



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS EM
LAGOAS COSTEIRAS – ESTUDO DE CASO DA LAGOA GRANDE EM
PARACURU - CE

ADRIANA PEREIRA DO NASCIMENTO

FORTALEZA-CE

2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS EM
LAGOAS COSTEIRAS – ESTUDO DE CASO DA LAGOA GRANDE EM
PARACURU - CE**

ADRIANA PEREIRA DO NASCIMENTO

ORIENTADOR: PROF. Dr. Rogério Campos

FORTALEZA-CE

2010

N195 Nascimento, Adriana Pereira do

Análise dos Impactos das Atividades Antrópicas em Lagoas Costeiras - Estudo de Caso da Lagoa Grande em Paracuru - Ceará / Adriana Pereira do Nascimento, 2010.

110 f. ; il. color. enc.

Orientadora: Profª. Drª. Rogério Campos

Área de concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará – UFC, 2010.

1. Assunto 1. 2. Assunto 2. 3. Assunto 3 I. Campos, Rogério II. Universidade Federal do Ceará – Instituto de Ciências do Mar, Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais.

CDD 577.68

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS EM
LAGOAS COSTEIRAS – ESTUDO DE CASO DA LAGOA GRANDE EM
PARACURU - CE**

ADRIANA PEREIRA DO NASCIMENTO

Dissertação submetida à coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre, outorgado pela Universidade Federal do Ceará.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Campos

FORTALEZA-CE

2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

Após a finalização dos trabalhos da defesa de Dissertação de Mestrado da aluna ADRIANA PEREIRA DO NASCIMENTO, intitulada “ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS EM LAGOAS COSTEIRAS – ESTUDO DE CASO DA LAGOA GRANDE EM PARACURU – CE” a banca examinadora avaliou o conteúdo do trabalho e a apresentação realizada, considerando a **DISSERTAÇÃO APROVADA.**

Prof. Dr. Rogério Campos.
(Universidade de Fortaleza - Orientador)

Prof. Dr. Henrique Vieira Costa Lima
(Universidade de Fortaleza – membro externo)

Prof^a.
(Universidade Federal do Ceará – membro interno)

Fortaleza, 12 de Agosto de 2010.

A minha Mãe Zeneide Pereira que dedicou e renunciou toda sua vida e seus sonhos para dar educação a seus filhos. Muito Obrigada Mãe!

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo Dom da vida, por toda fortaleza e sabedoria.

Aos meus pais, José Marcelo e Zeneide Pereira, por toda oportunidade que me foi dada através da educação. Por sempre me incentivarem e acreditarem no meu potencial. Obrigada, Amo Vocês! Aos meus irmãos Dariu, Silvana e Marcelino, pela paciência comigo, risos!

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Campos, obrigada por toda orientação, oportunidade acadêmica e ensinamentos ofertados.

Aos professores Dra. Rozane Marins e Dr. Luiz Drude de Lacerda, por toda oportunidade de aprendizado junto ao Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais. Obrigada pelo apoio técnico e financeiro nas coletas de campo. O apoio de vocês foi importantíssimo.

Aos meus colegas de doutorado Breno Gustavo e Tatiana Falcão, por toda atenção e ajuda prestada nesta pesquisa. Por todas idas e vindas ao campo. Por todas as opiniões, sugestões, pelo trabalho braçal. Sem vocês seria impossível realizar estas coletas.

Ao Gerente das bacias Metropolitanas Sr. Berthier Peixoto que através de sua equipe esteve sempre à disposição para as coletas dando todo apoio.

Ao Prof. João Silvio e toda sua equipe técnica da COGERH (José Alves, Johny Leanderson, José Rodrigo e Manoel Reginaldo) pela elaboração da Batimetria.

Ao Prof. Dr. Ricardo Colares e a Universidade de Fortaleza, por ter acreditado neste trabalho e ter depositado confiança para que o mesmo fosse desenvolvido.

As professoras Denise Fernandes e Gilcenara de Oliveira, pela ajuda nas dúvidas, nos ensinamentos e as horas dedicadas para a elaboração deste trabalho. A presença de vocês foi muito importante.

Ao Prof.Dr. Oyrton Monteiro que sempre me apoio e ajudou nos momentos de decisões junto a Universidade de Fortaleza. Ao prof. José Bento que emprestou seus ouvidos, seu tempo ao me aconselhar.

Ao meu grande colega e companheiro de trabalho Wellington Lobo, por toda disposição sempre que precisei. A minha colega de trabalho Alvenira Bonfim que sempre me incentivou e nos momentos que mais precisei sempre esteve à disposição.

À minha grande amiga Ana Karine pela amizade, pelas idas e vindas de tantas viagens, pelos sonhos compartilhados, pelas lágrimas, pelas alegrias. E por ter você como uma grande amiga.

A minha querida amiga Eveline Cavalcante, Obrigada pelas estadias, alegrias, pelos conselhos, você é demais. Valeu amiga!

As minhas amigas Nucleanas, Gabriela Eugênio, Jania Teixeira, Joana Gurgel, Tatiana Bachur e Margarida Pompeu. Amigas, agora o menor nível é mestre. Aos meus amigos Madja Poliana e Carlos Farias, pessoas maravilhosas que conheci ao longo da vida e que sempre me estiveram ao meu lado me apoiando.

As pessoas maravilhosas que conheci no laboratório de Biogeoquímica e na Pós-graduação: Breno Gustavo, Louize Viveiro, Samara Echrique, Roseline Torres, Franzé, José Edvar, Márcia Vanessa, Moisés Bezerra, Talita Cristina, Tiago Farias, Lincon Davi, Regina Célia, Buda, Tatiana Falcão, Andréa Nascimento, Tharcia Priscilla. Foram momentos de alegrias e troca de conhecimentos, valeu galera!

Ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, pelo conteúdo aprendido.

A secretaria da Pós-Graduação, Rosângela por toda ajuda nestes dois anos de convivência.

A todos que de alguma forma contribuíram para essa VITÓRIA!

Hagua

O seco deserto esta tomando conta do planeta

Água doce bebível potável está acabando

Poluição, devastação, quimadas

Desequilíbrio mental

Desequilíbrio do meio ambiente

Segundo previsões dos cientistas

De padres, pastores, budistas

De ciganos, pai de Santos, Hare Krishna

O tempo vai secar

O sol vai cárcume

E água pra beber

Não vai ter

E água pra lavar

não vai dar

Água pra benzer

E água pra nadar

Nada, nada

(Autor: Seu Jorge)

RESUMO

Este estudo foi realizado em uma lagoa costeira, Lagoa Grande. Localizada na Região Nordeste do Estado do Ceará, no Município de Paracuru, é um dos principais recursos hídricos da cidade. A Lagoa Grande fornece água bruta para o serviço de abastecimento de água da CAGECE para a cidade de Paracuru como também para as instalações da Petrobrás. A partir daí surgiu a necessidade de uma proposta mais elaborada para entender a dinâmica desta lagoa, tendo como objetivo principal conhecer os impactos que as atividades antrópicas vem causando em ecossistemas como as lagoas costeiras tendo a Lagoa Grande como estudo de caso. Foram obtidos dados sobre o levantamento topo-batimétrico da lagoa, a bacia de contribuição, a precipitação, a evaporação na região, o fluxo superficial, o balanço hídrico e o diagnóstico da qualidade da água. A qualidade da água teve três pontos de coletas distintos, onde o primeiro localiza-se junto ao sistema de captação de água, o segundo próximo ao centro do manancial e o terceiro quase na parte inicial da lagoa. Foram realizadas três coletas de água. As análises físicas, químicas e sanitárias foram trabalhadas segundo metodologia APHA *et al*, 1998 e Lorenzo (1967). Em relação às análises bacteriológicas, os Coliformes Totais esteve presente em todas as coletas, para o marcador de contaminação fecal *Escherichia Colli*, os valores variaram entre 1600 a 1160 NMP/100mL confirmando que a contaminação fecal, estava acima do que a Resolução CONAMA n° 357/25. Para os parâmetros físicos e químicos, pode-se observar que os valores de pH, Alcalinidade mantiveram-se relativamente baixos. Os teores de Nitrito e Nitrato apresentou significativos valores, que podem estar relacionados a poluições advindas de regiões mais distantes que estejam chegando ao manancial, porém os teores de Sulfato apresentaram-se baixos isto indica que não há entrada de descargas industriais. Os valores de amônia foram baixos. Os resultados para Turbidez, Cor aparente, Transparência e Sólidos Totais foram baixos, demonstrando que mesmo com uma presença de folhas e material ressuspenso, as águas são claras. Os valores de DBO₅ foram altos nos pontos 2 e 3, isto mostra que a lagoa tem recebido um aporte de matéria orgânica. O OD variou muito nos três pontos e pode estar relacionado a grande quantidade de macrófitas aquáticas no ponto 1, a profundidade e seu posicionamento quase no centro do manancial no ponto 2 e os menores valores encontrados estão no ponto 3, e podem estar relacionados a alta produtividade primária encontrada nos altos valores de clorofila “a” como também a menor profundidade do ponto. Os resultados para DQO mostram um aumento gradativo do ponto 1 para o ponto 3, isto corroborando com a redução do OD analisado na água da lagoa, evidenciando a presença de material poluente. Mesmo estando em uma região próxima ao mar os valores de CE e Salinidade foram baixos, sendo este corpo hídrico classificado como água doce. O corpo hídrico tem uma grande variação no seu fluxo superficial devido ao elevado processo de evaporação da região. Mesmo a lagoa apresentando uma grande demanda de água para uso da CAGECE e Petrobrás o seu fluxo superficial tem sido alimentado constantemente pelas dunas que estão ao seu redor, fazendo com que a mesma possa manter seu volume hídrico nos períodos de estiagem. Mesmo apresentando atividades antrópicas em seu corpo hídrico a mesma apresenta qualidade de uso importantes para a sobrevivência de todo o ecossistema.

Palavras – chave: Lagoa Grande, qualidade de água, Paracuru.

ABSTRACT

This study was conducted in a coastal lagoon, Lagoa Grande. Located in the Northeastern State of Ceará, in the City of Paracuru, is a main water resources of the city. The Lagoa Grande provides raw water to CAGECE service water supply for the city of Paracuru, but also for Petrobras facilities. Thus arose the need for a more elaborate proposal for understanding the dynamics of this lagoon, Its main goal is to know the capacity of grant Lagoa Grande. Obtained data by topo-bathymetric survey of the pond, the basin contribution, precipitation, evaporation in the region, the flow surface, the water balance and diagnosis of water quality. It was selected three different collection points for the study of water quality, the first is located near the water catchment system, the second near the center of the pond and third close of the beginning of the pond. We carried out three collections of water. The physical, chemical and sanitary method followed APHA et al.(1998) and Lorenzo (1967). Bacteriological analysis showed the presence of coliform in all the samples. Marker for fecal contamination of *E. coli*, the values ranged from 1600 to 1160 NMP/100mL confirming faecal contamination above those permitted by CONAMA No. 357/05 Resolution. For the physical and chemical parameters, one can observe that the values of pH, alkalinity remained relatively low. The levels of nitrite and nitrate showed significant values, which may be related to pollution resulting from more distant regions that are coming to the pond, but the concentrations of sulfate were low, this indicates that there is no entry for industrial discharges. The results for turbidity and color, transparency and total solids were low, demonstrating that the presence of leaves and suspended material are not significant, and the waters are considered clear. BOD₅ values were high in points 2 and 3, this shows that the lake has received a contribution of organic matter. Dissolved oxygen-DO varied in the three points, and may be related to the large amount of aquatic macrophytes in section 1, the depth and its placement near the center of the pond in 2, and, to the lowest values found in section 3 may be related to high primary productivity on high values of chlorophyll "a", as also the lowest depth of this point. The results for the COD show a gradual increase of point 1 to point 3, this corroborates the reduced OD analyzed in pond water, indicating the presence of polluting material. Lagoa Grande showed EC and salinity values relatively low, although located in a region close to the sea, and was classified, according to CONAMA n ° 357/05, as freshwater. The water body has a great variation in their surface flow due to high evaporation process in the region. Although the lagoon presents a great demand for water for the CAGECE and Petrobras, its surface flow has been fueled by the dunes that are constantly around you, making that it can maintain its volume of water in drought periods.

Keywords: Coastal lagoons, water bestowable and Paracuru.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Formação da lagoa pelo isolamento de um estuário	31
FIGURA 2.2: Produtividade média anual de diferentes ecossistemas aquáticos	35
FIGURA 3.1: Foto satélite da Lagoa Grande	45
FIGURA 3.2: Mapa do Município de Paracuru	46
FIGURA 3.3: Presença de macrófitas aquáticas como Água – pé e Aninga	48
FIGURA 3.4: Grande parte da lagoa tomada pela macrófita aquática Aninga	48
FIGURA 3.5: Avanço das macrófitas aquáticas	49
FIGURA 3.6: Avanço das macrófitas no leito	50
FIGURA 3.7: Placa de licença para uso do sistema de abastecimento	51
FIGURA 3.8: Placa indicando área restrita – proteção ambiental / CAGECE	51
FIGURA 3.9: Estação de tratamento da CAGECE	52
FIGURA 3.10: Tabela de parâmetros químicos	52
FIGURA 3.11: Sistema de captação de água para abastecimento da CAGECE	53
FIGURA 3.12: Sistema de captação de água para abastecimento da Petróbras	53
FIGURA 3.13: Presença de utensílios domésticos para lavagem de roupa	54
FIGURA 4.1: Equipamentos Utilizados em Campo	57
FIGURA 4.2: Sonda YSI 85	57
FIGURA 4.3: Disco de Secchi	57
FIGURA 4.4: pHmetro	57
FIGURA 4.5: Garrafa de Van Dor	57

FIGURA 5.1: Distribuição dos Valores de pH e Alcalinidade	69
FIGURA 5.2: Distribuição dos Valores de Dureza Total, de Cálcio e Magnésio ...	70
FIGURA 5.3: Distribuição dos Valores de Sódio e Potássio	72
FIGURA 5.4: Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica e Cloretos	73
FIGURA 5.5: Distribuição dos Valores Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio na Lagoa	74
FIGURA 5.6: Distribuição dos Valores de Turbidez, Cor Aparente e Sólidos Totais	77
FIGURA 5.7: Distribuição dos Valores de Temperatura e Clorofila “a”	81
FIGURA 5.8: Distribuição dos Valores de Coliformes Totais e <i>Escherichia Coli</i> .	82
FIGURA 5.9: Simulação do balanço hídrico	86
FIGURA 5.10: Quantificação do Fluxo Superficial	87
FIGURA 5.11: Médias pluviométricas mensais	88
FIGURA 5.12: Médias de Evaporação	89
FIGURA 5.13: Determinação da bacia de Contribuição	90
FIGURA 5.14: Representação gráfica das curvas de nível do reservatório	92
FIGURA 5.15: Perfil Norte – Sul da Lagoa Grande	93

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 2.1: Distribuição de água no planeta	23
QUADRO 3.1: IPECE/FUNCEME	47
QUADRO 4.1: Equipamentos utilizados em campo	57
QUADRO 5.1: Classificação das águas segundo a dureza	71
QUADRO 5.2: Valores de transparência da água em coluna vertical	79
QUADRO 5.3: Valores de nitrito, nitrato, sulfato e amônia	83
QUADRO 5.4: Valores de simulação do balanço hídrico	85
QUADRO 5.5: Quantificação do fluxo superficial	87
QUADRO 5.6: Cotas x Área x Volume da Lagoa Grande	91
QUADRO 5.7: Classificação dos corpos d'água superficiais	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

WRI – World Resources Institute

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

ANA – Agência Nacional de Águas

DNAEE - Departamento Nacional de Abastecimento de Energia Elétrica

CONERH – Conselho Estadual dos Recursos Hídricos

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

FUNCEME – Fundação Cearense de Metrologia

SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

SEINFRA – Secretaria de Infraestrutura

LTA – Laboratório de Tecnologia Ambiental

UNIFOR – Universidade de Fortaleza

APHA – American Public Health Association

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

PETROBRÁS – Petróleo Brasileiro S/A

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – Introdução	18
CAPÍTULO II - Revisão da Literatura	22
2.1 - A água e os Recursos Hídricos: A distribuição e seus Múltiplos usos	22
2.2 – A Zona Costeira e os Principais Ecossistemas Lacustres	25
2.3 - Lagoas Costeiras	27
2.3.1 - Características Gerais das Lagoas Costeiras	27
2.3.2 - Origem e classificação das Lagoas Costeiras	30
2.3.3 - A importância das Lagoas Costeiras	34
2.3.4 – As Lagoas Costeiras no Nordeste Brasileiro	37
2.3.5 - Degradação ambiental das Lagoas Costeiras	39
2.3.6 – Características hidrológicas e hidrogeológicas das Lagoas Costeiras	41
CAPÍTULO III – Caracterização da Área de Estudo	45
3.1 – Características da Lagoa Grande	45
3.1.1 – Área de Estudo	45
CAPÍTULO IV – Material e Métodos	55
4.1 – Pontos de amostragem	55
4.2 – Material de campo, Variáveis e Procedimentos Analíticos aplicados	58
4.2.1 – Potencial hidrogeniônico – pH.....	58
4.2.2 – Temperatura	58
4.2.3 –Cor	58
4.2.4 – Turbidez	59
4.2.5 – Transparência	59
4.2.6 – Condutividade Elétrica	59
4.2.7 – Sódio e Potássio	60

4.2.8 – Alcalinidade	60
4.2.9 – Dureza Total, Dureza de Cálcio e Magnésio	60
4.2.10 – Cloretos	61
4.2.11 – Oxigênio dissolvido	62
4.2.12 – Demanda bioquímica de oxigênio	62
4.2.13 – Demanda química de oxigênio	63
4.2.14 – Sólidos totais	63
4.2.15 – Salinidade	63
4.2.16 – Nitrito e Nitrato	64
4.2.17 – Amônia Total	64
4.2.18 – Sulfato	64
4.2.19 – Clorofila “a”	65
4.2.20 – Coliformes Fecais e Totais	65
4.2.21 – Levantamento Batimétrico	67
4.2.22 – Simulação do balanço hídrico, determinação da bacia de contribuição, Evapotranspiração, Precipitação e Quantificação do fluxo superficial	67
CAPÍTULO V – RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.1 - Resultados da Caracterização e Monitoramento Preliminar do Corpo Hídrico a partir das Principais Variáveis Físicas, Químicas, Biológicas e Hidrológicas	69
5.1.1 - pH e Alcalinidade	69
5.1.2 – Dureza de Cálcio, Magnésio e Dureza Total	70
5.1.3 – Sódio e Potássio	71
5.1.4 – Condutividade Elétrica e Cloretos	72
5.1.5 – Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio	74
5.1.6 – Turbidez e Cor Aparente e Sólidos Totais	77
5.1.7 – Salinidade	79
5.1.8 – Transparência	79
5.1.9 – Temperatura e Clorofila “a”	80
5.1.10 – Coliformes Totais e Escherichia Coli	82
5.1.11 - Nitrito, Nitrato, Sulfato e Amônia Total	83
5.1.12 - Simulação do balanço hídrico	84
5.1.13 – Quantificação do Fluxo Superficial	87

5.1.14 – Levantamento da precipitação média sobre a bacia de contribuição	88
5.1.15 – Levantamento da Evaporação média sobre a bacia de contribuição	89
5.1.16 – Determinação da bacia de contribuição	89
5.1.17 – Levantamento batimétrico	90
CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	94
CAPÍTULO VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	99

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida no planeta terra. A existência do homem e suas atividades econômicas dependem totalmente deste precioso bem. Todavia, em termos globais, a água é, muitas vezes, um recurso limitado, já não pode ser mais considerado um bem infinito como a tempos atrás achava-se; peculiaridades climáticas causadas por diferenças latitudinais e altitudinais tornam este bem cada vez mais desigualmente distribuído pelo planeta (TUNDISI, 2003).

Em várias regiões do planeta há uma crise agravante em relação à distribuição de água. Muitos países encontram-se desprovidos deste bem, e com isso, agrava-se mais ainda a necessidade de obtê-lo de qualquer forma. Essa crise não é só devido a sua quantidade, mas também a qualidade em que se encontram estas águas. As superficiais são as que mais têm sofrido ações antrópicas. Muitos rios, lagos e lagoas tem simplesmente desaparecido. Eles têm recebido elevadas cargas de poluentes que com o tempo vão deixando-os comprometidos e até mesmo chegando ao seu desaparecimento.

Nos relatórios do Instituto Mundial de Recursos (WRI – World Resources Institute, 1998), do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA-UNEP), os resultados de análises de especialistas sobre as bases biogeofísicas da sustentabilidade indicam que os volumes disponíveis de água e os efeitos dos usos múltiplos apontam para uma crise sem precedentes na história da humanidade. Essa crise põe em risco a sobrevivência das espécies, inclusive a humana (WRI *apud* TUCCI *et al*, 2001).

Os corpos hídricos no Brasil e no mundo tem sido alvo de batalhas econômicas e ambientais. A água tornou-se um instrumento caro e necessário para a sobrevivência do homem como também das diversas formas de vida sobre a terra. A água tem diversos usos, que vão desde a irrigação, passando pela indústria e recreação. Para cada uso, é necessário obter um padrão de qualidade adequado.

A água que é utilizada para paisagismo não precisa ter o mesmo padrão de qualidade de uma água para uso doméstico, daí pensar-se o uso de águas de menor qualidade, até mesmo águas já utilizadas como as de uso doméstico.

O Brasil é um dos países que possuem grande quantidade de água superficiais e subterrâneas, suficientes para seu uso e abastecimento próprios. Porém a questão da gestão dos recursos hídricos no Brasil passa por diversas dificuldades, uma delas é o uso inadequado de suas águas. Muitos encontram-se impactados por diversas atividades antrópicas. Cidades metropolitanas são as que mais degradam os recursos hídricos, muitas vezes fazendo com que cheguem a desaparecer.

