituras editora. 1999. 718 p.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. de: **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional.** Laboratório de Planejamento Municipal, DEPLAN, IBGE, UNESP. Rio Claro. SP. 2003.

_____: **Gestão ambiental no Estatuto das Cidades: Alguns comentários.** In: **Perspectiva de gestão ambiental em cidades médias,** Rio Claro. UNESP; IBGE; Laboratório de Planejamento Municipal. 2001.

BRANCO, S.M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo. CETESB/ASCETESB. 1986. 640 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005. Disponível em: < <http://www.lei.adv.br/conama01.htm> > Acesso em: 26/11/2006.

CAMPOS, J.N.B. Política das águas. In: STUART, T.M.C; CAMPOS, J.N.B. (ORG): **Gestão das águas: Princípios e práticas**. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2001.

_____. Água, sociedade e natureza: desenvolvimento científico e gestão de águas. In: **Seminário: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. Coletânea. 2002. 172 p.

CARVALHO, S. L. de: **Eutrofização artificial**: Um problema em rios, lagos e represas. UNESP. Ilha Solteira. 2004.

CEARÁ, O CAMINHO DAS ÁGUAS: Informações básicas sobre o gerenciamento dos recursos hídricos. COGERH. Fortaleza. Ceará. 2ª edição. 1997.

CEARÁ(Estado). Lei nº 10.147 de 01 de Dezembro de 1977. SEMACE Fortaleza. Ceará. 1977. Disponível em:< <http://www.semace.ce.gov.br/legislação.htm> > acesso em: 26/11/2006.

CEARÁ(Estado). Portaria nº 154 de 22 de Julho de 2002.. SEMACE. Fortaleza. 2002. Disponível em:< <http://www.semace.ce.gov.br/legislação.htm> > acesso em: 26/11/2006.

CEARÁ(Estado). Planerh.exe. **Plano Estadual de Recursos Hídricos. Diagnóstico, Planejamento e formulação de programas**. Fortaleza. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. 2005.

CEARÁ(Estado).IPECE. **Perfil básico municipal de Fortaleza**. Fortaleza – Ceará. 2005. Disponível em: < http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/PBM_2004_PDF/fortaleza.pdf >

COSTA FILHO, W.D. **Nossa água... eu me preocupo**. Cartilha do usuário da água. Fortaleza. 1997. ABAS núcleo Ceará.

COSTA, L. M. S. A.: **Águas Urbanas: O repouso da paisagem**. UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em:< http://www.sigma_foco.siere.coppe.ufrj.br/UFRJ/SIGMA/projetos/consultas/relatorios. Acesso em 28/11/2006.

CRUZ, M.P; COIMBRA, R.M; FREITAS, M.A.V: **Vulnerabilidade climática e recursos hídricos no Nordeste**. Brasília. ANEEL. 2002.

DAJOZ, R. **Princípios de ecologia**. Tradução: Murad, Fátima. Editora ARTMED. São Paulo. 2006.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos da Limnologia**. Rio de Janeiro. Interciencias, FINEP. 1988. 575 p.

EUTROFIZAÇÃO: Disponível em: < <http://www.etg.UFMG.br/tim1/eutrofiz.doc>>
Acesso em: 20/05/2006.

EUTROFIZAÇÃO ARTIFICIAL: Disponível em:
<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/indice_iva_iet.asp> Acesso em: 20/05/2006.

FAISOL, S.; MARTINS, H. (COORD.) **Enciclopédia dos Municípios brasileiros**. Rio de Janeiro. IBGE. 1953. v. XVI.

FERREIRA, R. M. et al. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. ROLAND, F; CESAR, D; MARINHO, M. **Lições de Limnologia**. São Paulo. RIMA editora. 2005. 532 p.

FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS E EUTROFIZAÇÃO: <
http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/congressos_seminarios/eutrofizacao/art015.pdf>
Acesso em: 20/05/2006.

FORTALEZA (Capital). **Síntese diagnóstica da cidade de Fortaleza.**: Fortaleza. 2004.
Disponível em: < > acesso em: 20/10/2005.

FORTALEZA (Capital): **Lei nº 7987 de 23 de Dezembro de 1996. Lei de Uso e Ocupação do Solo**. Fortaleza. Prefeitura Municipal de Fortaleza. PMF.1992.