A maior quantidade de água no Brasil encontra-se na Região Norte, onde se encontra o Rio Amazonas, o maior do mundo, tanto em termos de volume quanto em extensão. Na Região Nordeste do país a quantidade de água disponível é bem menor, muitos locais não tem disponibilidade de água potável para consumo humano, plantio e dessedentação de animais, levando muitas famílias a deixarem seus locais de origem para morar nas capitais, muitos vão residir à margem de rios, próximos a lagoas e locais impróprios para moradia.

Esses locais são desprovidos de condições sanitárias adequadas, muitas de suas necessidades humanas são lançadas em rios, riachos, lagos e lagoas, sem tratamento prévio. Os lançamentos destas águas servidas levam a poluição dos corpos hídricos acarretando a sociedade o desenvolvimento diversas doenças. Todo ecossistema no qual esta inserido o corpo hídrico perde com a poluição. Toda fauna e flora pertencentes aos ecossistemas são prejudicadas assim, o homem deixa de obter água de qualidade suficiente para sua sobrevivência.

Os corpos hídricos do Brasil apresentam-se de diversas formas e tamanhos, como exemplos podem-se citar os rios, lagos e lagoas, são de grande importância. Os mesmos são de grande importância para o desenvolvimento econômico e social do país, em suas diversas formas. Porém, é necessário que haja uma atenção voltada para a conservação e usos adequados destes corpos hídricos, para que futuras gerações possam utilizar-se dos mesmos sem que haja risco de escassez deste bem tão precioso que é a água.

Diante da necessidade de entender os ecossistemas aquáticos, como lagoas costeiras, é preciso então fazer estudos para compreensão destes meios para assim promover o uso sustentável. A lagoa Grande será estudada, estando localizada no Município de Paracuru, no Estado do Ceará.

A lagoa Grande é utilizada para abastecimento de água da cidade de Paracuru e para as instalações industriais da Petrobrás. A partir daí surgiu à necessidade de uma proposta mais elaborada para entender a dinâmica de uso deste manancial. Tendo como objetivo central “Analisar através de levantamento bibliográficos e de campo, os impactos das atividades antrópicas na lagoa costeira - Lagoa Grande, no município do Paracuru”.

Em relação a tudo exposto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Realizar campanha de análise da qualidade da água da Lagoa Grande para caracterizar a situação atual da Lagoa Grande;
2. Identificar as atividades antrópicas de maior potencial de degradação da Lagoa Grande;
3. Quantificar o fluxo superficial para a lagoa;
4. Fazer a Simulação do balanço hídrico da lagoa;
5. Determinar a precipitação média sobre a bacia de contribuição e a evaporação potencial na região.

A proposta do estudo está dividida em cinco capítulos, no primeiro capítulo é feita a introdução, onde são apresentadas informações sobre a necessidade do uso mais consciente dos recursos hídricos, onde são focados como os mesmos são utilizados.

No segundo capítulo é apresentada a revisão da literatura tomando como base, os conceitos, a distribuição e múltiplos usos da água, a característica das lagoas costeiras, suas diversas formas e usos, a degradação destes ecossistemas e as formas de outorgas e sua importância para os recursos hídricos.

No terceiro capítulo é realizada uma revisão apresentando o estudo da caracterização da lagoa Grande. Onde são apresentadas as características do corpo hídrico em estudo, sua fauna, flora, o uso de sua água, sua localização.

No capítulo seguinte é apresentada a metodologia que foi empregada para o estudo. Onde se destaca a forma de aplicação nas pesquisas em campo, a caracterização do meio para posterior utilização dos dados.

No quinto capítulo são apresentados dados obtidos da coleta em campo, onde foram feitas relações entre os principais parâmetros de qualidade da água, também foram apresentados os estudos hidrológicos do corpo hídrico visando a sua caracterização físico-química e microbiológica.

No último capítulo, são apresentadas as conclusões sobre o estudo realizado. Tendo como resposta a forma como se encontra a qualidade da água em estudo, como também a forma como o manancial esta sendo utilizado e as recomendações necessárias para preservação do referido corpo hídrico.

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – A água e os Recursos Hídricos: A distribuição e seus Múltiplos usos

A questão sobre os recursos hídricos e a água no Brasil e no mundo passa por inúmeras indagações e questionamentos em relação aos seus usos. Sabe-se que muitos estudos apontam um futuro sombrio em relação à água potável e aos recursos hídricos, isto levando em conta toda e qualquer forma de água doce encontrada no planeta. Segundo Setti (2001), uma situação de escassez envolverá cerca de cinco e meio bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água, em um horizonte de trinta anos.

É importante salientar que a água ou recurso hídrico é um bem vital para a sobrevivência da espécie humana e de todas as espécies em nosso planeta, sendo também considerada como um recurso finito, escasso, e, que ainda, está enfrentando problemas de qualidade (CARVALHO, 2002).

Para Pompeu (2001), há uma diferença entre recurso hídrico e água. Para ele a “Água é o elemento natural, descomprometido com qualquer uso ou utilização”. É o gênero. Recursos Hídricos é a água como bem econômico passível de utilização com tal fim.

A distribuição da água no planeta tem ocorrido de uma forma desigual, porém, essa distribuição se dá devido a características de regimes hidrológicos, geomorfológicos e particularidades peculiares de cada região. A tabela 2.1 apresenta a distribuição de água no planeta através dos diversos reservatórios existentes no mundo.

Tabela 2.1: Distribuição de Água no Planeta

Reservatórios	Volume, km ³	Percentual, %
Oceanos	1.320.305.000	97,24
Geleiras	29.155.000	2,14
Águas subterrâneas	8.330.000	0,61
Lagos	124.950	0,009
Mares	104.125	0,008
Umidade do solo	66.640	0,005
Atmosfera	12.911	0,001
Rios	1.250	0,0001
Total	1.358.099.876	100

Fonte: Grassi,2001.

Como se pode observar a maior parte do volume de água (97,24%) está presente nos oceanos, e esse tipo de água não pode ser usado para consumo humano, na dessedentação de animais e na agricultura, pois a mesma apresenta valores de salinidade muito elevados. Os 2,76% restantes, que fazem parte do total de água doce existente, 2/3 estão armazenados nas geleiras e calotas polares. Cerca de 0,77% de toda a água está disponível para o nosso consumo, sendo encontrada na forma de rios, lagos, água subterrânea, incluindo ainda a água presente no solo, atmosfera (umidade) e na biota.

Em estudos realizados por Grassi (2001), a quantidade de água presente em cada um destes compartimentos, assim como o seu tempo de residência, varia bastante. Os oceanos se constituem no maior destes compartimentos, onde a água tem um tempo de residência de aproximadamente 3 mil anos. Eles são ainda a fonte da maior parte do vapor d'água que aporta no ciclo hidrológico. Sendo grandes acumuladores do calor oriundo do sol, os oceanos desempenham um papel fundamental no clima da Terra.

Seguindo o que descreve o autor citado, o segundo maior reservatório de água do planeta são as geleiras e calotas polares. O continente Antártico contém cerca de 85% de todo o gelo existente no mundo. O restante pode ser encontrado no Oceano Ártico e ainda na Groenlândia. As águas subterrâneas encontram-se abaixo da superfície em formações

rochosas porosas denominadas aquíferos os mesmos são reabastecidos pela água que se infiltra no solo e eventualmente flui para reservatórios que se localizam abaixo de seu próprio nível. Os corpos d'água superficiais como lagos, lagoas, rios e riachos, são essenciais para diversos usos. Porém, estes são os mais degradados por ações humanas.

O Brasil é um país que tem como uma de suas maiores características a presença de uma vasta rede hidrológica. Apresenta rios com larguras e extensões de encontrados somente em nosso país.

Em estudos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (1998), o território brasileiro é constituído de três grandes bacias e de dois complexos de bacias hidrográficas:

- As três bacias são: a do rio Amazonas, a do rio Tocantins e a do São Francisco, e os dois complexos de Bacias são o do Prata e do Atlântico.

- O complexo da Bacia do Prata é constituído de três bacias: Alto Paraguai, Paraná e Uruguai

- E o complexo Atlântico é subdividido nos seguintes complexos: Atlântico Norte, Atlântico Nordeste, Atlântico Leste 1, Atlântico Leste 2 e Sudeste.

A produção hídrica, entendida como o escoamento anual afluente ao Oceano Atlântico, é, em território brasileiro, de 168.790 m³/s. Levando-se em consideração também a vazão produzida na área da bacia Amazônica que se encontra em território estrangeiro, estimada em 89.000 m³/s. A disponibilidade hídrica total do País atinge 257.790 m³/s. Os dados do balanço hídrico mostram a grande variação hidrológica do território brasileiro. De fato, os escoamentos superficiais específicos variam desde 48,2 l/s/km² no Atlântico Norte e 34,2 l/s/ km² na bacia Amazônica até 2,8 l/s/km² na região semi-árida do Atlântico Leste 1 e 4,5 l/s/km² na bacia do rio São Francisco (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 1998).

A abundância da água pode causar falsa sensação de recurso inesgotável. Entretanto, é possível considerar que a água não é um recurso infinito e que sua escassez poderá trazer drásticas conseqüências. E através do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos através da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 apresenta-se os mecanismos que asseguram aos recursos hídricos o uso conforme a necessidade e conservação. O uso dos

recursos hídricos pode ser através de diversos setores e atividades da sociedade. Algumas de suma importância, dentre elas podemos destacar: Saneamento básico, agricultura e irrigação, energia hidrelétrica, Transporte hidroviário, uso industrial, pesca e aqüicultura, turismo e lazer.

2.2 – A Zona Costeira e os Principais Ecossistemas Lacustres

Por definição, Zona Costeira é o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da Terra, incluindo seus recursos ambientais, abrangendo a Faixa Marítima e a Faixa terrestre (Cunha, 1999), esta zona compreende uma grande variedade de ecossistemas, que apresentam sua marca através da transição dos ambientes terrestres e marinhos.

Por apresentar grande importância em todo o mundo, a zona costeira têm sido alvo de estudos em relação ao seu meio biótico e abiótico. A questão do uso e gerenciamento deste meio torna-se nos dias atuais um assunto de grande relevância, pois a água é um bem comum de grande necessidade para a sobrevivência do homem e qualquer outro tipo de vida na Terra. E este precioso bem tem sido usado de maneira inadequado nas zonas costeiras tendo em vista as diversas formas de degradação ambiental que os recursos hídricos vem sofrendo.

A Zona Costeira é responsável por muitas “funções ecológicas”, tais como: a preservação de inundações, a intrusão salina e a erosão costeira; a proteção contra tempestades; a reciclagem de nutrientes e de substâncias poluidoras; a provisão de *habitats* e recursos para uma variedade de espécies exploradas direta e indiretamente. Os ecossistemas desta zona de maior relevância são os **estuários**, os **manguezais** e as **lagoas costeiras**, bem como os **banhados** e as **áreas úmidas costeiras**. Dentre eles pode-se citar os estuários e as lagoas costeiras como:

Os estuários são extensões de água costeira que têm uma comunicação livre com o alto-mar, sendo, portanto, fortemente afetados pela atividade das marés. Nele se misturam água do mar (em geral de forma mensurável) e água doce de drenagem terrestre (ODUM *et al*, 1988).

A Zona Marinha Brasileira apresenta situação distintiva em termos de ecossistemas e espécies, em função de sua extensão e biodiversidade, destacando-se além das espécies endêmicas, as espécies migratórias de distribuição global. Desta forma, sua preservação ou degradação deixa de ter efeito apenas local, passando a interferir em outros ecossistemas muitas vezes distantes das áreas consideradas.

No Nordeste brasileiro a zona costeira compreende a área que se estende do delta do Parnaíba até a divisa da Bahia com o Espírito Santo, englobando oito estados. Ali se encontram ecossistemas estuarinos, manguezais e lagoas costeiras, considerados de extrema importância biológica, com alta biodiversidade, riqueza de espécies e diversidade filética.

No Ceará destacam-se os estuários do rio Jaguaribe e do rio Cocó, além de áreas estuarinas de alta biodiversidade de Aracati, Camocim e Barroquinha. Essas áreas têm sido utilizadas para aqüicultura, sendo marcadas, também, pela pesca predatória, a sobrepesca, a expansão urbana, as indústrias e a falta de saneamento básico.

Estendendo-se numa extensão de 575 km, a zona costeira cearense é formada por vários tipos de dunas, falésias, lagoas, mangues e outros tipos de vegetação. No Ceará, mais de três milhões de pessoas moram em áreas com influência direta do mar, distribuídas em 21 municípios e aproximadamente 110 comunidades (CAMPOS *apud* LIMA, 2004). O litoral cearense está incluído no Domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos” constituído por sedimentos tercióquaternários da Formação Barreiras, sobrepostos a depósitos holocênicos de dunas, praias, mangues e aluviões em superfícies localizadas (Souza,1988), sendo considerado ecossistema de grande fragilidade no contexto do macro zoneamento do litoral brasileiro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 1998).

A história da zona costeira tem se caracterizado por um processo de urbanização, industrialização e crescimento turístico desenfreado e desordenado onde as políticas de desenvolvimento materializados em projetos e programas não estão concentrando na construção de uma sustentabilidade sócio-ambiental, onde se observa uma disputa pelo espaço dessas atividades, muitas vezes provocando a desestruturação sociocultural das comunidades e a degradação ambiental de alguns ecossistemas. Desta forma, observa-se uma crise ambiental, com o aterramento ou poluição de praias, lagoas, rios e riachos, a destruição

da arborização pública e privada, a contaminação de poços e cacimbas e a redução do lençol freático pela asfaltagem maciça e indiscriminada do sistema viário para atender a especulação imobiliária (CLAUDINO-SALES, 2006).

Muitas regiões costeiras em todo mundo vêm sofrendo com a ocupação urbana desordenada, os rios, lagos, lagoas e os mares são os primeiros sistemas que fazem parte de todo um ecossistema a serem prejudicados. Ações como o lançamento irregular de águas servida, resíduos sólidos dentre outras ações provocam o desgaste e o desequilíbrio ecológico de tais ambientes. E isto não é difícil de ser observado nas cidades costeiras (CLAUDINO-SALES, 2006).

Diante do que expos Claudino - Sales (2006), as regiões costeiras representam muito bem o contexto em que se encontram muitas cidades, pois a desordem ambiental é muito comum observando-se o desaparecimento das dunas e sua cobertura vegetal associada. Conseqüentemente, córregos e lagoas foram alterados. Rios e lagoas maiores são aterrados e as dunas mais distantes, ocupadas. Falésias foram sendo acobertadas e, por fim, as praias passaram a ser manipuladas. A especulação imobiliária, nas áreas costeiras associada a interesses empresariais, encarregaram-se da destruição do manguezal e das demais formações vegetais.

Para Claudino - Sales (2006), os cenários antigos foram, assim, dando lugar a uma cidade sem verde, sem dunas, com lagoas agonizantes, rios doentes e parcelas de praias restritas, com fauna e flora típicas ausentes. Nem rocha nem sedimento, mais cimento. Entretanto a transformação dos espaços naturais em áreas urbanas adensadas é parte inexorável do processo de evolução social, e cidades como Fortaleza dele não se podia furtar desse fenômeno. Contudo, esse processo tem marca particular: “perdeu-se natureza principalmente em razão de interesses particulares”.

2.3 - Lagoas Costeiras

2.3.1 - Características Gerais das Lagoas Costeiras

Existem diversas formas de corpos hídricos, porém cada um apresenta características peculiares e importantes em torno de seus usos. Os rios são muito utilizados para abastecimento público, transporte, pesca como atividade de subsistências e muitas

regiões do mundo. Os lagos e lagoas também apresentam sua importância diante de seus usos. Muitas comunidades utilizam-se dos mesmos para uso doméstico, criação de animais, cultivo e irrigação de hortas. Porém, a cada dia esses corpos hídricos têm sido impactados por estas atividades antrópicas. Na maioria das vezes são nas regiões metropolitanas que rios, lagos e lagoas são aterrados com resíduos sólidos e lixo, muitos têm sua margem invadida por habitações sem nenhuma infra-estrutura de saneamento, logo os dejetos produzidos são despejados no leito destes corpos, ocasionando assim, diversas formas de degradação ambiental.

Sabe-se que toda e qualquer forma de vida no planeta Terra necessita de água para sobrevivência. Segundo Braid (2004), mais de 97% da água do mundo é água de mar, indisponível para beber e para a maioria dos usos agrícolas. Três quartas partes da água doce estão presas em geleiras e nas calotas polares. Lagos e rios são as principais fontes de água potável, mesmo constituindo, em seu conjunto, menos de 0,01% do suprimento total de água. Estudos recentes dizem que a agricultura utiliza um quinto da água que escoar para os mares; e as previsões indicam que essa fração atingirá cerca de três quartas partes no ano de 2025.

Os lagos e lagoas costeiras ainda apresentam grande quantidade de água doce, eles são responsáveis pela sobrevivência de muitas espécies aquáticas, como também para o desenvolvimento da fauna e flora que fazem parte de todo o ecossistema ali presente. Existem diversas formas de lagoas em nosso país, algumas são abertas para o oceano e por isso são lagoas com características de águas salobras, outras são corpos fechados que mesmo sendo costeiras são de água doce.

A definição de lagoa ou lagunas passa por vários fatores que ajudam na caracterização e conhecimento destes mananciais. Vários autores estudam este ecossistema tão necessário para o desenvolvimento de muitas espécies. O Brasil é um país que apresenta uma grande quantidade de lagoas costeiras de diversas naturezas, sejam elas diretamente ligadas ao mar ou não. A seguir mostra-se diversos conceitos utilizados para lagoas costeiras.

Segundo Esteves (1998a), “Lagoas costeiras são ecossistemas presentes em todos os continentes sendo áreas de acentuada importância para as populações humanas em função dos recursos alimentares, através da pesca, e também, por apresentarem excelentes áreas de lazer”. Grandes partes das lagoas costeiras da América do Sul encontram-se na costa

brasileira e incluem lagos de água doce até lagoas com características estuarinas ou marinhas.

Para Loureiro *et al*, (2006), as lagoas costeiras são corpos d'água conectados ao oceano e formados como resultado da elevação do nível do mar durante o Holoceno/Pleistoceno e da construção das restingas arenosas através dos processos marinhos, isolando parcialmente ou totalmente os corpos lagunares do oceano.

Segundo Tundisi (2008), define-se lagoa costeira como um lago raso ou como corpos de água conectados a um rio ou ao mar (latim: lacuna; *lacus* – lago). Já para Kjerfve (1994), a definição para lagoa costeira como um conjunto de água raso, costeiro, separado do oceano por uma barreira, conectado pelo menos intermitentemente com o oceano, por uma ou mais conexões restritas e normalmente com orientação paralela à costa.

No Brasil, segundo Esteves (1998b), em geral, usa-se o termo lagoa para referir-se a todos os corpos d'água costeiros e mesmo interiores, independentemente de sua origem. No entanto, menciona o autor, que este procedimento não é correto, uma vez que a maioria das lagoas costeiras são, na realidade, lagoas (ligadas com o mar) ou lagos costeiros (isolados do mar). Os principais processos formadores das lagoas costeiras são os seguintes:

a) lagoas formadas pelo isolamento de enseada marinha ou braços de mar, através de cordões de área;

b) lagoas formadas pelo fechamento da desembocadura de rios por sedimentos marinhos – este tipo é comum em regiões de tabuleiros, como no litoral do Nordeste; por recifes e corais ou por sedimentos fluvio-marinhos;

c) lagoas formadas nas depressões entre faixas de areia que constituem as restingas.

No Brasil as lagoas próximas ao litoral apresentam na composição química da água uma influência das precipitações marinhas, carregadas de íons oriundos da evaporação dos oceanos. Assim, lagos costeiros apresentam concentrações maiores de Na^+ , Mg^+ e Cl^- , em relação aos lagos interiores. Mais ricos ainda são os lagos litorâneos, que recebem aporte de água do mar nos períodos de Marés altas.

2.3.2 - Origem e classificação das Lagoas Costeiras

Os lagos e lagoas de água doce do mundo contêm cerca de 100 vezes mais água que os rios. Desta maneira, conhecer tais ambientes é condição básica para o uso racional da água e a manutenção da qualidade desse recurso essencial (Pedrosa & Resende, 1999). A origem dessas lagoas está associada à ocorrência de fenômenos naturais, de natureza geológica, ou a atuações provocadas pelo homem, portanto de natureza antrópica.

A diferença entre um lago e uma lagoa de acordo com Esteves (1998b), tem como ponto de partida a profundidade da bacia lacustre e a profundidade que alcança a região iluminada da coluna d'água. Como principais processos de formação das lagoas costeiras podemos citar:

a) Lagoas formadas pelo isolamento de enseada ou braços de mar através de cordões de areia – Estes cordões se desenvolvem a partir de pontões rochosos, o seu aumento ocorre devido à deposição de sedimento marinho pela ação de correntes e ondas em condição de submersão marinha interglacial e de ventos em condições de emersão.

Muitas lagunas como lagoas costeiras tem sua gênese vinculada aos mesmos processos transgressivos do mar, que ocorrem a partir do Pleistoceno (gênese da laguna dos Patos e lagoa Mirim, no Rio Grande do Sul) e se prolongam até os últimos dois mil anos do Holoceno, quando ocorreu a gênese da grande maioria das lagoas costeiras do Brasil.

b) Lagoas formadas pelo fechamento de desembocaduras de Rios por sedimentos marinhos – É comumente encontrada em regiões de tabuleiros, originando-se da deposição de sedimentos marinhos na desembocadura de pequenos rios ou por isolamento de estuário de vários pequenos rios. A figura 1 mostra todo esse desenvolvimento até a formação da lagoa.

c) Lagoas formadas pelo fechamento da desembocadura de Rios por Recifes de Corais – A formação de recifes pode represar a desembocadura de rios que buscam o mar. É um tipo de lagoa encontrado no litoral nordestino, onde existem condições favoráveis (temperatura superior a 20° C) para a formação de recifes.

d) Lagoas Formadas pelo Fechamento da Desembocadura de Rios por Sedimentos Fluviomarinhos – É um tipo de lagoa encontrado no litoral fluminense. A deposição de sedimento, tanto pelo mar como pelo próprio rio, provoca o desvio da foz.

e) Lagos Formadas nas Depressões entre Faixas de Areia que constituem as Restingas – É um tipo de lagoa também encontrado no litoral fluminense. São muito rasas e abastecidas por pequenos córregos e pela água da chuva. Segundo ainda Esteves (1998b) as lagoas costeiras lagoas costeiras podem ser classificadas em:

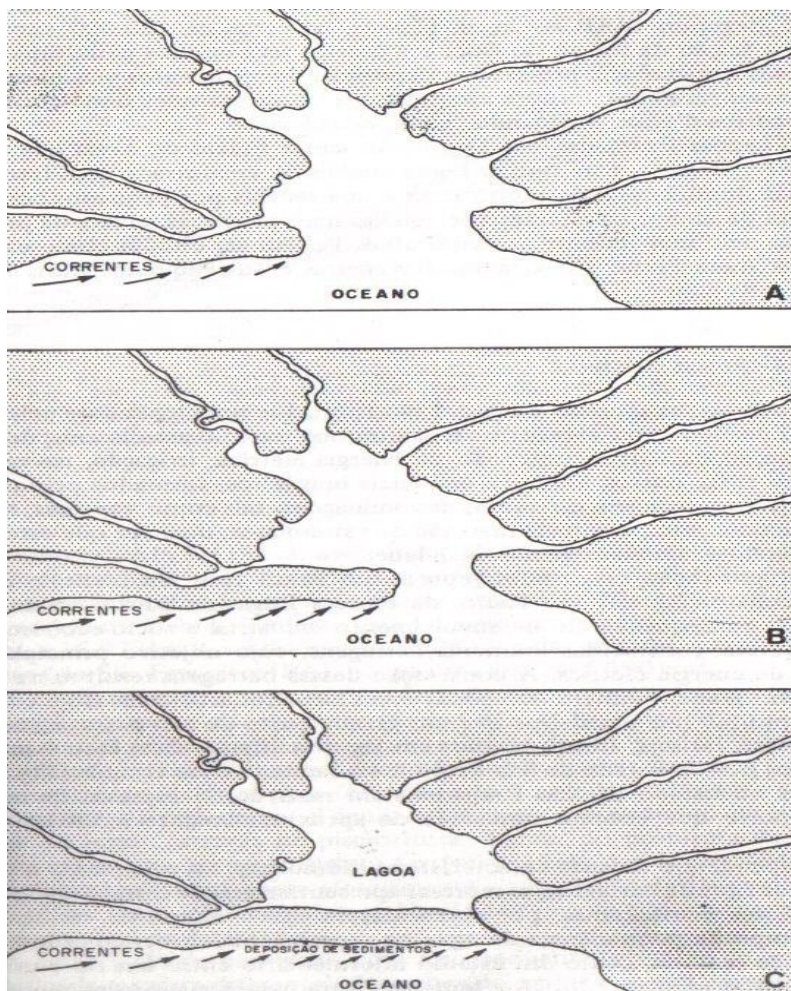


Figura 2.1: Lagoa formada pelo isolamento de um estuário, geralmente transformam-se em ambientes de água no decorrer do tempo.
Fonte: Esteves, 1998b

geomorfologicamente classificadas pelas características dos canais que as conectam com o oceano:

a) Lagunas sufocadas são caracterizadas por uma única ligação estreita com o mar, dissipando a força da maré dentro do canal, sendo sua dinâmica definida essencialmente pelos ventos, alto potencial de acumulação de sedimentos, de eutrofização e de poluição, devido à limitada troca de água com o oceano e dos impactos antrópicos.

b) Lagunas restritas têm normalmente dois ou mais canais de ligação que permanecem conectados com o mar em tempo integral. Tais sistemas são, desta maneira, mais submetidos a variação das marés do que as lagoas sufocadas.

c) Lagunas abertas são caracterizadas pela presença de numerosas enseadas e a presença de um ou mais canais que permitem uma troca intensa da água da laguna com o oceano, resultando num menor tempo de residência da água de todos os sistemas e a salinidade próxima da oceânica e relativamente constante.

De modo geral as lagoas costeiras possuem pequena taxa de renovação de águas, com longo tempo de residência, são efêmeras na escala de tempo geológico e sua existência depende principalmente das flutuações do nível do mar e da interferência humana (Fernandez, 1994). Também podem ser caracterizadas como áreas de rápida acumulação de sedimentos de granulometria fina, ricas em materiais orgânicos de origem autóctone e alóctone, em razão da minimização de fontes de energia como marés, ondas e correntes.

São diversas as características das lagoas costeiras, pois algumas apresentam elevada produtividade primária, isto devido a drenarem rios que percorrem solos que apresentam material húmico e fúlvico, em contraste com águas da plataforma oceânica, colocando algumas destas lagoas como um sistema altamente elevado de produtividade e com elevada produção pesqueira.

Segundo ainda Esteves (1998b) as lagoas costeiras são classificadas em:

- **Lagoas costeiras de águas claras** – são na maioria dos casos lagunas, cujas águas provêm do oceano e/ou de rios. Em muitos casos, as águas claras resultam de aporte fluvial que drena terrenos que fornecem poucos elementos particulados ou componentes solúveis para a solução;

- **Lagoas costeiras de águas escuras** – têm suas águas originadas, principalmente, do lençol freático de áreas arenosas, ou de rios cujas bacias de drenagem percorrem terrenos arenosos, como aqueles típicos de restinga. Esses ecossistemas apresentam elevados compostos fúlvicos e húmicos que resultam da decomposição dos restos de folhas que caem no solo dando assim características a cor dessas lagoas.

Segundo Thomaz *et al*, (2002), lagoas costeiras de águas escuras podem ser caracterizadas de forma geral pelo metabolismo heterotrófico, principalmente devido à limitação de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) à produção primária. Lagoas de águas claras podem, por sua vez, apresentar incremento no grau de heterotrofia em virtude do enriquecimento de nutrientes e de matéria orgânica pós-abertura de barra de areia.

Em relação ao zooplâncton as lagoas costeiras apresentam baixa biodiversidade, e macrófitas aquáticas. Porém, devido ao grande aumento da poluição, observa-se uma grande ploriferação de diversos tipos de macrófitas aquáticas. Algumas até exóticas para determinados tipos de regiões. As macrófitas aquáticas são importantes componentes dos ecossistemas aquáticos e inundáveis, por fornecerem a base da cadeia alimentar, incrementarem a biodiversidade e ainda serem peças-chave no ciclo dos nutrientes (BRANCO, 1998).

A salinidade é um dos mais importantes fatores ambientais que determinam a colonização e a biodiversidade nas lagoas costeiras devido a introdução de água de chuva nesses ambientes fazem com que a salinidade presente nas mesmas tenha uma variabilidade estacional, a salinidade também irá variar em função da contribuição da água costeira (durante a maré alta) por meio de canais aberto natural ou artificialmente, ou por meio da contribuição de ventos (*spray marinho*). Em estudos de Esteves *et al*, (1984), classificam as lagoas costeiras no nordeste do Estado do Rio de Janeiro em:

- Águas doces até típicas eualinas (30‰)
- Águas doces até oligoalinas (0,5 ‰ - 5‰)
- Oligoalinas (0,5‰ - 5‰) até mesoalinas
- Eualinas (5‰ - 18‰) durante todo o ano (> 30‰)

2.3.3 - A importância das Lagoas Costeiras

As lagoas representam 15% da zona costeira de todo o mundo e estão entre os ecossistemas mais produtivos da biosfera. Estes corpos d'água servem a diversas atividades antrópicas relacionadas com a alimentação, energia, transporte, recreação e urbanismo e o seu balanço natural pode ser facilmente perturbado, muitas vezes de forma irreversível e sempre acompanhado de problemas socioeconômicos (BARROSO *et al*, 2000).

Os ecossistemas lacustres como as lagoas costeiras têm grande importância, tanto para as diversas atividades que elas oferecem para o homem como também, a disposição que ela apresenta para o equilíbrio do ecossistema ali presente.

A compreensão da dinâmica destas lagoas costeiras é importante não só para o entendimento do metabolismo de ambientes lacustres tropicais, como também para auxiliar programas que visem sua conservação e utilização racional. As lagoas costeiras contribuem para: (Esteves, 1998a).

- (i) A manutenção do lençol freático
- (ii) Para a estabilidade climática local

Porém, é como ecossistema que o homem tem utilizado e assim, percebido a importância destes corpos hídricos, e esta percepção se dá através das diferentes formas com que o homem pode utilizar-se dos vários produtos e serviços proporcionados pelas lagoas costeiras.

O homem utiliza esses corpos hídricos em diversas atividades. Porém, para o uso adequado é preciso que os mesmos estejam dentro dos padrões de potabilidade e balneabilidade, como exige a resolução CONAMA 357/05 que apresenta padrões para a água

em relação à qualidade física, química e biológica. Não somente o homem beneficia-se de uma água de boa qualidade, mas os animais que ali habitam as aves, os peixes, toda e qualquer forma de vida. Toda cadeia alimentar ali presente desenvolve processos que levam ao equilíbrio de todo o corpo hídrico e assim, tanto o homem como toda e qualquer espécie ali presente tornará aquele meio conservado e útil.

Dentro dos vários produtos de grande importância para a economia e a ecologia citados por Esteves (1998a), são:

Produtividade biológica – É expressa em quantidade de carbono produzido por unidade de área de tempo ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{ano}$). A figura 2 apresenta o valor médio de produtividade de $280\text{g C}/\text{m}^2 / \text{ano}$ das lagoas costeiras, que equivale aos valores apresentados pelos estuários, estes são considerados os ecossistemas aquáticos mais produtivos que se conhecem.

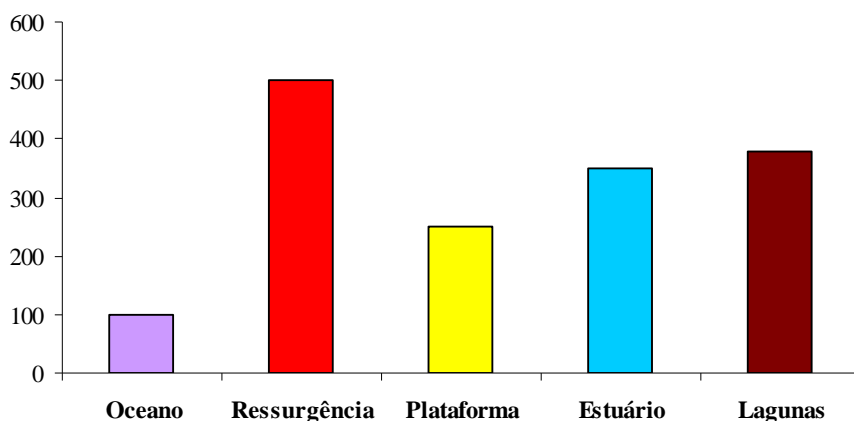


Figura 2.2: Produtividade média anual de diferentes ecossistemas aquáticos

Fonte: Koppers, 1994 - (Adaptado por Nascimento, A. P. 2010)

Como podemos observar através deste gráfico as lagoas costeiras apresentam um valor de produtividades primário até maior que os estuários que são denominados o berço da produtividade primária. Isto mostra a grande importância ecológica apresentada por este ecossistema. Esta produtividade irá ser mostrada através de uma elevada produção pesqueira, como é apresentado em estudos feitos por Coutinho *et al*, (1999) na lagoa de Aruaruma, situada no litoral fluminense com características de alta concentração salina. Além da

produção pesqueira, o homem também se utiliza de algumas macrófitas aquáticas utilizadas em confecções de cestos, esteiras e outros objetos.

Biodiversidade – A biodiversidade nestes ambientes é muito elevada e significativa para o sustento de muitas comunidades, pois algumas destas lagoas são conhecidas como depositárias da biodiversidade aquática. São vários os organismos presentes, que vão desde os invertebrados até os peixes.

Reservatório de água doce – A disponibilidade de água doce no planeta tem sido perdida através de diversos sistemas. Dentre eles podemos citar o uso irracional da água, nas cidades, na agricultura e na indústria. A cada dia cresce mais ainda a necessidade de ter água de qualidade para diversos usos que necessitam de determinado padrão. Vários estudos mostram que a água é essencial para a implantação de indústria seja qual ramo incida. Na agricultura a irrigação é o carro mestre para uma cultura de qualidade sem prejuízos nas safras. Toda essa água utilizada em diversos fins são subsidiadas através de canais, rios, açudes. Porém, lagoas costeiras de águas doces também podem ser exploradas para o uso doméstico, irrigação e balneabilidade, é preciso que de forma consciente e reacional as mesmas sejam utilizadas. A lagoa Grande, objeto de estudo deste trabalho tem parte de sua água utilizada para abastecimento do Município de Paracuru e para a Subsidiária Petrobrás. E tantas outras no litoral cearense são exploradas de alguma forma.

Serviços – As lagoas costeiras de nosso país como já mencionamos anteriormente tem sido empregadas em diversas áreas. Muitas comunidades ocupam suas vidas em torno destes ecossistemas e delas tiram muitas vezes o sustento, e muitos são os serviços que tais ecossistemas aquáticos podem oferecer a comunidade, dentre eles podemos citar:

- Área de lazer de excelente qualidade;
- Controle de inundações;
- Receptor de efluentes domésticos e industriais tratados;
- Valorização imobiliária das áreas do entorno;
- Beleza cênica e harmonia paisagística e valorização turística da região.

A utilização e conservação das lagoas costeiras tornam-se um ato importante para o desenvolvimento econômico no qual aquela comunidade esta inserida. Todos podem adquirir ganhos de tal maneira que a qualidade de vida naquela região pode desenvolver estratégias de turismo em vários segmentos que a lagoa pode proporcionar. Por isso do uso racional deste ecossistema que tornará aquela região auto sustentável e conseqüentemente irá gerar mais emprego, renda e uma qualidade de vida melhor.

Em estudos feitos por Matias et al, (2003) a lagoa de Jijoca, localizada no município de Jericoacoara-Ce, é um exemplo de um ecossistema que é utilizada pela população irracionalmente, a mesma precisou ser decretada área de preservação permanente para que a população local possa conscientizar-se da importância ecoturística em termos de riqueza florística, hídrica e paisagística que a mesma proporciona a região.

2.3.4 – As Lagoas Costeiras no Nordeste Brasileiro

As planícies litorâneas arenosas de idade quaternária existente ao longo da costa brasileira resultaram da ação conjunta de fatores como: fonte de areia, correntes de deriva litorânea, variações do nível relativo do mar e barreiras de contenção para retenção de sedimentos (SUGUIO & TESSLER, 1984).

Estas planícies estão quase sempre relacionadas a cordões litorâneos regressivos, paralelos à linha da praia, conseqüência de elevações e abaixamentos do nível do oceano. Essas planícies de cordões arenosos são, geralmente, ocupadas por comunidades vegetais características e diversificadas, resultado de fatores ambientais locais, como topografia, proximidade do mar, condições do solo, profundidade do lençol freático, bem como pelas diferentes inter-relações, aumentando em complexidade na medida em que estão mais distantes do oceano (LACERDA *et al*, 1993).

Além dessas feições associadas aos diferentes tipos de vegetação, deve ser mencionada a presença de inúmeras lagoas normalmente relacionadas às depressões entre cordões, à chegada de pequenos córregos ou à localização superficial do lençol freático. Tais corpos d'água apresentam diferentes tamanhos e características, sendo permanentes (mantidos

por afloramento do lençol freático) ou temporários (ocorrendo apenas pela acumulação de água em épocas de grande precipitação) (ESTEVES *et al*, 1999).

Lagoas costeiras, baías e mangues são regiões de grande importância para os peixes e crustáceos, por constituírem locais de refúgio, reprodução, criatório e fonte de nutrientes para a fauna subaquática e anfíbia. Os mangues desenvolvem-se em planícies inundáveis onde as águas dos rios misturam-se com as do mar. Muitas espécies de aves e mamíferos também freqüentam esses locais em busca da alimentação farta que proporcionam.

As lagoas e os lagos costeiros representam o ambiente ideal para algumas espécies, defendem as terras da agressão da salinidade, preservam os litorais da erosão marinha, funcionam como reguladores do clima, quer na zona costeira quer no interior; além de possuir grande importância econômica, social e turística para diversos municípios, quando utilizados racionalmente. Entretanto, esses corpos aquáticos são pouco conhecidos ecologicamente (CAVACA, 1992; OLIVEIRA *et al*. 2000).

A planície costeira do Estado do Ceará possui diversos ecossistemas, dentre eles, os lacustres, cujas áreas são bem variadas. Muitos estudos foram realizados nestes ecossistemas, destacando-se:

- Estudos realizados por Gomes (1998), onde foi realizada uma pesquisa sobre as condições limnológicas da lagoa do Uruaú, Beberibe-Ce.

- O trabalho realizado por Nascimento *et al*, (2004), o estudo foi do tipo descritivo-documental e teve como objetivo levantar dados que permitissem conhecer os fenômenos ambientais ocorridos na Lagoa da Precabura, localizada na cidade de Fortaleza – Ce; sendo uma das maiores em extensão do município, seu espelho d'água esta dividido entre os municípios de Fortaleza e Eusébio. Apresenta fauna urbana de ambiente lacustre, porém a mesma tem vários tipos de agressões.

- Em estudos realizados por Oliveira & Becker (2006), a lagoa do Sal foi caracterizada limnologicamente, a mesma localiza-se no litoral leste do Ceará. No município de Beberibe – CE. É uma área com forte atração turística e com grande especulação turística.

- Chagas & Suzuki (2005), no trabalho realizado apresenta a variação hidroquímica da lagoa do Açú, sendo utilizada a variação espacial e temporal de algumas variáveis limnológicas para entender a estrutura e funcionamento desta lagoa que é isolada e fortemente influenciada pela sazonalidade.

Um dos pontos que fazem com que o Estado do Ceará possua uma grande quantidade de ecossistemas lacustres, é a geomorfologia na qual o Estado está inserido. Neste contexto, apresenta 573 km de praias arenosas compostas de dunas e falésias intercaladas por lagos costeiras e áreas estuarinas com manguezais. O predomínio de geofácies que apresentam sedimentos inconsolidados aliados aos fortes ventos alísios de leste que removem uma corrente de deriva praticamente unidirecional e criam um “rio” de sedimentos paralelos à linha de costa, resultam num ambiente altamente dinâmico com uma linha de costa em constante processo de rearranjo sedimentar. (CAMPOS, 2004).

Além de processos marinhos, são evidenciados no Ceará processos fluviais, eólicos e fluvio-marinho. Em consequência, são encontrados tanto ecossistemas lacustres de água doce como lagoas com características marinhas e estuarinas. Algumas destas apresentam caráter sazonal, permanecendo, portanto, secas no período de estiagem e cheias no período chuvoso. Outras recebem água apenas nas marés altas (GOMES, 1998).

A lagoa Grande, ecossistema objeto deste estudo apresenta como característica uma litologia interdunar, onde em períodos de estiagem é abastecida através de seu lençol freático. Investigações ecológicas que possuem o intuito de compreender e caracterizar a dinâmica as lagoas costeiras são de fundamental importância, não só para o entendimento do metabolismo dos ambientes lacustres tropicais, como também para estabelecer e direcionar programas com fins de conservação e utilização racional desses ecossistemas.

2.3.5 - Degradação ambiental das Lagoas Costeiras

A descaracterização dos corpos hídricos tanto superficiais como subterrâneos tem sido um ponto muito abordado entre os especialistas que desenvolvem pesquisas nesta área. Não só os rios e mares são os ecossistemas mais impactados pelas atividades humanas. Porém, lagoas costeiras, interiores e lagos também tem sido atingidos por diversas atividades.

Nestes ambientes, não somente o meio terrestre é degradado, o meio aquático é submetido a diversas formas de poluição e contaminação que muitas vezes levam estes recursos a um desequilíbrio do meio com conseqüências muitas vezes irreversíveis a toda fauna e flora que nele habitam e o utilizam para sobrevivência.

Para Soffiati (1998), os ecossistemas aquáticos fazem parte do desenvolvimento da vida humana e tornam-se alvo impotentes das atividades por eles desenvolvidas em seu meio. A seguir observa-se em suas palavras a verdade inserida nas modificações ambientais geradas pelo homem que diz:

Rios, lagoas e brejos não mais são vistos, pelo novo paradigma organicista, como espaço inerte, cenário, palco para seres humanos representarem seus dramas. São também atores da história. Uma lagoa, por exemplo, é um ecossistema com estrutura e dinâmica próprias que responde às agressões humanas. Suprimir um ecossistema lagunar significa eliminar inúmeros nichos ecológicos, empobrecer a biodiversidade, produzir alterações no microclima e perturbar as permutas entre águas superficiais e subterrâneas, pelo menos. Efetuar intervenções antrópicas numa lagoa sem detalhado conhecimento prévio pode gerar desestratificação térmica, reduzir a rica zona litorânea e perturbar todo o equilíbrio ecológico

Segundo Esperling (1993), os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água, a geração de energia, a navegação, a aquíicultura e a harmonia paisagística. A água representa, sobretudo o principal constituinte de todos os organismos vivos, porém, nas últimas décadas, esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, o que acaba resultando em prejuízo para a própria humanidade.

Como o estudo aqui proposto é sobre uma lagoa costeira, e por encontrar-se em locais de alto valor imobiliário comercial, as lagoas costeiras brasileiras têm sofrido cada vez mais a pressão das atividades antrópicas, com conseqüente degradação ecológica e paisagística. Para Leal (2002), destacam-se como principais formas de degradação das condições naturais das lagoas costeiras:

1. Lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais;
2. Aterro das margens;

3. Aceleração do assoreamento da bacia;
4. Dragagens para retirada de areia;
5. Degradação da vegetação terrestre no entorno da lagoa ou ao longo de seus tributários;
6. Introdução de espécies de peixes exóticos, como a tilápia; e
7. Edificações à margem das lagoas.

2.3.6 – Características hidrológicas e hidrogeológicas das Lagoas Costeiras

Uma das formas para o estudo dos corpos hídricos como as lagoas costeiras, está associada à relação entre bacia hidrográfica e a contribuição que a mesma oferece as diversas quantidades de água existentes.