FORTALEZA. (Capital). **Inventário ambiental de Fortaleza. Diagnóstico final**. Fortaleza, SEMAM, 2003. 432 p

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro. 1988. ED: Bertrand Brasil.

GUILHERME, L.R.G, *et al.* **Elementos – Traços em solos e sistemas aquáticos**. Disponível em < http://www.geocities.com/giuliano_marchi/Top_V4_N9.pdf >

HERMANN, K. Água. Uma questão de sobrevivência. IN: **Seminário: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. Coletânea. 2002. 172 p.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico: uma visão realista. IN: REBOUÇAS, A.C; BRAGA,B; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo. Escrituras editora. 1999. 718 p.

HUSZAR, V. L. M. et al. Subsídios para compreensão sobre a limitação dos nutrientes ao crescimento do fitoplâncton e do perífiton em ecossistemas continentais lênticos do Brasil. In ROLAND, F; CESAR, D; MARINHO, M. **Lições de Limnologia.** São Paulo. RIMA editora. 2005. 532 p.

JØRGENSEN, S. E. *et al.* Tradução Dino Vennuci. **Princípio para o gerenciamento de lagoa: diretrizes para o gerenciamento de lagos;** V. 1. São Paulo. ILEC; IIE; UNESP. 2002. 202 p.

LEAL, A. C.: **Gestão Urbana e Regional em bacias hidrográficas: Interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos.** Laboratório de Planejamento Municipal, DEPLAN; IBGE, UNESP, Rio Claro. SP.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do: **Geologia Geral.** Vol 12. Edição revisada. São Paulo. 1995. Ed: Nacional.

MESQUITA, L.; CARNEIRO, A. R. S.; **O papel dos espaços livres no resgate da qualidade ambiental do Recife.** Disponível em: < <http://www.ceci-br.org/textos/congressoiberoamericano.doc>> Acesso em: 10/09/2005.

MODELO DE EUTROFIZAÇÃO EM RIOS: Disponível em:< <http://www.dha.inec.pt/nre/portugues/funcionarios/papers/frocha/resumofr.pdf>> Acesso em: 20/05/2006.

MOREIRA, I.: **O espaço Geográfico – Geografia geral e do Brasil.** São Paulo. 2001. ED: Ática.

MOTA, Suetônio. Água: controle do desperdício e reuso. In: **Seminário: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido.** Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. Coletânea. 2002. 172 p.

NOVO CÓDIGO FLORESTAL: Lei nº 4771 de 15 de Setembro de 1965. Disponível em: <<http://www.ibamapr.hpg.ig.com.br/4771leiF.html>> Acesso em: 26/11/2006.

OLIVEIRA, J. G; **Análise da coleta seletiva e reciclagem de lixo no Distrito de Parangaba.** Fortaleza. UFC. 2000. Dissertação de mestrado. 128 p.

OVERBECK, J. Avaliação qualitativa e quantitativa dos problemas de lagos e reservatórios. In: JØRGENSEN, S. E. *et al.* Tradução Dino Vennuci. **Princípio para o gerenciamento de lagoa: diretrizes para o gerenciamento de lagos;** V. 1. São Paulo. ILEC; IIE; UNESP. 2002. 202 p.

PEDROSA, P.; RESENDE, C. E. **As muitas faces de uma lagoa**. Revista Ciência Hoje. Vol.26, nº 153. São Paulo. 1999.

PRAST, A. E. Caminhos do nitrogênio em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F; CESAR, D; MARINHO, M. **Lições de Limnologia**. São Paulo. RIMA editora. 2005. 532 p.

QUEIROZ FILHO, A. C. **Meio ambiente urbano e desigualdades sócio-espaciais: trajetória de um estudo de caso (Lagoa de Parangaba – Fortaleza – Ceará)**. Campinas. UNICAMP. 2005 Dissertação de Mestrado. 214 p.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B. **Águas doces do Brasil – Capital Ecológico, uso e conservação**. São Paulo. Escrituras editora. 1999. 718 p.

RIBEIRO, Esaú Costa. **Parangaba – sua história e suas tradições**. Fortaleza. Gráfica editora cearense. 1999.

RODRIGUES, H.: A gestão da água: Discurso e prática no contexto cearense. In: **O Ceará: Enfoques Geográficos**. AMORA, Zenilde Baima. (ORG). Fortaleza. 1999. ED: FUNECE.