As bacias hidrográficas constituem ecossistemas onde podem ser avaliados impactos ambientais e assim dimensionados suas magnitudes, sendo considerada uma unidade básica de planejamento ambiental (Lima, 1986). Porém, algumas destas bacias vem sofrendo com a urbanização desordenada. Como exemplo podemos citar a bacia da lagoa da Conceição, localizada no litoral fluminense no estado do Rio de Janeiro, é um exemplo em que este meio está sofrendo com as conseqüências da poluição por efluentes domésticos, que afeta a biota e balneabilidade de suas águas (BARBOSA, 2003).

Segundo Constanza (1997), as bacias hidrográficas são responsáveis pelo provimento de uma série de serviços ambientais, que satisfazem e sustentam direta ou indiretamente a vida humana, como armazenamento, regulamentação e provimento de água, controle de cheias e secas, proteção do solo contra erosão, controle de sedimentação, proteção de encostas, interceptação vertical e recarga de aquíferos. Em uma área onde esta inserida a bacia em estudo, os serviços ambientais que a mesma pode oferecer estão intimamente ligados a uma série de fatores ambientais tais como: clima, geomorfologia, solos, cobertura vegetal e uso de ocupação do solo da bacia hidrográfica.

Geomorfologia – explica a variação da paisagem dentro de um contexto histórico e com repercussões contemporâneas, dando uma noção de dinâmica e inter-relações (LACERDA & ALVARENGA, 2000).

Cobertura Vegetal – as variações da cobertura vegetal e o uso e ocupação dos solos permitem relacionar os comportamentos hidrológicos em microbacias e os seus efeitos integrados nas bacias hidrográficas (VALCAREL, 1998).

A cobertura vegetal permite a redistribuição da água da chuva no meio físico, pois influenciam no amortecimento, direcionamento e retenção das gotas das chuvas que chegam ao solo, afetando a dinâmica do escoamento superficial e o processo de infiltração (Arcova ; Cicco,1999). Assim, o abastecimento de água é favorecido e a variação de vazão ao longo do ano reduzida, além do retardamento dos picos e cheias.

No estudo das bacias hidrográficas, uma importante característica a ser observada é a área da bacia hidrográfica que dá efeito direto na captação de água da precipitação, e que serve de parâmetro fundamental para obtenção de diversos outros aspectos ligados ao tema (Silveira, 1997). De acordo com o fluxo interno de água as lagoas costeiras podem ser assim divididas:

- Através da entrada e saída de água marinha são equivalentes num ciclo completo de maré;
- Por evaporação das águas da lagoa, isso faz com que a entrada de água marinha seja maior do que a saída, produzindo um ambiente de sabkha, onde a evaporação intensa provoca a precipitação de sais (evaporitos) e carbonatos.
- O fluxo de água doce do continente força o fluxo da água da lagoa em direção ao mar.

A Lagoa Grande, localizada a poucos metros do mar, pode ser inserida em virtude de suas características como uma lagoa de fluxo de água doce do continente. Suas águas são utilizadas para abastecimento público e uso industrial. Muitas lagoas costeiras tem seu fluxo de água sendo abastecido através de lençóis d'água. Alguns destes ecossistemas estão localizados entre dunas, as mesmas servem como ambiente que acumula as águas pluviais e assim, abastecem esses ecossistemas por longos períodos de estiagem.

Correia (2004), define dunas como um corpo de areia acumulados pelo vento, que se elevam formando vários cumes (campos de dunas). A existência de dunas decorre dos

seguintes fatores: vento forte e constante em direção ao continente e permanente suprimento de areia. Ressaltamos a importância de compreender os campos de dunas e a formação dessa geofácia no ecossistema, as suas relações e interações com o solo, a vegetação, bem como o papel que os campos de dunas desempenham no ecossistema.

As dunas litorâneas são formadas por sedimentos arenosos selecionados, do Holoceno, estando sobrepostos a uma litologia mais antiga. Em sua maioria, as areias que as compõem são de origem continental e foram transportadas fluvialmente até a costa, depositadas na praia por intermédio da deriva litorânea e posteriormente deslocadas, acumulando-se em forma de dunas (VICENTE DA SILVA, 1993).

As areias quartzosas que formam a maioria dos sedimentos dunares são de granulometria fina, homogêneas e arredondadas, em virtude da ação seletiva do vento. Estes sedimentos possuem em geral uma coloração branca e amarelada, enquanto dunas mais antigas apresentam tonalidades mais avermelhadas ou amareladas.

Conforme Sales (1993), as dunas têm três tipos de formações:

- **DUNAS MÓVEIS:** formam um cordão praticamente contínuo, paralelamente à linha da costa, e migram livremente pela Planície Litorânea, quando não ocorrem obstáculos estruturais à mobilização de sedimentos. As dunas móveis em sua fase inicial são originadas pela deposição eólica dos sedimentos arenosos levados até a praia pela ação marinha. O predomínio e a intensidade dos ventos oriundos do mar são, portanto, os principais fatores de formação e mobilização das dunas móveis, que em geral têm encosta suave a barlavento e uma mais abrupta a sotavento. As dunas móveis, primárias ou vivas, não possuem cobertura vegetal, são instáveis e migratórias.

- **DUNAS SEMIFIXAS OU ESTÁVEIS:** Encontram-se parcial ou totalmente cobertas pela vegetação pioneira, como salsa-da-praia (*Ipoméa asarifolia*), bredo-da-praia (*Iresine portulacóide*) e o cipó-da-praia (*Reminea marítma*). Esta vegetação torna a duna semifixa, pois evita o trabalho dos ventos no deslocamento dos sedimentos.

- **DUNAS FIXAS:** Localizadas mais para o continente são secundárias ou mortas, recobertas por uma vegetação arbóreo-arbustiva, estando, portanto, imobilizadas e

bioestabilizadas. Caracterizam-se pela presença de processos incipientes de edafização, dominando associações de solos representados de areias quartzosas e rigossolos. Dentre as espécies vegetais de porte arbóreo-arbustivo, podemos destacar o cajueiro (*Anacardium occidentale*), murici (*Byrsoni spp*), guajiru (*Chrysobalanus isaco*), dentre outras espécies.

O campo de dunas estabelece grande armazenamento aquífero sendo relacionado devido à permeabilidade dos elementos dunares, e ainda, por meio dos processos de percolação e ressurgência, vão alimentar os recursos hídricos superficiais das proximidades ou nas pequenas depressões entre as dunas interiores. Daí a importância desse ecossistema na alimentação do lençol subterrâneo, como também na formação de lagoas interdunares, sendo, portanto, um ambiente de alta vulnerabilidade (VICENTE DA SILVA, 1993).

CAPÍTULO III – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 – Características da Lagoa Grande

3.1.1 – Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em uma lagoa costeira, Lagoa Grande. Localizada na região Nordeste do Estado do Ceará, no município de Paracuru, que está inserida na Bacia hidrográfica do Rio Curu. Esta lagoa é um dos principais mananciais hídricos desta cidade.

Na região na qual está localizada existem as dunas de Paracuru que integram parte dos ecossistemas da planície litorânea daquele município. Constituem a faixa costeira e em seguida os terraços marinhos com presença de restinga. A Lagoa Grande apresenta uma área de 80.021,029m² e um volume médio de 154.129,94 m³. A figura 3.1 apresenta imagem de satélite da Lagoa Grande. A figura 3.2 apresenta o mapa de localização do município de Paracuru.



Figura 3.1: Foto Satélite da Lagoa Grande em Paracuru – Ceará

Fonte: Google Earth

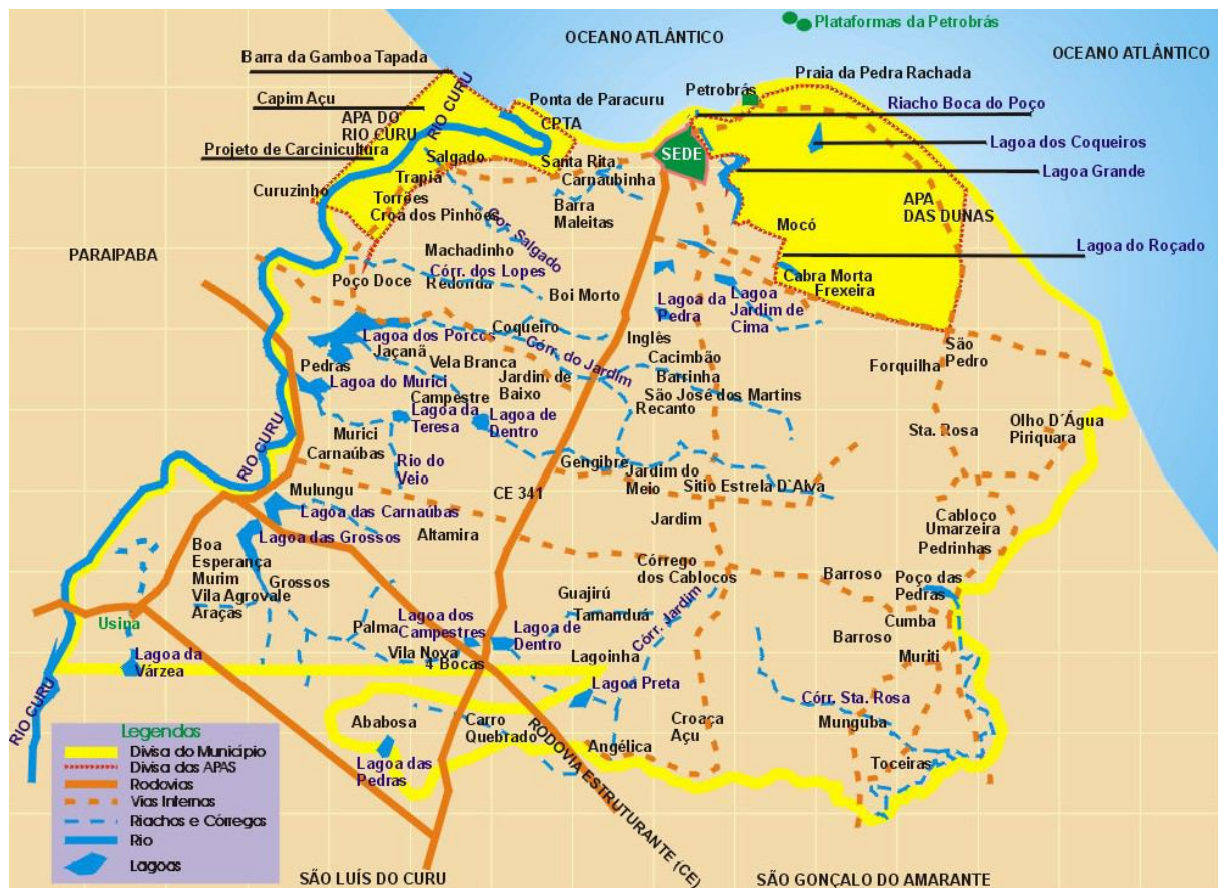


Figura 3.2: Mapa do Município de Paracuru. (Fonte: BETTY,2005)

O município de Paracuru está localizado a 85 km da capital Fortaleza, Estado do Ceará, teve sua criação em 1890 seu nome tem origem do tupi, que significa Lagarto do Mar. O município tem uma população de 32.116 habitantes, limitando-se ao Norte e à Oeste com o Oceano Atlântico e Paraipaba, a Leste com São Gonçalo do Amarante, e ao Sul com São Gonçalo do Amarante e o Oceano Atlântico (IPECE, 2009).

O município apresenta área de 303 km² e densidade demográfica de 92,74 hab/km². A economia do município destaca a agroindústria e a pecuária, sendo relevante à criação bufalina e o plantio de flores para exportação como também, a atividade pesqueira que é uma das fontes de renda para sustento de muitas famílias da região (IPECE, 2009).

Os aspectos climáticos da região mostram um clima tropical quente semi-árido brando. Tendo seu período chuvoso entre janeiro a abril, com pluviosidade de 1.238,2 mm e temperatura média de 26° a 28°C, (IPECE/FUNCEME, 2009). Em seus componentes Ambientais pode-se destacar (Quadro 3.1).

Quadro 3.1: Componentes ambientais

Relevo	Solos	Vegetação	Bacia Hidrográfica
Planície Litorânea e Tabuleiros Pré-itorâneos	Solos Aluviais, Areias Quartzosas Marinhas, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Solonchak	Complexo Vegetacional da Zona Litorânea e Floresta Mista Dicotillo-Palmácea	Curu, Metropolitana

Fonte: IPECE/FUNCEME, 2009.

A composição faunística da área é formada por alguns mamíferos, répteis, anfíbios, e várias aves. Os mamíferos são representados pelas raposas, guaxinins, soins e cassacos. Os répteis por camaleões, téjus, tejubinas e as cobras coral, corre campo, cipó e verde. Existem ainda, várias espécies de sapos, jias e pererecas. As aves fazem o espetáculo desta unidade de conservação, pois existem em grande quantidade e variedade, podendo ser encontrados os tetéus, garças, carcarás, gaviões-pega-pinto, carões, perdizes, socós, e, em determinadas épocas do ano, várias aves migratórias (SEMACE, 1999).

A vegetação é diversificada, desde espécies de gramíneas até componentes arbóreos ou arbustivos como o cajueiro, conforme localização na faixa praias, restinga, dunas fixas e semi-fixas (SEMACE, 1999).

No período de estudo, a lagoa apresentava uma grande parte do seu leito coberto por algumas espécies de macrófitas aquáticas como o águapé e a Aninga, popularmente conhecida como “Aningaçu”, “aningaíba” ou ainda “aninga-do-igapó” pertencente à família Araceae que compreende cerca de 105 gêneros e aproximadamente 3.300 espécies (Abreu *et al*, 2007). A figura 3.3 apresenta dois tipos de macrófitas no mesmo ambiente. Já as figura 3.4 e 3.5 apresentam o gradativo aumento destas macrófitas.



Figura 3.3: Presença de macrófitas aquáticas como Água-pé e Aninga no mesmo ambiente da lagoa.

Fonte: Nascimento, A.P. 2009.



Figura 3.4: Grande parte da lagoa tomada pela macrófita aquática Aninga.

Fonte: Nascimento, A.P. 2009.



Figura 3.5: Lagoa fotografada de cima das caixas de água, mostrando o avanço dessas macrófitas aquáticas.

Fonte: Nascimento, A.P. 2009.

A macrófita aquática Aninga (figura 3.6), (*Montrichardia linifera*) é encontrada vastamente nas várzeas amazônicas, sendo achada em diversos ecossistemas inundáveis como os igapós, margens de rios, furos e igarapés. Ocorrendo também em estados como Piauí, Rio de Janeiro, sul do Brasil e Suriname (Abreu *et al*, 2007). Essa espécie pode chegar a 4m de altura e folhas com cerca de 45 – 66 cm de comprimento e 35 – 63 cm de largura.

Na lagoa Grande pode-se encontrar esta espécie expressivamente nas bordas e flutuantes em regiões periféricas. Alguns moradores relatam que um padre trouxe a espécie para a região e com isto começou a proliferar e chegar ao estado em que se encontra.

Estudos realizados por Amarante *et al*, (2009) em relação à caracterização química da espécie, com relação a evidências da sua etnobotânica, a mesma é dita pelos ribeirinhos como venenosa porque em humanos sua seiva causa queimaduras na pele e em contato com os olhos pode causar cegueira. Mesmo assim ela é utilizada tradicionalmente como cicatrizante, tem também propriedade anti-reumática e propriedades expectorantes dentre outras. O mesmo autor apresentou resultados em relação à composição mineral das folhas de Aninga que apresentou

elevados teores de Mn que é considerado tóxico até mesmo para os grandes mamíferos que dela se alimentam, apresentando uma concentração três vezes superior ao limite máximo tolerável para bovinos e bubalinos.



Figura 3.6: Avanço das macrófitas no leito da lagoa.

Fonte: Nascimento, A. P. 2009.

As águas da lagoa Grande são utilizadas para dois destinos, um para a cidade de Paracuru através da CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará, que capta a água bruta, trata e destina a água para abastecimento público, o outro uso é destinado para estabelecimentos industriais, incluindo a Petrobrás.

A SEMACE – Superintendência de Meio Ambiente do Ceará apresenta uma licença de operação desta área como: Sistema de Abastecimento de Água da Sede do Município de Paracuru –Ce.

O manancial está localizado dentro de uma área restrita e murada, porém, na margem da lagoa e no seu entorno encontram-se algumas habitações, algumas de auto poder aquisitivo e outras de baixo poder econômico. A seguir pode-se observar através das fotos 3.7 e 3.8, placas de licença e indicação de área restrita.



Figura 3.7: Placa de licença para uso do sistema de abastecimento do Município de Paracuru – Ceará.

Fonte: Nascimento, A. P. 2009.



Figura 3.8: Placa indicando área restrita - Proteção de Manancial / CAGECE.

Fonte: Nascimento, A. P. 2009.

Nesta mesma área é encontrado o sistema de tratamento de água da CAGECE, que capta a água bruta e faz um pré-tratamento inicial e um químico final para posterior distribuição para o consumo humano. As figuras 3.9 e 3.10 onde mostram o sistema da estação de tratamento e os parâmetros químicos realizados pela CAGECE.



Figura 3.9: Estação de tratamento – CAGECE, Lagoa Grande. Paracuru – Ceará.

Fonte: Nascimento, A. P. 2009.

PARÂMETROS QUÍMICOS		
	ETA	REDE
CLORO RESIDUAL	MÁXIMO: 5,0 mg/L MÍNIMO: 0,5 mg/L	MÁXIMO: 5,0 mg/L MÍNIMO: 0,2 mg/L
TURBIDEZ	MÁXIMO: 1,0 UT	MÁXIMO: 5,0 UT
pH	MÁXIMO: 9,5 MÍNIMO: 6,0	MÁXIMO: 9,5 MÍNIMO: 6,0
COR	MÁXIMO: 15 uH	MÁXIMO: 15 uH
FLÚOR	MÁXIMO: 0,8 mg/L MÍNIMO: 0,6 mg/L	MÁXIMO: 0,8 mg/L MÍNIMO: 0,6 mg/L

* Em referência a Portaria 636/03b. Contudo, a portaria 518 determina um valor máximo de 1,5 mg/L na ETA e Rede de distribuição.

Figura 3.10: Tabela com os parâmetros químicos realizados para controle da qualidade da água da lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Fonte: Nascimento, A. P. 2010.

Segundo a CAGECE/SEINFRA (2009) no ano de 2007 o município de Paracuru apresentou uma taxa de cobertura de água urbana de 85,93%. Em relação ao esgotamento sanitário, no mesmo ano a taxa de cobertura de esgoto urbano foi de 33,12%. As figuras 3.11 e 3.12 apresentam o sistema de captação da água bruta da lagoa Grande para o sistema de pré-tratamento da CAGECE e Petrobrás.



Figura 3.11: Parte do sistema captação de água da CAGECE.
Fonte: Nascimento, A. P. 2009.



Figura 3.12: Sist de captação de água da Petrobrás em Paracuru-Ce.
Fonte: Nascimento, A. P. 2009.

Ao longo do período de coleta de dados para o estudo, pode-se observar à presença de resíduos sólidos a margem da lagoa e habitações, mesmo o manancial estando dentro de uma área restrita. Segundo moradores a lagoa é utilizada para recreação nos finais de semana pela população local. São frequentes atividades como piquenique, pesca, lavagem de animais e roupas. A figura 3.13 apresenta as atividades que o manancial é submetido.



Figura 3.13: Presença de utensílios domésticos para lavagem de roupa.

Fonte: Nascimento, A. P. 2009.

CAPÍTULO IV – MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Pontos de Amostragem

A amostragem das campanhas da lagoa Grande foi realizada em três pontos escolhidos estrategicamente. A escolha destes locais teve por base conhecer o grau de atribuição resultante das ações antrópicas nas margens e seu alcance em relação ao centro deste ambiente e suas extremidades, tendo as respectivas orientações:

Ponto 1: LG₁ – orientado a 4988226 S e 962297 W, com profundidade de 3,90m, situado próximo ao conjunto sistema de captação de água.

Ponto 2: LG₂ – orientado a 497981 S e 962232 W, com profundidade de 2,50m, próximo do centro do manancial.

Ponto 3: LG₃ – orientado a 498059 S e 962224 W, com profundidade de 1,50m, na parte inicial da lagoa.

Foram realizadas três campanhas de coletas, nos meses de julho, agosto e dezembro de 2009. Os pontos de coleta com suas respectivas localizações são apresentados na figura 4.1.

4.2 – Material de Campo, Variáveis e Procedimentos Analíticos Aplicados.

As variáveis analisadas foram definidas conforme sua relevância para caracterização da qualidade física, química e sanitária. Foram consideradas também a disponibilidade de material e a infra-estrutura laboratorial. Os equipamentos utilizados e as variáveis analisadas em campo estão relacionados no quadro 4.1 com as respectivas figuras 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5:

Também, foram analisadas variáveis biológicas: coliformes totais – CT e Fecais, e Clorofila “a” – CL “a”; físicas e químicas: pH, temperatura, cor verdadeira, turbidez, transparência, condutividade elétrica, sódio, potássio, cloretos, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais, amônia total, nitrogênio total, nitrato, nitrito, fósforo total e solúvel (APHA *et al.*, 1998) e (LORENZEN, 1967).