SALES, V. de C. Os lençóis fortalezenses. **O Povo**, Fortaleza, Caderno especial. 13 abr. 2006.

SILVA, J. B. da; CAVALCANTI, T. C. **Atlas escolar, Ceará: Espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa. Ed. Grafset. 2000. 176 p

SUASSUNA, J. Água: um fator limitante para o desenvolvimento do Nordeste. In: **Seminário: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. Coletânea, 2002. 172 p.

TUCCI, C. E. M. Águas no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.C; BRAGA,B; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo. Escrituras editora. 1999. 718 p.

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T. M; ROCHA, O. Ecossistema de águas interiores: In: REBOUÇAS, A.C; BRAGA,B; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo. Escrituras editora. 1999. 718 p.

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T. M; ROCHA, O. Liminologia de águas interiores: Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A.C; BRAGA,B; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo. Escrituras editora. 1999. 718 p.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos. RIMA editora, 2003. 248 p.

VARELA, C. A. S. **Poluição em águas continentais: alternativa de controle de resíduos líquidos industriais**. São Luiz. EDUFMA. 1987. 66 p.

VIDAL, L. et al . Caminhos do carbono em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F; CESAR, D; MARINHO, M. **Lições de Limnologia**. São Paulo. RIMA editora. 2005. 532 p.

VIEIRA, V. P.P.B. Água doce no semi-árido. In: REBOUÇAS, A.C; BRAGA,B; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo. Escrituras editora. 1999. 718 p.

VASCONCELOS, F.P.; CORIOLANO, L.N.M.T; SOUZA, M.J.N. **Análise ambiental e sócio econômica dos sistemas lacustres litorâneos do Município de Fortaleza**. Fortaleza. UECE/ NUGA. 1995. 70 p.

VON SPERLING. M. **Princípios de tratamento ecológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. Ed UFMG. 1996. 243 p.

ANEXOS E APÊNDICES

1. Modelo de Questionário Aplicado para Realização do Diagnóstico Preliminar

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA – PMF SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E CONTROLE URBANO – SEMAM COORDENADORIA DE FISCALIZAÇÃO E CONTROLE URBANO - COFIS COORDENADORIA DE CONTROLE E AMBIENTAL- CCA</p> |   |
|---|--|--|

Questionário n ° _____

Identificação: _____

Rua: _____ Bairro: _____

Ponto de referência: _____

Coordenadas Geográficas: _____

Responsável pelas informações: _____

Contato: _____

1. Em termos de importância o que a lagoa significa para você?

() Muito importante () Pouco importante () Nenhuma importância

2. Esta lagoa já foi urbanizada?

() Sim () Não

3. Quem mais usa a lagoa?

() Pessoas da comunidade residente na área () pessoas de fora da comunidade

4. Qual a maior frequência?

() Durante a semana () fins de semana

5. Que atividades são realizadas por essas pessoas?

() pesca () banho () lazer () outros _____

6. Quais equipamentos os usuários utilizam para realizarem suas atividades na lagoa?

() rede de pesca () barco () Jet-sky () outros _____

7. Alimenta-se de peixes da lagoa?

() Sim () Não

8. Alimenta-se de verduras irrigada com águas da lagoa?

() Sim () Não

9. Qual a estimativa da quantidade de pessoas que usam a lagoa durante o dia? _____
10. Existe queixa de alguma doença contraída devido ao contato com a água da lagoa?
() Sim () Não () Não soube informar
11. Fonte de abastecimento de água?
() CAGECE () Poço () outros _____
12. Solução de esgotamento sanitária adotada
() interligado à rede da CAGECE () fossa-sumidouro () ETE
() lançamento em via pública
13. Existe coleta sistemática de lixo?
() Sim () Não Qual a frequência? _____
14. Existe sistema de drenagem no entorno da lagoa?
() Sim () Não
15. Tipo de pavimentação do entorno da lagoa
() pavimentação asfáltica () paralelepípedo () pedra tosca ()
outras _____
16. Existe lixo nas áreas livres de entorno da lagoa?
() Sim Não () Por que? _____
17. Que medidas você acha realmente importante para melhorar as condições da lagoa? _____

Fortaleza, de de 2006.

Técnico da SEMAM: _____

Técnico do CEFETCE: _____