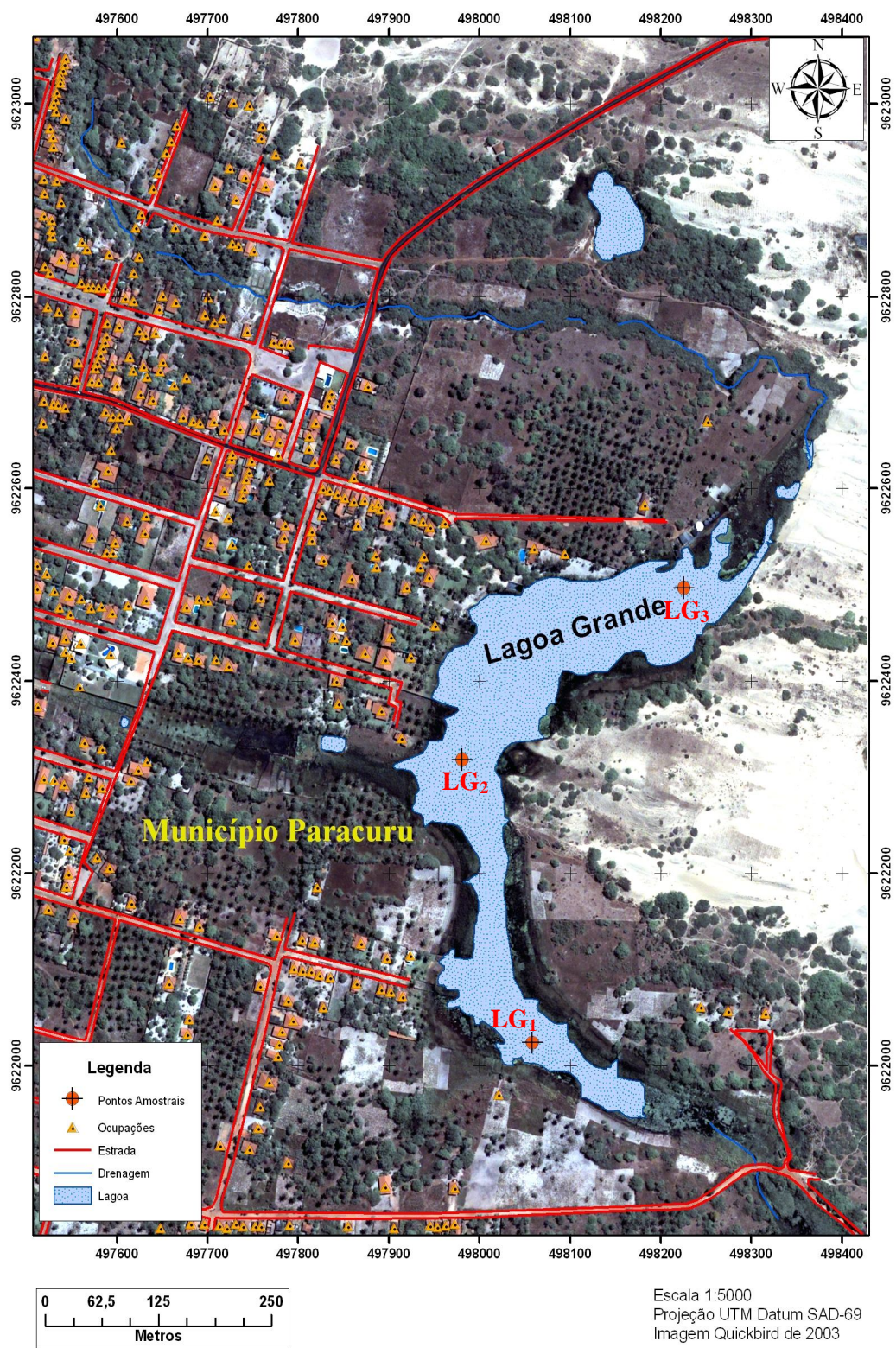


Figura 4.1: Pontos de amostragem da Lagoa Grande, Paracuru-Ce.

Quadro 4.1: Equipamentos utilizados em campo.

Parâmetro	Equipamento
Oxigênio dissolvido, Percentual de Saturação de oxigênio, Temperatura e Condutividade Elétrica	Sonda YSI 85
Transparência da Água	Disco de Secchi
pH	pHmetro
Coleta de Água	Garrafa de Van Dor
Levantamento Batimétrico	Eco sonda Furuno – Modelo GP-1640F



Figura 4.2: Sonda YSI



Figura 4.3: Disco de



Figura 4.4: pHmetro



Figura 4.5: Garrafa de Van Dor

Para realização das análises foram utilizados os seguintes espaços laboratoriais: Laboratório de Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza (LTA-UNIFOR) conjuntamente com o Laboratório de Biogeoquímica do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará que entrou com toda a logística de coleta dos dados.

4.2.1 - Potencial hidrogeniônico – pH

A medida do pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Ele foi obtido através de um pHmetro portátil (pHmetro - Metrohm modelo 826). Este parâmetro é de grande importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção

4.2.2 - Temperatura

A variável temperatura tem significativa relevância no estudo da qualidade da água pois influencia nos processos físicos, químicos e biológicos. A temperatura afeta as comunidades bióticas além de animais e vegetais. A alteração da temperatura se dá através de vários fatores, o vento é um fator de grande influência, pois o mesmo atua sobre a superfície da água, que transfere energia para as camadas inferiores da água do corpo hídricos. Os dados de temperatura foram obtidos através da sonda YSI 85.

4.2.3 - Cor

A cor presente na água pode ser resultada da presença de íons metálicos (ferro e manganês) presente na decomposição da matéria orgânica, presente nas folhas de plantas presente no ambiente lacustre. O método utilizado para determinação de cor foi através do calorimétrico, utilizando espectrofotômetro FEMTO – 800XI.

4.2.4 – Turbidez

A turbidez de uma água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la. A diminuição deste feixe dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca, isto devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos em suspensão, tais como partículas orgânicas, algas e bactérias, plâncton em geral.

Para análise da turbidez foi utilizado o método nefelométrico, utilizando como instrumento o turbidímetro marca TECNOPON TB 1000, modelo 2008, previamente calibrado com suspensões padrões de formazina.

4.2.5 - Transparência

A transparência da água é importante para se avaliar o máximo de penetração da luz, pois a penetração da luz é um fator essencial para a realização da fotossíntese, afetando todo o meio biótico pertencente ao corpo d'água. Através do disco de Secchi branco/preto de 30cm de diâmetro, suspenso em uma corda marcada de 5 em 5cm foi realizado o estudo da transparência da água. Segundo Esteves (1998b), o valor da transparência pode determinar a zona eufótica, ou seja, a porção iluminada da coluna d'água.

4.2.6 - Condutividade Elétrica - CE

A condutividade elétrica é um parâmetro que fornece uma relação íntima de sólidos dissolvidos adicionados às águas nos mananciais. Valores elevados podem indicar a presença de elevadas concentrações de sais na água. A condutividade elétrica foi determinada através de leitura direta da Sonda YSI 85, previamente calibrada.

4.2.7 - Sódio e Potássio

O sódio e o Potássio são elementos que ocorrem em grande abundância na crosta terrestre, especialmente nas águas do mar onde forma enormes depósitos salinos. O método analítico utilizado para determinação de sódio e potássio na lagoa grande foi fotometria de emissão de chama através fotômetro de marca ANALISER, previamente calibrado.

4.2.8 - Alcalinidade

O estudo da alcalinidade é de grande importância para o tratamento de água, pois esta relacionado a presença de sais de ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e hidróxidos. No presente estudo a determinação da alcalinidade de água foi obtida através da titulação de neutralização ácido/base, utilizando como titulante o ácido sulfúrico 0,01 mol/L. Com os dados obtidos na titulação, calculou-se o teor de alcalinidade aplicando-se a fórmula:

$$\text{Alcalinidade Total (mg / L) de CaCO}_3 = V \times 20$$

4.2.9 - Dureza Total, Dureza de Cálcio e Magnésio

A dureza é definida como a medida da sua capacidade de uma determinada água precipitar sabão, isto é, nas águas que a possuem. Os sabões transformam-se em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote. A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio.

A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. O método mais empregado para a determinação de dureza é a titulometria de complexação com solução padrão de EDTA em meio alcalino, utilizando-se Negro de

Eriocromo T (dureza total) e Murexida (dureza de cálcio) como indicadores. Para o cálculo de cada dureza utilizam-se as seguintes fórmulas (1) Dureza Total, (2) Dureza de Cálcio e (3) Dureza de Magnésio:

$$(1) \quad DurezaTotalde(mg / L)CaCO_3 = \frac{V_{(EDTA)} \times 1000 \times Fc}{V_{amostra}}$$

$$(2) \quad DurezadeCa(mg / L) = \frac{V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times PM_{Ca} \times 1000}{V_{amostra}}$$

$$(3) \quad DurezaMg(mg / L) = \frac{(V_{DT} - V_{Ca})_{EDTA} \times M_{EDTA} \times PM_{Mg} \times 1000}{V_{amostra}}$$

4.2.10 - Cloretos

A concentração de cloretos nas águas de abastecimento indica padrão de potabilidade, a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde recomenda um valor máximo de 250 mg/L de cloreto. A determinação de cloreto em águas pode ser realizada pelo método Argemétrico, através de titulometria de precipitação com uma solução padrão de $AgNO_3$ 0,0141 M (técnica de Möhr). Nesse método, o indicador utilizado é o cromato de potássio 5%.

A presença de cloreto ocorre imediatamente a viragem de amarelo para uma coloração vermelho tijolo, indicando que todo o cloreto ali presente foi consumido. Para os cálculos de cloretos na amostra, utiliza-se a fórmula abaixo:

$$Cl^-(mg / L) = \frac{(V_g - V_{AgNO_3}) \times M_{AgNO_3} \times 35,5 \times 1000}{V_{amostra}}$$

4.2.11 - Oxigênio dissolvido - OD

O OD é um parâmetro de grande importância especialmente por ser o principal elemento no metabolismo dos microorganismos aeróbios. Tanto na legislação de classificação das águas naturais como na composição de índices de água (IQAs). Para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido em águas utilizou-se medidor de OD, em que a sonda do eletrodo possui uma membrana que adsorve seletivamente o oxigênio, tendo por base o seu raio de difusão molecular. A Sonda YSI 85 foi utilizada em campo para análise de OD.

4.2.12 - Demanda bioquímica de oxigênio – DBO

É definida como a quantidade de oxigênio requerida para oxidar a matéria orgânica através de decomposição microbiana, sob condições aeróbicas. A DBO avalia a quantidade de oxigênio dissolvido que será consumida pelos organismos aeróbicos ao oxidar a matéria orgânica. Em alguns testes de DBO é necessário que seja realizada diluições, isto quando encontramos águas muito poluídas.

O procedimento experimental para análise de DBO é realizado através de incubação da amostra de água por 5 dias a 20° C, em frascos de vidro adequados conhecidos como frascos de DBO previamente calibrados para 300mL.

Para a diluição das amostras utiliza-se uma preparação de água de diluição para cada litro adiciona-se 1mL das seguintes soluções: Tampão fosfato, Sulfato de Magnésio, Cloreto de Cálcio e Cloreto Férrico.

Após incubação é realizada uma titulação através do método iodométrico, onde é realizada uma titulometria de óxido-redução com solução padrão de Tiosulfato de Sódio e Amido 1% como indicador. Este método é conhecido como técnica de Winkler (Azida Modificada) com fixação prévia do OD no campo. Para o cálculo de DBO, utilizam-se os valores de OD do momento e do quinto dia através da seguinte fórmula:

$$DBO(mg / L) = \frac{OD_{momento} - OD_5 \times 300}{V_{amostra}}$$

4.2.13 - Demanda Química de Oxigênio

A demanda química de oxigênio consiste em uma técnica utilizada para a avaliação do potencial de matéria orgânica redutora de uma amostra, através de um processo de oxidação química em que se emprega o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). A DQO é um parâmetro de grande importância para os estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Para uma maior eficiência do uso da DQO, é importante que seja conjuntamente usado a DBO, para que sejam observados os níveis de biodegradabilidade dos despejos (PIVELI e KATO, 2005).

Para a determinação da DQO é realizada através de oxidantes fortes e em condições ácidas. Através de um sistema de refluxo fechado em tubos com tampas de baquelite rosqueadas aquecidos em bloco digestor a $150^\circ C$ por 3 horas. Após digestão os frascos com as amostras são lidos em método espectrofotômetro FEMTO – 800XI. Preparou-se uma curva de calibração relacionando a absorvância e concentração, utilizando-se o $\lambda = 600nm$.

4.2.14 - Sólidos totais - ST

Os sólidos referem-se aos materiais suspensos ou dissolvidos em água. O procedimento experimental utilizado para ST se dá através da evaporação em banho-maria marca QUIMIS de um volume de 50mL de amostra e sua posterior secagem em estufa de secagem marca FANEM, mod. 315-SE regulada entre $103 - 105^\circ C$ até peso constante. Após todo procedimento experimental as amostras em cápsulas são armazenadas em dessacador para posterior pesagem e estudo da análise. Por diferença de massa obtém-se o percentual de sólidos totais.

4.2.15 – Salinidade

É um parâmetro indicador de influência marinha ou de abundância de cloretos decorrentes de poluição. Para a determinação da Salinidade foi utilizada uma Sonda YSI 85.

4.2.16 - Nitrito e Nitrato

O nitrogênio pode ser encontrado na água em diversas formas, na forma de nitrito e nitratos são oxidados, essas formas podem indicar a distância da poluição ali presente. Para análise de cada nutriente foram utilizados os seguintes métodos:

Nitritos – filtração da amostra e uso de reagentes sulfanilamida e N – 1 (Naftil) etilindiamida para formação de cor lida a $\lambda = 520\text{nm}$ em espectrofotômetro digital.

Nitratos – determinação pelo método do silicato, que usa ácido sulfúrico e NaOH/tartarato como reagentes para desenvolvimento da cor com leitura a $\lambda = 520\text{nm}$ em espectrofotômetro digital FEMTO – 800XI. Os resultados foram obtidos a partir de uma curva de calibração previamente determinada.

4.2.17 - Amônia

O íon amônio é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável. O método utilizado utiliza azul deindofenol com NaOH – EDTA, solução de hipoclorito de sódio e solução fenólica para o desenvolvimento da cor. A leitura foi realizada a $\lambda = 430\text{ nm}$ em espectrofotômetro digital FEMTO – 800XI. Os resultados foram obtidos a partir de uma curva de calibração previamente determinada.

4.2.18 – Sulfato

O Sulfato é o ânion SO_4^- , é um dos mais abundantes íons na natureza. Surge nas áreas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, como o gesso (CaSO_4) e o Sulfato de Magnésio (MgSO_4) e pela oxidação de sulfeto. O enxofre pode ser encontrado na natureza em quatro estados de oxidação que se transformam entre si (Sulfeto, Enxofre elementar, Sulfito e Sulfato).

O método utilizado para quantificação de sulfeto em águas foi o método

clorimétrico do azul de metileno, que é muito utilizado em águas pouco poluídas. Este método é baseado na reação do sulfeto com o cloreto férrico e a dimetil - p - fenilenodiamina, produzindo o azul de metileno. O fosfato de amônio é adicionado para o desenvolvimento da cor e para a remoção da coloração do cianeto férrico. A leitura em espectrofotômetro FEMTO – 800XI foi realizada em comprimento de onda de $\lambda = 430\text{nm}$.

4.2.19 – Clorofila “a”

Para a determinação das concentrações de Clorofila *a* foi utilizado o método de Lorenzen (1967). O método consiste em filtrar 500ml de cada amostra em filtros de acetato de celulose Millipore com porosidade de 0,8mm e diâmetro de 47mm. Em seguida, cada filtro com o material retido foi macerado em tubo de ensaio com 10ml de acetona 90% para a extração dos pigmentos. O processo de extração ocorre num período médio de 24 horas, no escuro a uma temperatura de 4°C.

Após este período, os tubos de ensaio com seus respectivos filtros foram centrifugados por 5 minutos a 3.000 rpm, para a decantação dos resíduos em suspensão. Ao final da centrifugação, foram retiradas pequenas alíquotas de cada amostra, para a medida das amostras utilizou-se um espectrofotométrica FEMTO – 800XI, nos comprimentos de onda $\lambda = 665, 663$ e 630 nm . Aplicando-se os valores da absorbância nas fórmulas estabelecidas pelo método obtiveram-se as concentrações de Clorofila *a*.

4.2.20 – Coliformes Totais e Escherichia Coli

Denomina-se de bactérias do grupo coliforme bacilos gram-negativos, em forma de bastonetes, aeróbios ou anaeróbios facultativos que fermentam a lactose a 35-37°C, produzindo ácido, gás e aldeído em um prazo de 24-48 horas.

O procedimento experimental para análise dos coliformes se deu através do método de substrato cromogênico, onde é feito o teste de presença/ausência das bactérias.

1. Material necessário:

- a) Recipiente de coleta de plástico estéril com tampa;
- b) Substrato Cromogênico;
- c) Estufa bacteriológica;
- d) Lâmpada ultravioleta de 365nm.

2. Execução do ensaio

- a) Coletar a amostra em um frasco estéril.
- b) No próprio frasco adicionar o conteúdo de 1 (um) frasconete contendo o substrato cromogênico;
- c) Fechar o frasco agitar levemente.
- d) Colocar o material do frasco em uma cartela estéril e selar.
- d) Incubar a 35,0 0,5° C durante 24 horas.

3. Interpretação e expressão dos resultados

Passado às 24 horas de incubação, retirar da estufa o material: ao observar a cor amarela, o resultado é presença de Coliformes Totais na amostra. Com o auxílio de uma lâmpada ultravioleta $\lambda = 365 \text{ nm}$, observar se existe fluorescência azul na cartela aproximando a lâmpada da mesma. Caso isso aconteça, significa que há presença de *Escherichia coli* na amostra examinada. Caso a amostra permaneça transparente, o resultado é negativo, tanto para Coliformes Totais como para *E. coli*.

Os resultados são expressos através de contagem direta na cartela dos poços com fluorescência e os de coloração amarela. O número de poços pequenos e grandes são cruzados em uma tabela fornecida pelo fabricante, onde os resultados são apresentados em NMP/100mL – número provável de colônias. Caso a amostra apresente-se muito poluída faz-se diluições 10x , 100x conforme a necessidade.

4.2.21 – Levantamento Batimétrico

O levantamento batimétrico foi realizado pela equipe de campo da GOGHEHR – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Com os seguintes matérias e metodologias utilizados em campo:

1. Material disponibilizado para campo:

- 01 (um) Aparelho de GPS – Garmin 12;
- 01 (um) Notebook;
- 01 (um) Ecobatímetro Furuno – Modelo GP-1640F;
- 01 (um) Carro com reboque;
- 01 (um) Barco com motor.

2. Metodologia:

- Foram coletados no reservatório, a profundidade de 869 pontos, que serviram para a geração das curvas de batimetria;
- A delimitação da bacia hidráulica do reservatório foi feita através de imagens de satélite;

3. Análise e Processamento dos dados:

O trabalho de análise e processamento dos dados foi realizado pelos técnicos da COGERH com o uso dos softwares ArcGIS e extensões ERDAS - IMAGEM ANALYSIS e 3D ANALYST.

4.2.22 – Simulação do Balanço Hídrico, Determinação da bacia de Contribuição, Evaporação, Quantificação do Fluxo Superficial e Precipitação

Para determinação da bacia de contribuição, da Evaporação, Precipitação, e Simulação do Balanço Hídrico na Lagoa Grande no período de estudo a metodologia básica utilizada foi de uma abordagem convencional através de simulação e aplicação de métodos já

utilizados e com dados obtidos no período de estudo como também em anos anteriores. As fórmulas usadas para a Simulação do Balanço Hídrico e a quantificação do Fluxo Superficial são respectivamente:

$$(1) V_{i+1} = V_i - E + P + Q_{\text{sup}} - R$$

$$(2) V = CxixA$$

Para determinação da precipitação da área em estudo, utilizaram-se dados fornecidos pela FUNCEME dos 32 últimos anos de pluviometria na região. Foram calculadas médias mensais e os dados foram colocados em gráficos para melhor visualização pluviométrica da região. A evapotranspiração de espelho d'água da Lagoa Grande foi realizada através de cálculo.

CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Resultados da Caracterização e Monitoramento Preliminar do Corpo Hídrico a partir das Principais Variáveis Físicas, Químicas, Biológicas e Hidrológicas.

A qualidade de um ambiente aquático pode ser definida como um conjunto de concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas, além da composição e o estado da biota aquática encontrado no corpo d'água em termos espaciais e temporais (Meybeck e Helmer, 1992). Considerando que a qualidade da água refere-se a padrão tão próximo possível no natural, torna-se imprescindível à determinação de parâmetros indicadores de qualidade (BRANCO 1991).

5.1.1 – pH e Alcalinidade

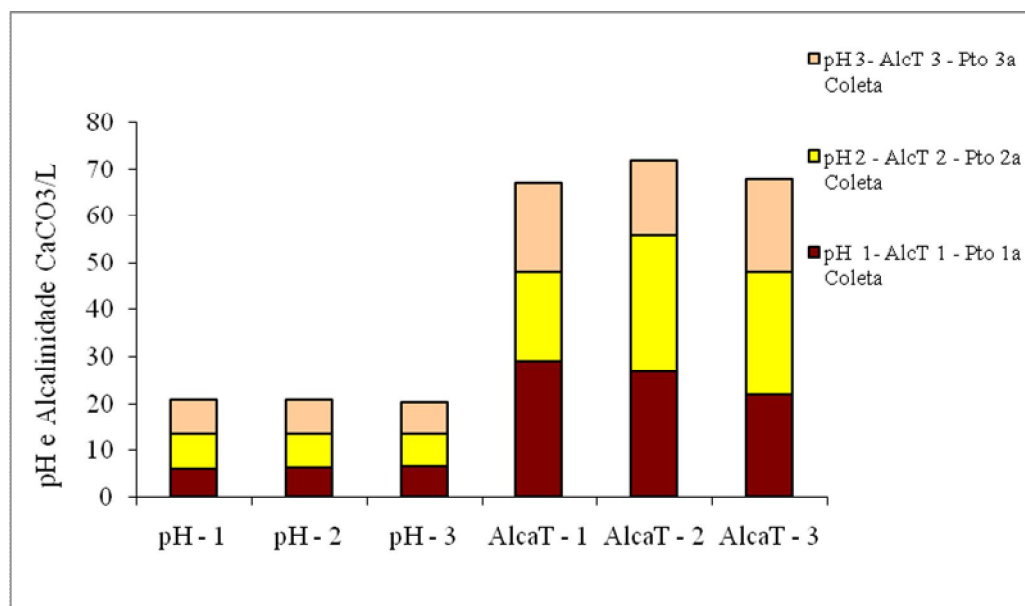
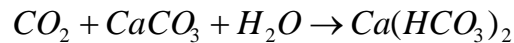


Figura 5.1 – Distribuição dos Valores de pH e Alcalinidade na Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Os valores de pH aumentaram ao longo das coletas como mostra a figura 5.1, com valores mínimos de 6,16 e máximo de 7,32, esses valores encontram-se dentro dos padrões exigidos para padrões de qualidade de água classe I, águas doces da Resolução CONAMA 357/05 mantendo-se dentro da faixa favorável para o desenvolvimento da biota conforme estudos

realizados por Esteve (1998b), que estão entre 6,0 a 9,0. Já a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição. Os bicarbonatos e, em menor extensão, os carbonatos, que são menos solúveis, dissolvem-se na água devido a sua passagem pelo solo. Se este solo for rico em calcáreo, o gás carbônico da água solubiliza, transformando-se em bicarbonato, conforme a reação abaixo:



A alcalinidade apresentou valores baixos, tendo como característica a baixa tendência a neutralização dos bicarbonatos. Isto se comparados a estudos feitos por Oliveira & Becker (2006) em uma lagoa costeira do município de Beberibe. Conforme Siolli (1990), valores de alcalinidade de bicarbonato baixos em ambientes como estes são característicos de ecossistemas lacustres de regiões sedimentares do grupo Barreira, como as regiões litorâneas. Segundo ainda Petrucio (2008) uma ambiente costeiro que tem leve tendência de pH à alcalinidade, provavelmente, seja resultante de compostos tamponantes como carbonatos e bicarbonato também provenientes do spray marinho.

5.1.2 – Dureza de Cálcio, Magnésio e Dureza Total (mg/L de CaCO₃)

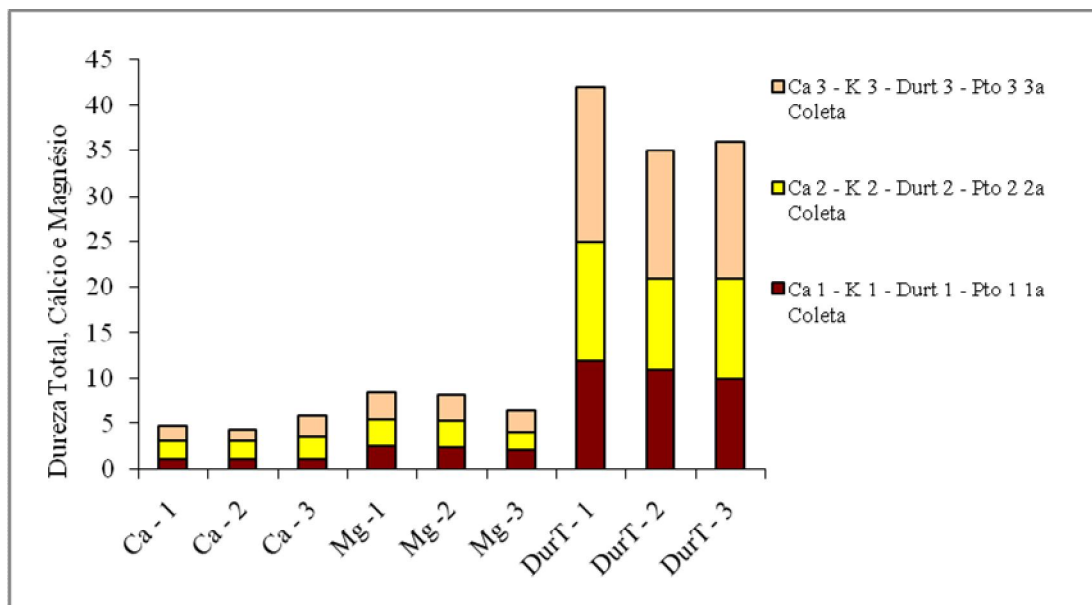


Figura 5.2 – Distribuição dos Valores de Dureza de Cálcio, Magnésio e Dureza Total na Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Segundo classificação das águas, com base no teor de dureza total, águas com valores de 0 – 75 mg de CaCO_3/L são classificadas como brandas (Saweyr, *et al* 1994), o quadro 5.1 apresenta esses valores de dureza. O maior valor de dureza total conforme mostra a figura 5.2, foi encontrado na Lagoa Grande um valor de dureza total de 17 mg de CaCO_3/L , esse mais elevado pode estar relacionado com o final do período chuvoso que segue com diminuição destes valores nas coletas posteriores.

A dureza da água resulta da presença de íons de Cálcio e Magnésio ou de outros cátions em menor intensidade (Mota, 2003). A dureza de Magnésio predominou em relação à de Cálcio, isto demonstra que essas águas têm tendência magnésiana, conforme observado em estudos realizados por Lima (2004) na lagoa das Almécegas. A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para dureza o teor de 500 mg/L de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável. Desta forma podemos concluir que a água da Lagoa Grande é própria para diversos usos.

Quadro 5.1: Classificação das águas segundo a dureza

Concentração em mg/L CaCO_3	Grau de Dureza
0 – 75	Branda ou mole
75 – 150	Moderadamente dura
150 – 300	Dura
Acima de 300	Muito dura

Fonte: SAWEYR, *et al* 1994.

5.1.3 – Sódio e Potássio

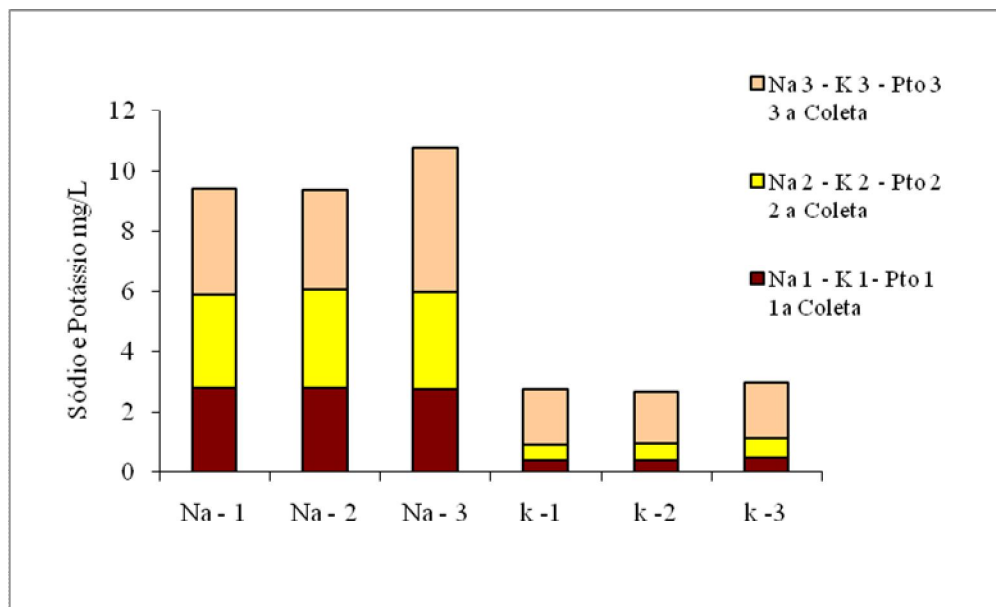


Figura 5.3 – Distribuição dos Valores de Sódio e Potássio na Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Os valores dos íons Sódio foram bem maiores que os valores de Potássio conforme a figura 5.3 mostra. Estes íons apresentam importante fator de troca e transporte de íons para os meios intra e extracelular. A maior presença de sódio na água deve-se, em grande parte, não à sua abundância na composição das rochas, mas à sua grande solubilidade, que o mantém em solução. Por isso, uma importante parcela de sódio constituinte da crosta terrestre está nos corpos aquáticos interiores e marinhos.

Os íons Potássio em menor valor encontrado potássio é também menos solúvel e apresenta grande tendência a reincorporação nas rochas, especialmente nos minerais argilosos. Além dos processos naturais já referidos, uma fonte importante para os corpos límnicos, são as águas residuárias domésticas (METCALF & EDDY, 1991).

Em relação à Resolução CONAMA 357/05 e a Portaria 518/04 os íons em estudo não são mencionados como avaliadores de qualidade de água, entretanto estes seguem associados a outros parâmetros analisados, tornando relevante o seu estudo.

5.1.4 – Condutividade Elétrica – CE e Cloretos – Cl

Uma determinada solução aquosa tem capacidade de conduzir corrente elétrica. Essa habilidade pode ser medida que é a condutividade elétrica, que representa a capacidade da água em conduzir corrente elétrica.

Segundo Esteves (1998b) a condutividade elétrica esta relacionada a capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica, sendo que esta pode variar em função da concentração de íons presentes na água. Conforme a figura 5.4, a Lagoa Grande em seus três pontos de amostragem apresentou valores de condutividades elétrica que variaram de 104,4 a 109,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esses valores foram crescentes no decorrer das coletas, porém, não foram muito elevados.

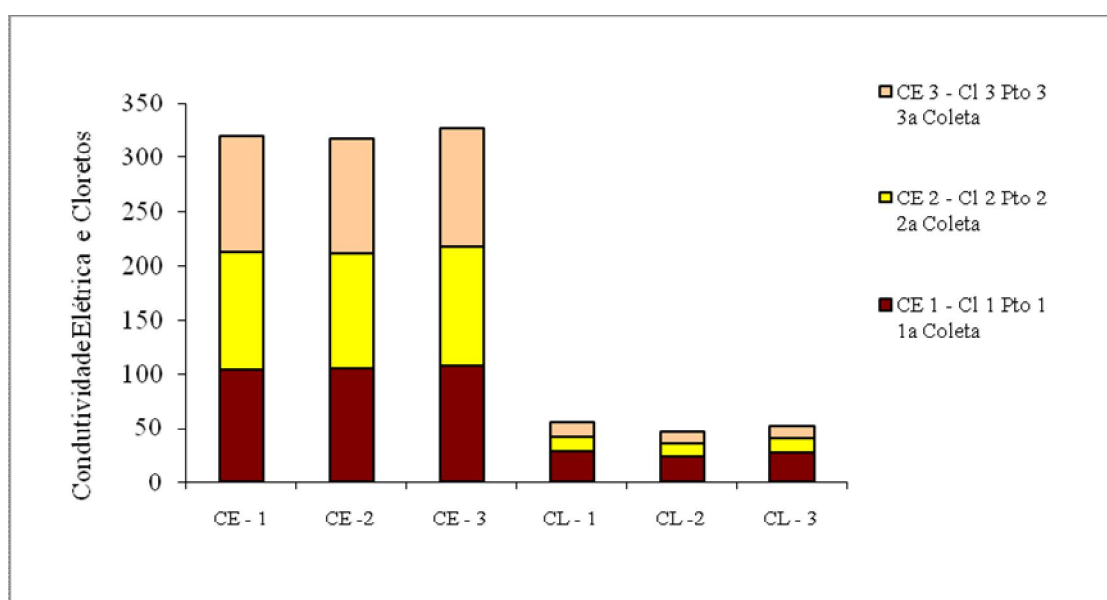


Figura 5.4 – Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica e Cloretos na Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

A redução destes valores pode estar relacionado à contribuição das chuvas como também do lençol freático ali encontrado nas dunas que estão ao redor do manancial. O acúmulo da água da chuva serve como contribuinte direto para a lagoa.

O ponto três apresentou os maiores valores, isto pode estar relacionado a reduzida profundidade do mesmo, essa maior concentração dos íons ali presentes pode estar relacionado a influência da margem e os aportes de sedimentos que contribuem para o aumento dos íons na coluna d'água..

A concentração de Cloreto mostrou valores baixos, se comparados aos valores recomendados pela portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde que estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável.

Os valores de CE e Cl⁻ também podem estar relacionados a ação dos ventos, pois a região onde localizada-se a lagoa é litorânea, precisamente a poucos metros do meio marinho que usualmente esta carregado com íons Na⁺, Mg²⁺ e Cl⁻, são arrastados pela interferência das precipitações marinhas e através do spray marinho chegam ao continente (Esteves, 1998b). Os valores baixos de cloretos indicam que as águas da lagoa apresentam reduzidos aportes de atividades antrópicas conforme observado na figura 5.4.

5.1.5 – Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio

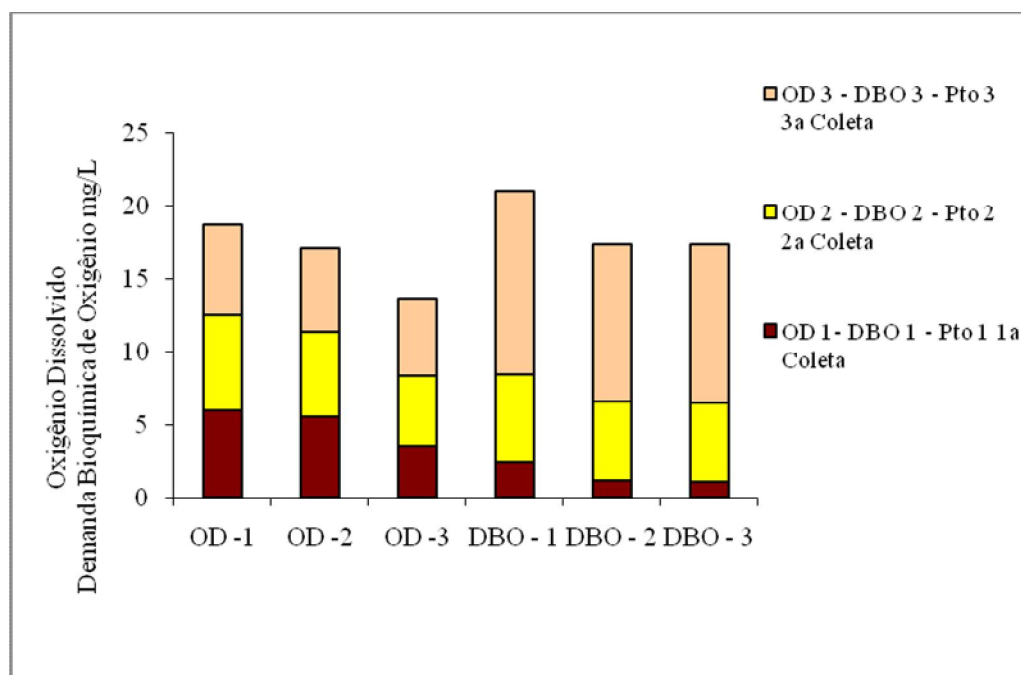


Figura 5.5 – Distribuição dos Valores Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio na Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

O oxigênio é um elemento de grande importância para o homem como também para toda fauna e flora que dele utiliza-se para a sua sobrevivência e manutenção do meio. Uma das características mais importantes da água é a capacidade de solubilização de gases,

especialmente o oxigênio, cujas concentrações influem decisivamente no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, em suas comunidades e no balanço de vários nutrientes (SCHÄFER, *apud* NASCIMENTO, 2006).

Na figura 5.5 observa-se que os valores de oxigênio dissolvido na Lagoa Grande variaram entre 3,53 e 6,46 mg/L. A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 estabelece valores de O₂ superiores ou igual a 6mg/L. O ponto 1, próximo a bomba que capta água para CAGECE e Petrobrás apresentou os melhor valores de OD, variando entre 6,4 a 6,46 de mg/L de OD, esta variação pode estar relacionada com a grande quantidade da espécie Aninga que encontra-se submersa em uma grande parte da lagoa, essas macrófitas são responsáveis pela assimilação fotossintética, como também é mencionada a presença de nascentes de água que dali emergem, com isso pode haver o aumento da concentração de oxigênio no meio aquático.

Também a agitação dos ventos na superfície provoca trocas gasosas com a atmosfera, e como o referido manancial encontra-se a alguns metros da ação marinha, este pode ser fator importante para o aumento do OD. Segundo Wetzel (1981), outra característica para maior oxigenação das águas superficiais esta relacionada à bacia hidráulica, mais aberta e desprovida de vegetação de maior porte, permitindo uma maior ação dos ventos que se dá através da morfometria dos lagos que influencia nas variações horizontais do oxigênio.

O ponto 2 apresentou concentração de OD sensivelmente abaixo do que a Resolução 357/05 exige, o mesmo esta localizado próximo ao centro do manancial, e distante de intervenções das macrófitas aquáticas e ainda apresenta profundidade menor que o ponto 1. Estas características podem levar o mesmo a apresentar a diminuição dos valores de OD.

Como apresentado na figura 5.5 o ponto 3, foi o que apresentou os menores valores de OD, estando compreendidos entre 3,53 a 5,20 mg/L de O₂, Estes valores podem estar relacionados a profundidade do ponto que é de 2m, esses valores estão relacionados a alta produção primária que pode ser observado no estudo da Clorofila “a” como também das elevadas temperaturas a qual a região esta inserida. Em estudos realizados por (Thienemann *apud* Esteves, 1998a) a atividade de microorganismos tem grande contribuição no déficit de oxigênio isto

devido os mesmos necessitarem de grande quantidade de oxigênio para decompor a matéria orgânica acumulada no sedimento que através de maior penetração da luz na coluna d'água, produz uma elevada taxa de produção primária.

Estudos realizados por Thomaz (2002) em lagoas da Capivara e Pousada, o mesmo chega a conclusão em relação à concentração de OD, onde o aporte de matéria orgânica do sedimento das margens e a presença de águas escuras podem ser alguns dos fatores determinantes do decréscimo das concentrações de oxigênio, enquanto a presença de fitoplâncton, macrófitas submersas e perifiton incrementam as concentrações deste gás nos ambientes considerados.

O estudo da DBO esta relacionada a ação de microrganismos presentes no meio que alimentam-se da presença de matéria orgânica nos corpos d'água. Quanto maior o lançamento de matéria orgânica através de esgotos domésticos ou industriais maior o consumo de oxigênio no meio para a transformação dessa matéria orgânica em outras substâncias. Ao analisar os valores encontrados de DBO na Lagoa Grande, pode-se observar que o ponto 1, como mostra a figura 5.5 apresentou resultados entre 1,1 a 2,4mg/L de O₂, valores estes esperados para águas classe I, segundo a o que recomenda a Resolução CONAMA n° 357/05, demonstrando que o referido ponto de amostragem não tem presença de poluição.

Os pontos 2 e 3 apresentaram valores elevados acima do que a Resolução CONAMA 357/05 recomenda, podendo relacionados ao lançamento de meteria orgânica através de esgoto doméstico no manancial. O ponto 3 é um ponto localizado oposto ao ponto 1, tem menor profundidade e próximo ao mesmo existe uma grande quantidade de casas, resíduos sólidos, plantações e criação de animais, o arraste pelas chuvas e ventos de sedimentos também podem resultar no aumento da DBO.

Sabe-se que a DBO mede apenas a fração biodegradável e quanto mais este valor se aproximar da DQO, significa que o efluente será mais facilmente biodegradável. Portanto, foi realizada uma análise de DQO nos três pontos de coleta e os resultados foram: ponto 1: 53,03 mg/L, ponto 2: 125,6 mg/L, ponto 3: 154,62 mg/L. Usualmente a relação DQO/DBO próxima 3/1

Seria recomendável para o tratamento biológico satisfatório. Em relação aos valores encontrados na Lagoa Grande o tratamento biológico seria ineficiente. É observado um aumento gradativo do valor de DQO do ponto 1 para o ponto 3, corroborando com a redução do OD analisado na água da Lagoa, assim evidencia-se a presença de material poluente .

5.1.6 – Turbidez, Cor Aparente e Sólidos Totais

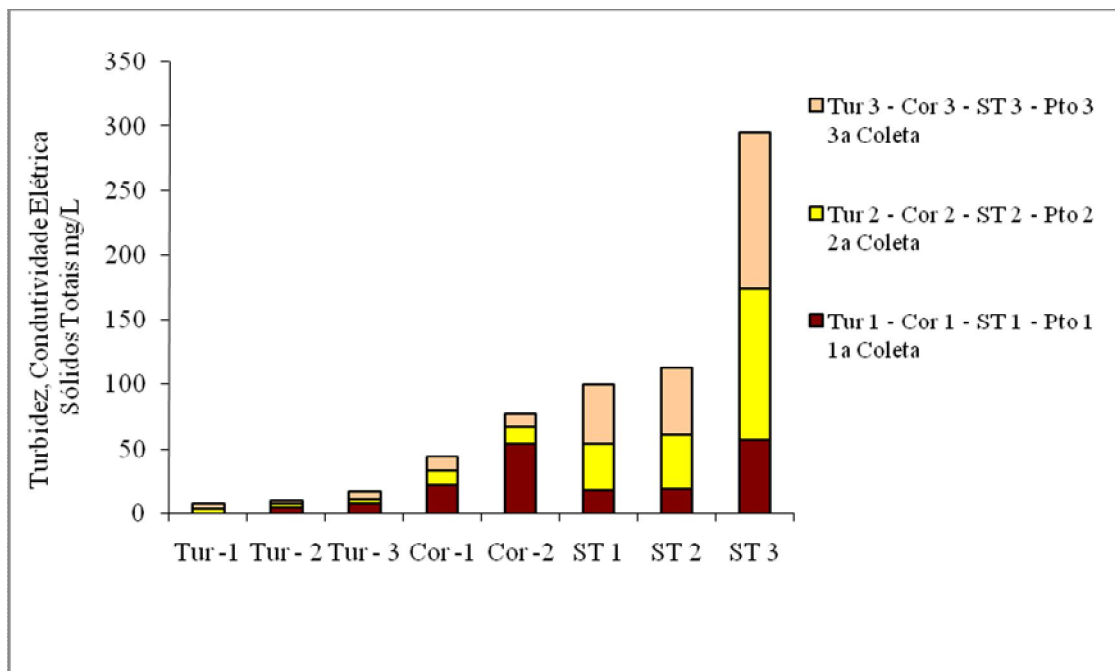


Figura 5.6 – Distribuição dos Valores de Turbidez, Cor Aparente e Sólidos Totais na Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Os valores de turbidez no período de coleta foram baixos, porém os mesmos estiveram dentro do que a resolução CONAMA de no 357/05 admite para corpos hídricos de classe 1, 40UNT. O ponto 1 apresentou o menor valor 1,43 uT, este encontra-se próximo ao conjunto de bombas para captação de água para a CAGECE e Petrobrás é um dos pontos com maior profundidade. Em estudos realizados por Lima (2004) na lagoa das Almécegas localizada no litoral Cearense, apresentou valores de turbidez baixos, nesse estudo levou-se em conta o mesmo ponto situar-se próximo às bombas de captação de água para abastecimento público da cidade de Paraipaba, da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), cujo sistema de retrolavagem dos filtros conduz as águas utilizadas de volta para a lagoa. Considerando que os

valores de turbidez são especialmente baixos neste ponto, supõe-se que possa haver precipitação química do material suspenso devido aos residuais de agentes floculantes, eventualmente presentes nas águas de sistemas de lavagem.

Em relação aos maiores valores de turbidez obtidos na Lagoa Grande, no período de amostragem foi de 7,74 UNT como indica a figura 5.6. Esses valores são característicos de águas bem límpidas e claras. A Lagoa Grande, que aparentemente é constantemente abastecida pelo sistema de dunas que encontram-se ao seu redor que além de carregar a lagoa o ano todo também serve de filtro para levar até a mesma água de sem a presença de sólidos em suspensão e detritos orgânicos, algas, bactérias e plâncton em geral.

Em relação à Cor Aparente e os sólidos totais é bem nítido que os mesmos apresentaram valores bem maiores que a Turbidez, e como a própria acompanham ao aumento de seus valores. O ponto 1 foi o que apresentou menores valores, isto por o mesmo apresentar já mencionadas junto a turbidez, o maior valor encontrado nas coletas foi de 22,8 e na terceira coleta 11,86 , mesmo sendo a última coleta realizada no período de estiagem os valores deste parâmetros formam menos, isto se deve provavelmente a contribuição que a lagoa recebe do lençol freático que é abastecido pelas dunas a qual a mesma esta cercada.

Em relação aos sólidos totais, menor valor encontrado foi de 18,71mg/L na primeira coleta e o maior valor encontrado foi de 120,2 mg/L na terceira coleta do ponto 3, como indica a figura 5.6. Mesmo com valores significativos, estes encontram-se dentro dos padrões da resolução CONAMA nº 357/05 e da Portaria do Ministério da Saúde 518/2004, que permite valores máximos de 500 mg/L e 1.000 mg/L de sólidos totais dissolvidos respectivamente.

O estudo dos sólidos totais demonstrou que o referido manancial não apresenta um grau de poluição elevado, isto devido a não presença de sólidos com frações maiores em suas águas, demonstrando que a lagoa não receba influência de atividades antrópicas como esgotos sanitários e efluentes industriais. Em estudos realizados por Albertone & Esteves (1999), à decomposição da matéria orgânica vegetal que gera compostos (ácidos húmicos e fúlvicos) são mineralizados mais lentamente e são solúveis em água provocando cor. Isto ocorre,

principalmente, em lagoas cuja alimentação origina-se basicamente do lençol freático de áreas arenosas, como é o caso da Lagoa Grande.

5.1.7 – Salinidade

Os valores de salinidade na Lagoa Grande não variaram durante o período de amostragem, nem houve flutuação dos valores entre os pontos. Os valores de salinidades foram de 0,1‰ segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 as águas doces devem ter salinidade igual ou inferior a 0,5‰.

As características naturais da Lagoa Grande com grande contribuição do lençol freático como também a evaporação, precipitação e isolamento total do mar sem influência da maré favorecem baixos valores de sais. Assim as águas da Lagoa Grande podem ser classificadas como doces.

5.1.8 – Transparência

Quadro 5.2 – Valores de Transparência da água em coluna vertical lagoa Grande, Paracuru – Ceará

		1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	Profundidade média (m)	Profundidade Média dos Pontos (m)
Ponto 1	SD (m)	1,69	1,52	1,10	1,43	1,35
	RD (m)	1,50	1,33	1,0	1,27	
Ponto 2	SD (m)	1,60	1,78	1,30	1,56	1,54
	RD (m)	1,40	1,98	1,18	1,52	
Ponto 3	SD (m)	1,19	1,20	0,91	1,10	1,15
	RD (m)	1,27	1,64	0,72	1,21	

Fonte: Adaptado por Gomes, 2003.

SD = Some o Disco (m).

RD = Reaparece o Disco (m)

Segundo Esteves (1998b) do ponto de vista ótico, a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez. Através do disco de Secchi pode ser realizada a avaliação da transparência da água.

Em estudos realizados por Bricker *apud* Sucupira (2006), através da utilização do Disco de Secchi, classifica a turbidez em: alta, se a transparência apresenta valores menores que 1m de profundidade; média, se a transparência for maior ou igual 1 e menor ou igual a 3m de profundidade; e baixa, se a transparência apresentar valor maior que 3m de profundidade.

A profundidade média do ponto 1 é 1,35m, para o ponto 2 é 1,54m e no ponto 3 é 1,15m conforme apresentado na quadro 5.2. Como os valores médios da transparência nos pontos em estudo estiveram entre 1m e 3m, podemos considerar que a Lagoa Grande apresenta um ambiente com turbidez média. Isto pode ser decorrente de uma concentração baixa de sólidos suspensos na água, como também pela presença de vegetação, pois evita o carreamento de materiais terrestres para o meio aquático.

A Lagoa Grande esta classificada como ambiente de turbidez médio segundo o método do disco Secchi, que pode ser confirmada através dos dados obtidos junto aos valores de turbidez encontrados seguindo a metodologia (APHA *et al*,1998), como mostrado na figura 5.6.

5.1.9 – Temperatura e Clorofila “a”

Os valores de temperatura (figura 5.7) encontram-se elevados no período de amostragem, isto devido a características do meio a qual o ecossistema aquático esta presente, que é precisamente no Nordeste do Brasil, que possui características bem peculiares em relação a sua parte do litoral. A variação da temperatura foi de (28,4° C a 29,4° C). Temperaturas elevadas são típicas dos corpos aquáticos tropicais (Kleerekoper, 1994; Tundisi, 1995; Calijuri, 1998). De forma semelhante aos demais corpos aquáticos do Nordeste Brasileiro e aos ambientes lênticos tropicais em geral, a lagoa Grande apresentou elevados valores de temperatura e, conforme Payne (1986), este fenômeno associa-se principalmente à temperatura ambiente, a qual exerce considerável efeito no metabolismo do corpo aquático, favorecendo o crescimento e reprodução da biota aquática, proporcionando maior rapidez na

reciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica. (ESTEVEZ *et al.*, 1998; TUNDISI *et al.*, 1999).

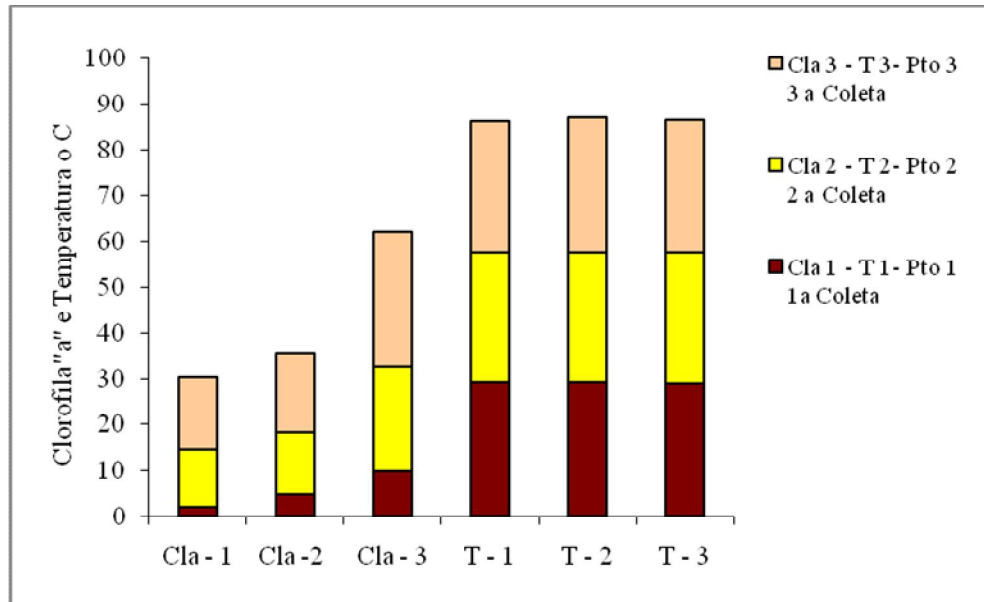


Figura 5.7 – Distribuição dos Valores de Temperatura e Clorofila “a” na Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Variações de temperatura semelhante às obtidas neste trabalho foram encontradas por Gomes (1998) na Lagoa de Uruaú, Beberibe-CE (28,5 – 30,5°C), Duarte (1999) na lagoa de Jiqui, Parnamirim-RN (27,0 – 31,0°C). Vale ressaltar que o horário de coleta foi entre 10 às 12h, horário em que incidência solar é maior.

Em relação aos valores de Clorofila “a”, observa-se que a mesma acompanhou o aumento da temperatura, isto por que com o aumento da temperatura, a o aumento da velocidade das reações, e muitos organismos aceleram seu metabolismo e conseqüentemente sua reprodução. Os valores de Clorofila “a” variaram entre (2,32 µg/ a 29,62µg/L) como mostra a figura 5.7, alguns se encontram acima do que a Resolução CONAMA nº 357/2005 recomenda para águas de abastecimento urbano, classe I.

Na primeira coleta, somente o ponto 3 apresentou valores acima do permitido 10,12 µg/L. O referido ponto tem profundidade menor que os demais. Por apresentar menor profundidade há maior incidência dos raios solares tão necessários para o metabolismo de vários organismos. Com isso, há maior reciclagem de nutrientes e alteração da velocidade das reações que levam muitos organismos a acelerarem o seu metabolismo e assim, promover seu maior crescimento.

É importante entender que muitos organismos podem desenvolver toxinas que levam a morte. Também pode haver predominância de certas espécies em relação a outras e assim, mortandade e desaparecimento das mesmas, prejudicando assim toda a cadeia alimentar e o ecossistema a qual ele está inserido.

5.1.10 - Coliformes Totais e *Escherichia Coli*.

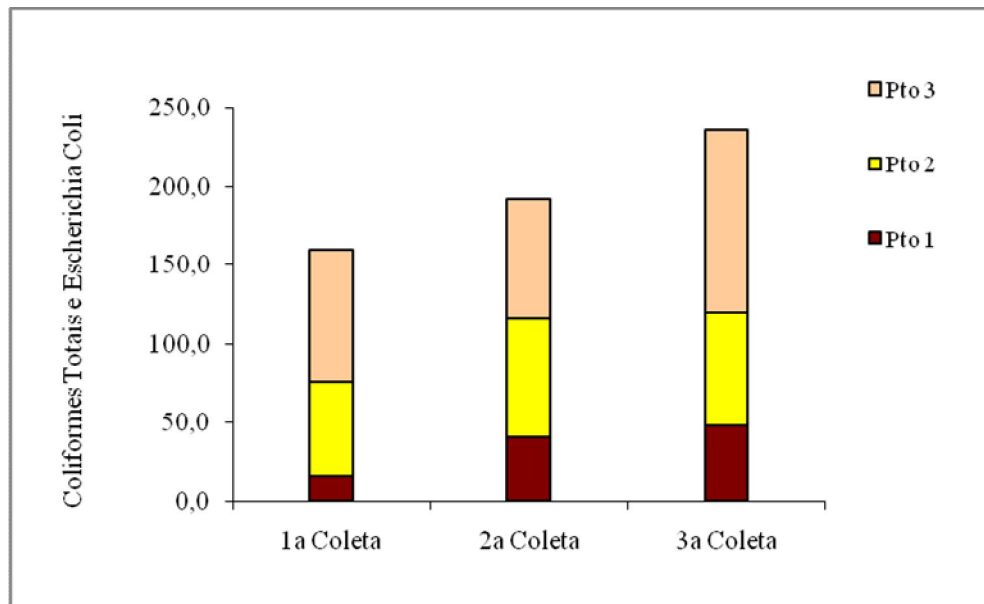


Figura 5.8 – Distribuição dos Valores de Coliformes Totais e *Escherichia Coli* na lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Em relação à análise de todos de Coliformes Totais – CT observa-se que os resultados obtidos (figura 5.8) mostraram que todas as amostragens apresentaram Coliformes Totais. As placas incubadas apresentam coloração amarela em todos os poços após 24h de

incubação, a temperatura de 35°C. Já para o marcador de contaminação fecal, a *Escherichia Coli* – *E. Coli*, este foi encontrado em todos os pontos e em todos os períodos de amostragem. Os valores de *E. Coli* variaram entre (16,0x10² NMP/100mL a 116 x 10² NMP/ 100mL). A presença de deste contaminante foi evidenciada pela fluorescência apresentada em alguns poços da cartela, sob radiação de lâmpada UV $\lambda= 365\text{nm}$.

A presença de *E. Coli* na Lagoa Grande confirma a contaminação fecal que pode ser advinda de águas residuárias, já que algumas casas ao redor da lagoa não apresentam sistema de esgotamento sanitário. O referido manancial também é utilizado para prática de lazer aos finais de semana. Animais são banhados dentro da lagoa, podendo levar fezes dos mesmos à contaminação da lagoa por bactérias do tipo *E. Coli* que estão presentes no trato intestinal destes animais.

Segundo Resolução CONAMA nº 357 de 2005 as águas da Lagoa Grande podem ser utilizadas para balneabilidade e recreação de contato primário. Porém, para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100mL.

5.1.11 – Nitrito, Nitrato, Sulfato e Amônia Total

Quadro 5.3: Valores de Nitrito, Nitrato, Sulfato e Amônia total na 3ª campanha de coleta na Lagoa Grande, Paracuru – Ce.

	Pto 1	Pto 2	Pto 3
Nitrito mg/L	25,30	25,80	25,51
Nitrato mg/L	133,58	88,30	106,32
Amônia Total mg/L	0,37	0,78	0,24
Sulfato mg/L	0,83	1,0	0,62

Em relação aos valores de nutrientes presentes nas águas da Lagoa Grande a análise realizada é uma forma demonstrativa para saber como se encontram os valores de nutrientes presentes no manancial. Todas as amostras utilizaram método (APHA *et al*, 1998). .

A amônia total é uma forma de evidenciar a presença de nitrogênio em ambientes aquáticos, onde estão presentes as formas de NH₃ e NH₄⁺. Os valores de Amônia Total encontrados foram baixos, devido à elevação da temperatura nos períodos de coleta, porém

podemos observar que os valores de Nitrito e Nitrato estiveram acima do estabelecido. Os valores de pH da Lagoa Grande estiveram dentro da faixa de 6,16 a 7,3, valores esses que permitem valor máximo de 3,7 mg/L de N, conforme a Resolução CONAMA nº 357/05 recomenda.

O íon sulfato é um elemento de grande importância para a produtividade dos ecossistemas, pois é a principal fonte de enxofre para os produtores primários. Os valores dos íons sulfato presentes foram baixos, estiveram dentro dos padrões estabelecidos, esses valores indicam também que no manancial não tem sido introduzidas descargas industriais. Outra característica é que a região onde se encontra a lagoa não é árida onde sulfatos minerais estão mais presentes. A Portaria 518 do Ministério da Saúde estabelece o padrão de potabilidade fixado em 250 mg/L. Em águas naturais as concentrações podem variar em geral na faixa de 2 a 80mg/L (PIVELI & KATO, 2005).

As atividades na bacia hidrográfica de um lago, rio ou represa se refletem diretamente ou indiretamente na qualidade da água desses ecossistemas. Em muitos casos, o esgoto não tratado, a água de drenagem de terras cultivadas com uso intensivo de fertilizantes, e a erosão por desmatamento aumentam o aporte de nutrientes, principalmente do nitrogênio e do fósforo, para dentro desses ecossistemas (SMOL *apud* LEAL, 2002).

Os valores de nitrito e nitrato na Lagoa Grande apresentaram-se bem significativos nesta amostragem, os mesmos podem estar relacionados a poluições que estejam sendo advindas de regiões bem mais distantes da Lagoa Grande, como também do aporte de esgoto sanitário que as habitações ao redor possam estar contribuindo, ou ainda pela presença de plantações nas proximidades do manancial. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 as concentrações de nitrito devem ter valor máximo de 1,0 mg/L e nitrato de 10,0mg/L de N, como mostra o quadro 5.2, os valores foram acima do recomendado.

5.1.12 – Simulação do Balanço Hídrico

$$V_{i+1} = V_i - E + P + Q_{\text{sup}} - R$$

V_i = Volume da água da lagoa Grande em m³.

E = Evaporação do espelho d'água.

P = Precipitação do espelho d'água m³.

Q_{sup} = Vazão superficial.

R = Retirada das adutoras da Petrobrás e CAGECE

O balanço hídrico da área foi estudado através da equação numérica citada, onde são utilizados os valores da água da lagoa, sua evaporação, precipitação, vazão e retirada, isto no período de estudo de um ano.

Os valores de precipitação foram menores que os de evaporação, isto devido às características ambientais aonde a área em estudo esta inserida, porém, no estudo do balanço hídrico desta lagoa, a mesma apresenta valores hídricos constantes, assim o estudo da recarga deste aquífero deve ser realizado através de um monitoramento mais constante, isto devido a presença das dunas ao redor da lagoa que serve de aporte para a recarga da mesma.

Quadro 5.4: Valores da simulação do balanço hídrico da lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

Meses	V _i	Evaporação do Espelho	Precipitação. do Espelho m ³	Q _{sup}	Retirada Petrobrás + Cagece	V _{i+1}
Jan	-229168,99	13839,63	8802,31	27060	55439	-262585,30
Fev	-262585,31	11745,08	12323,23	37884	55439	-279562,15
Mar	-279562,16	11414,99	24566,44	75522	55439	-246327,70
Abri	-246327,70	11054,90	25046,57	76998	55439	-210777,03
Mai	-210777,03	11348,97	16724,38	51414	55439	-209426,62
Jun	-209426,62	11445,00	10242,68	31488	55439	-234579,93
Jul	154128	12513,28	5121,34	15744	55439	107041,06
Ago	107041,06	14541,81	520,13	1599	55439	39179,38
Set	39179,38	12375,24	544,142	1672,8	55439	-26417,92
Out	-26417,92	16594,35	1504,39	4624,8	55439	-92322,08
Nov	-92322,08	15580,08	59,21	182,04	55439	-163099,91
Dez	-163099,92	15063,95	1088,28	3345,6	55439	-229168,98

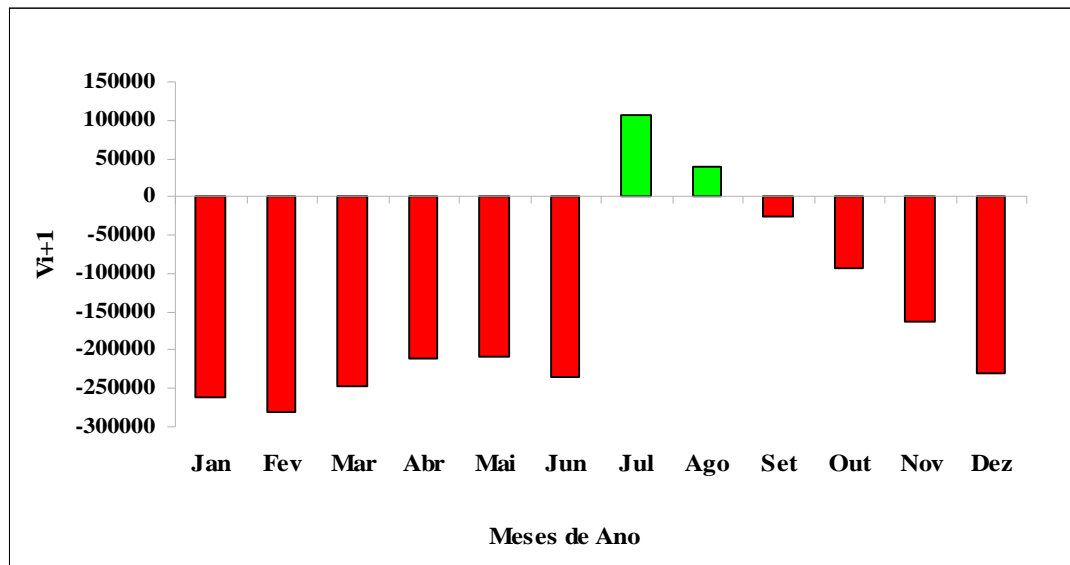


Figura 5.9: Simulação do balanço hídrico da Lagoa Grande, 2009.

Os valores de evaporação e precipitação foram fornecidos pela EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A retirada da água bruta da lagoa Grande foi fornecida pela COGERH – Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos. As retiradas mensais para a CAGECE são de 49,517 m³/mês, enquanto a PETROBRÁS retira 5,922m³/mês. O volume hídrico da Lagoa Grande é de 154, 129,94 m³. A tabela 6.1 apresenta os valores dos componentes necessários para a simulação do balanço hídrico.

A figura 5.9 apresenta a variação do balanço hídrico no ano de 2009, observa-se que os valores encontram-se coerentes quando analisados juntamente com o período de estiagem e chuvoso, pode observar-se que a recarga do aquífero é intensamente influenciada pelas dunas, isto devido a grande carga mensal que é retirada da Lagoa.

5.1.13 – Quantificação do fluxo superficial

$$V = CxiA$$

Quadro 5.5: Quantificação do Fluxo Superficial da Lagoa Grande.

Meses	c	i (m)	A (m ²)	V
Jan	0,25	0,1100	492,000	13,53
Fev	0,25	0,1500	492,000	18,94
Mar	0,25	0,3000	492,000	37,76
Abr	0,25	0,3100	492,000	38,50
Mai	0,25	0,2090	492,000	25,71
Jun	0,25	0,1200	492,000	15,74
Jul	0,25	0,0600	492,000	7,87
Ago	0,25	0,0065	492,000	0,80
Set	0,25	0,0068	492,000	0,84
Out	0,25	0,0188	492,000	2,31
Nov	0,25	0,0007	492,000	0,09
Dez	0,25	0,0136	492	1,67

A quantificação do fluxo superficial da Lagoa Grande mostrou que os valores flutuam durante todos os meses do ano e que houve uma grande influência da precipitação, isto devido a baixa precipitação no período de estudo e a alta evapotranspiração da área, que tem grande influência da forma do espelho d'água e também das transpirações da vegetação ao redor do manancial. O quadro 5.5 e a figura 5.10 apresentam a variação do fluxo superficial durante o ano de 2009.

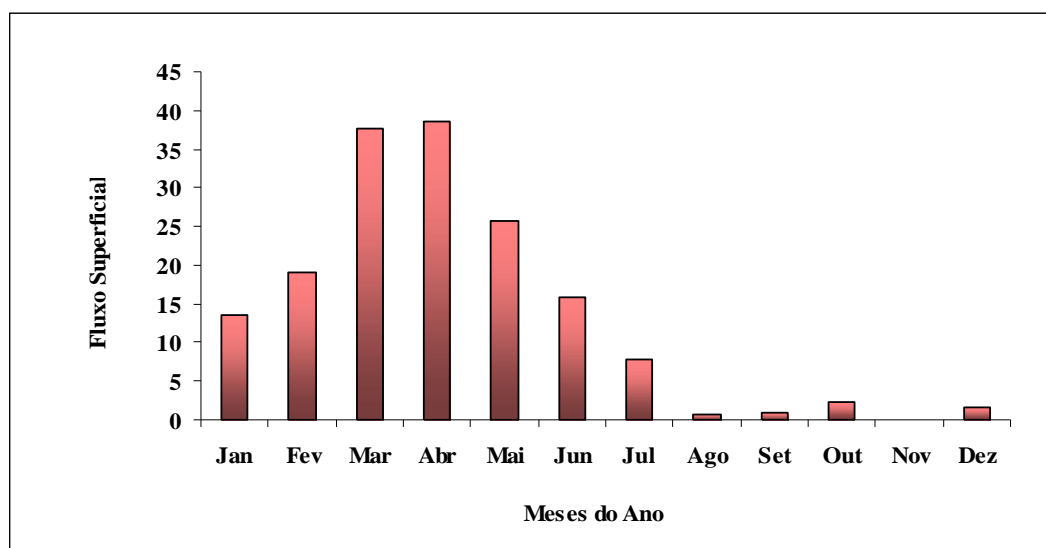


Figura 5.10: Quantificação do Fluxo superficial da Lagoa Grande da Lagoa Grande, Paracuru – Ce.

5.1.14 – Levantamento da precipitação média sobre a bacia de contribuição

A figura 5.11 apresenta os valores de precipitação mensal dos últimos 32 anos, medidos na Estação Meteorológica Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, localizada no Município de Paracuru - CE.

Em estudos realizados por Ceballos (1995), *apud* Gomes, (2000) foi considerado como fim do período chuvoso aquele cuja pluviosidade mensal decresceu pelo menos 50% em relação à observada no mês anterior e, como fim do período de estiagem, aquele onde este percentual aumentou pelos menos 50%. Os meses de coletas dos dados foram julho, agosto e dezembro, meses em que podem ser enquadrados dentro do que os autores acima citam, o mês de julho encontra-se no final do período chuvoso enquanto os meses de agosto e dezembro enquadram-se no período de estiagem.

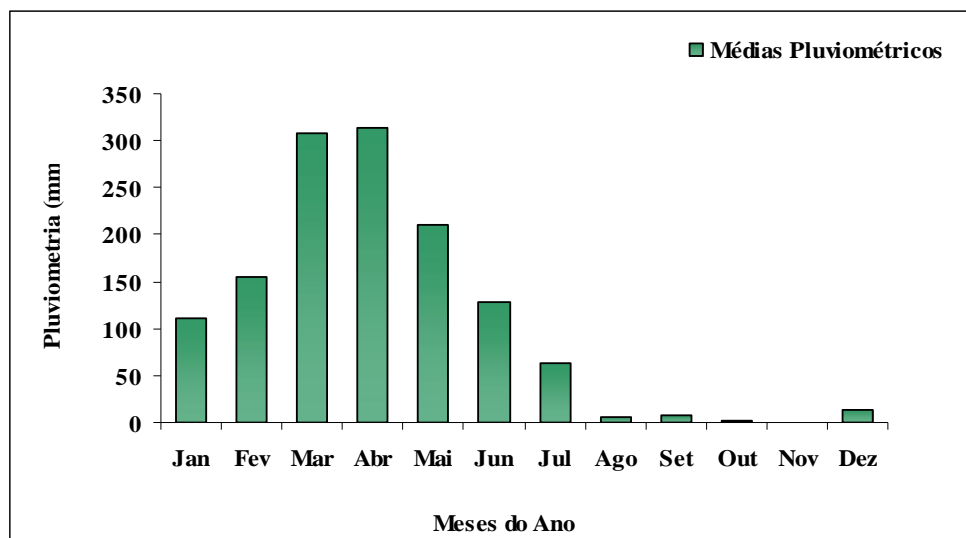


Figura 5.11: Médias pluviométricas mensais do Município de Paracuru, Ceará.

Fonte: FUNCEME, 2009.

5.1.15 – Levantamento da Evaporação média sobre a bacia de contribuição

Pode-se observar que os valores de evaporação na região do espelho d'água da Lagoa Grande são elevados, sendo superior a 1400mm por ano. Observa-se uma acentuada diminuição nos meses de fevereiro a junho, porém. A figura 5.12 mostra os elevados valores de evaporação. Mesmo nos períodos chuvosos os valores continuam altos, pode-se observar isto quando se observa os dados de pluviometria na figura 5.12.

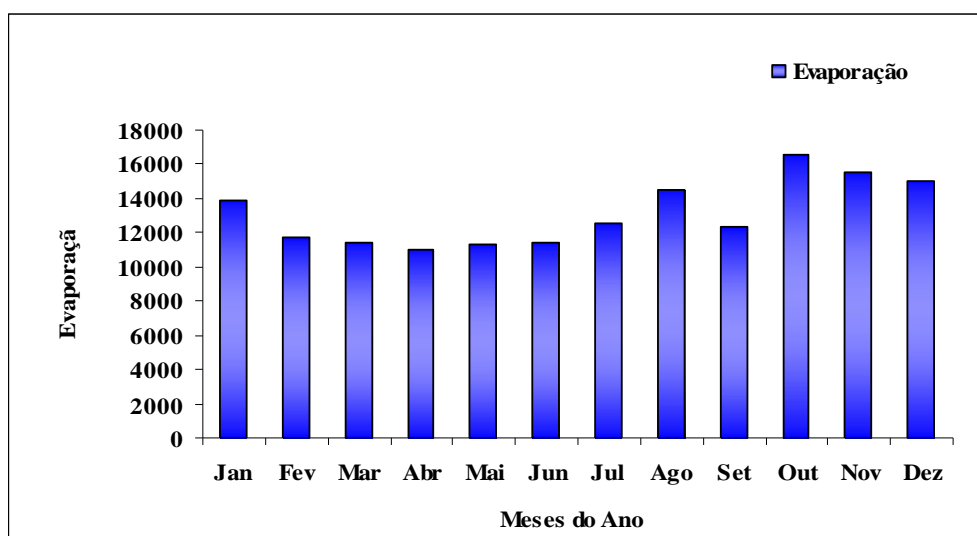


Figura 5.12: Médias de Evaporação da Lagoa Grande – Ceará.

5.1.16 – Determinação da bacia de contribuição

Para a determinação da área da bacia de contribuição utilizamos um estudo onde foi retiradas as coordenadas x e y da área. De posse desses pontos aplicou-se a uma fórmula para cálculo da área onde:

$$\text{Área} = \frac{1}{2} \text{do determinante das coordenadas}$$

A figura 5.13 mostra a área que foi utilizada para o cálculo da bacia de contribuição para a Lagoa Grande, onde as áreas adjacentes escolhidas foram as que estão circulas por esta

linha branca. Essa escolha se dá devido a presença de nascentes, áreas de descargas, as dunas dentre outras características importantes.



Figura 5.13: Foto de Satélite da Lagoa Grande, onde é mostra a determinação da bacia de contribuição.

5.1.17 – Levantamento Batimétrico – Resultados Finais

Os resultados do levantamento batimétrico mostram a delimitação da bacia hidráulica através da representação gráfica das curvas de nível observadas na figura 5.14. Nas áreas de volumes mapeados foram encontrados os seguintes valores para a Lagoa Grande:

- Área: Área: 80.021,59 m²
- Volume: 154.129,94 m³

Quadro 5.6: Cotas x Área x Volume da Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

B A T I M E T R I A	Coluna D'água	Área (m ²)	Volume (m ³)
	0,0	80.021,59	154.129,94
	1,0	56.272,76	87.540,28
	2,0	37.748,50	40.651,76
	3,0	18.281,95	12.707,94
	4,0	5.037,73	567,70
	4,15	0,00	0,00

Através dos dados obtidos da figura 5.15 foram obtidas cotas, área e volume da lagoa. A profundidade máxima observada foi de 4,15 m. Em estudos morfométricos realizados e fundamentados por Schaffer *apud* Gomes (2003), as lagoas do Rio Grande do Sul foram divididas em 4 tipos, da seguinte forma:

- 1) Lagoas de grande superfície e média profundidade;
- 2) Lagoas de pequena a média superfície, pequena ou média profundidade;
- 3) Lagoas de pequena a média superfície, média ou grande profundidade;
- 4) Lagoas muito grandes, profundas e alongadas.

O critério de classificação das lagoas por tamanho e profundidade máxima, é baseado no quadro 5.7. A partir da classificação utilizada por Gomes (1998) a Lagoa Grande, pode ser enquadrada como uma lagoa de tamanho grande, isto devido suas características morfométricas, onde a mesma apresenta uma área de aproximadamente 80.021,029m², e profundidade média de 4m.

Quadro 5.7: Classificação dos corpos d'água superficiais segundo estudos realizados por Gomes (1998).

Tamanho	Profundidade Média	Classificação
Pequena: menor que 10Km ²	Menor que 3m	Lagoas rasas
Médio: de 10 a 20Km ²	entre 3 a 5m	Lagoas médias
Grande: maior que 20km ²	entre 5 a 11 metros	Lagoas profundas

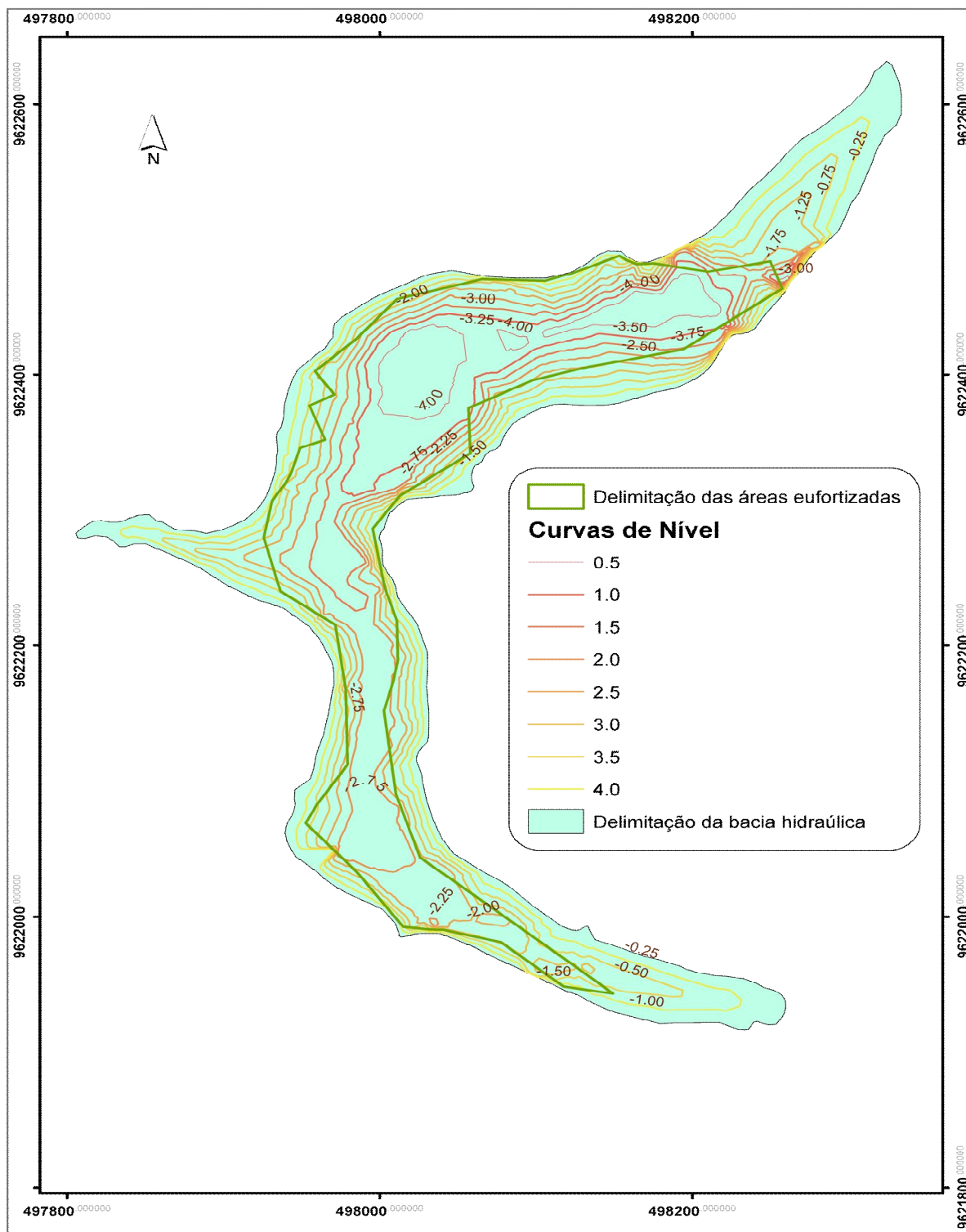


Figura 5.14: Representação gráfica das curvas de nível da Lagoa Grande, Paracuru – Ce.

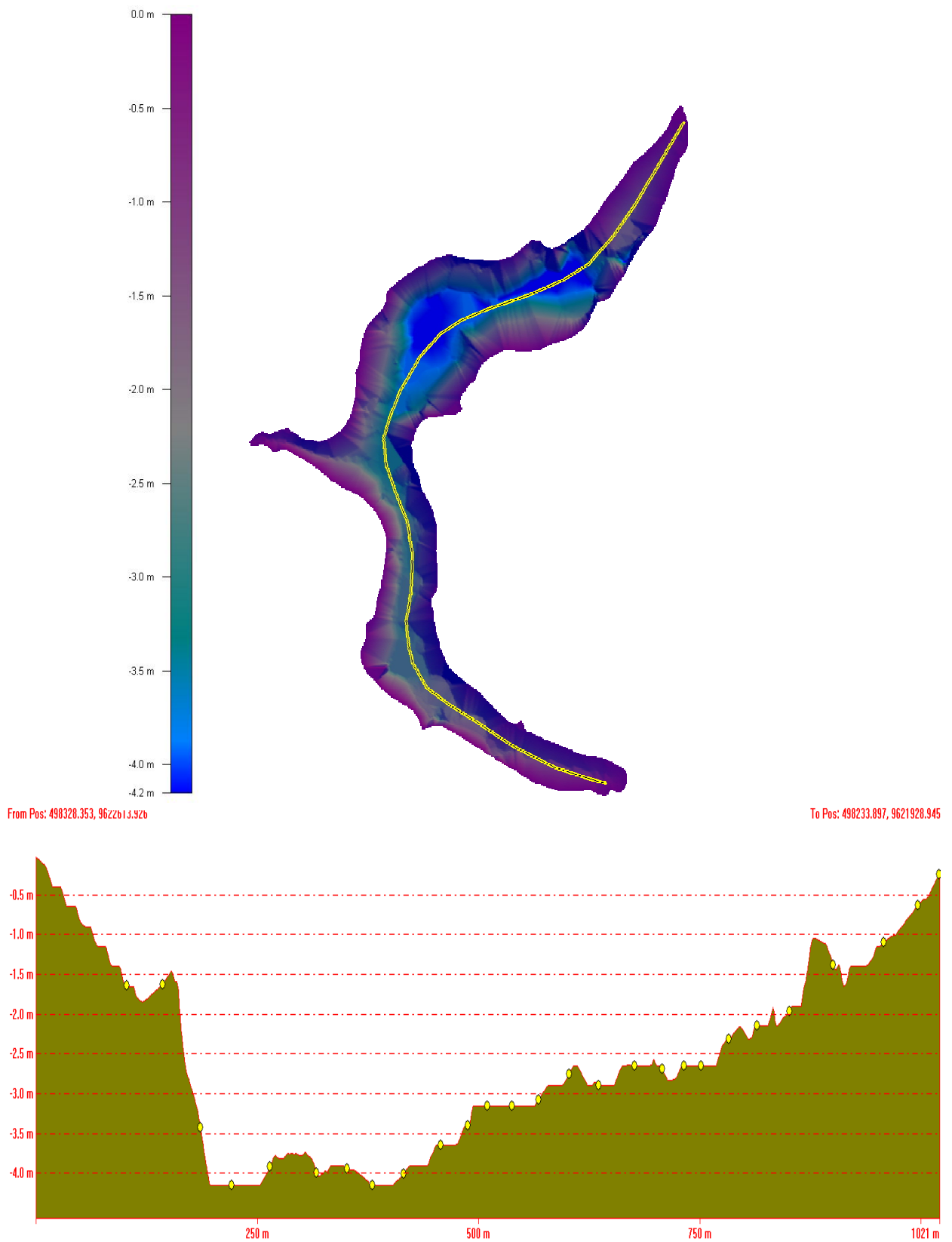


Figura 5.15: Perfil Norte – Sul da Lagoa Grande, Paracuru – Ceará.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E -SUGESTÕES

Os resultados obtidos no estudo da Lagoa Grande permitiram avaliar que o ecossistema, mesmo estando inserido numa área restrita de proteção ambiental e ter sua água destinada para abastecimento público, vem sofrendo impactos consideráveis advindos do uso indevido de suas águas no uso de limpeza de animais, lavagens de roupas, e introdução de águas residuárias devido às habitações ao redor da lagoa, refletindo na sua descaracterização.

Em relação à composição faunística do manancial pode-se observar que a mesma apresenta uma presença marcante de vegetação exótica no ao redor. A espécie macrófita *Aninga* tem tomado conta em todo o redor da lagoa, em algumas áreas já é bem marcante sua presença. Além desse tipo de vegetação, verifica-se a presença de águapés dentro do corpo hídrico.

Dos resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e microbiológicas obtém-se que a qualidade da água da Lagoa Grande esta sendo influenciada pelos aportes exógenos que ali chegam intensificados pela influência do período climático em que foi realizada a pesquisa. Isto se configura pelas suas características morfológicas e morfométricas. Porém a situação da qualidade da água é amenizada pela contribuição do lençol freático e as dunas, considerando-se que a lagoa tem grande parte de sua alimentação advinda da recarga pelas dunas.

Assim, observou-se que:

a). O manancial apresenta moderada produção primária que se confirmam pelos valores de pH um pouco abaixo da neutralidade, teor médio de OD de 3,56 mg/L a 6,46mg/L e alcalinidade relativamente baixa e expressa como bicarbonato, embora o teor de clorofila “a” tenha sido superior ao estabelecido na legislação.

Os valores de OD variaram muito nos pontos de coleta e provavelmente devido a grande quantidade de macróficas presentes no ponto 1. O ponto 2 apresenta menores valores de OD que podem estar relacionados a sua menor profundidade e distância das intervenções das macróficas aquáticas, por estar quase no centro do manancial. O ponto 3 apresentou os

menos valores, isto mostra que estes valores podem estar relacionados a alta produtividade primária que é observada devido aos altos valores de clorofila “a” como também a profundidade do ponto de coleta.

b) Os valores de nitrito e nitrato apresentaram valores bem significativos e podem estar relacionados a poluições que sejam de regiões bem mais distantes da Lagoa Grande, como também do aporte de esgoto sanitário que as habitações possam estar lançando manancial, como também pela presença de plantações nas proximidades do manancial.

c) Os valores de amônia apresentaram-se baixos o que pode indicar que o corpo hídrico apresenta alto processo de nitrificação.

d) Os valores de sulfato apresentaram-se baixos nos três pontos de coleta indicando que o referido corpo hídrico não recebe aporte de descargas industriais.

e) O teor de matéria orgânica presente no manancial expresso pelos valores de DBO_5 apresentaram-se elevados nos pontos 2 e 3 comprovando que a lagoa tem recebido um grande aporte de matéria orgânica advindo provavelmente das habitações ali presentes, das fezes de animais, plantações e arraste pelas chuvas de resíduos sólidos que podem ajudar no aumento da DBO.

f) Mesmo sendo litorânea, a Lagoa Grande não recebe influência direta do mar, o que se confirma pelos teores entre (104 e 109 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e cloretos no ponto 1 com maior valor (28,53 mg/L) e salinidade 0,1‰.

g) A água da Lagoa Grande pode ser classificada como água doce devido sua baixa salinidade. É considerada uma água branda, pois sua dureza também apresenta valores bem baixos.

h) Em relação aos valores de turbidez, cor aparente, transparência e sólidos totais, esses parâmetros encontraram-se baixos, dentro dos padrões que a resolução CONAMA 357/05 e o Ministério da Saúde indicam. Demonstrando que mesmo o manancial tendo uma grande presença de folhas e material ressuspensão e arrastados pelos ventos daquela região, a mesma apresenta águas claras e de qualidade;

i) Em relação aos Coliformes Totais a análise mostrou a presença dos mesmos em todos os pontos da Lagoa Grande. Já para a presença de *Escherichia coli* no ecossistema hídrico foi relativamente elevada em todos os pontos de coleta compromete sua qualidade sanitária e se justifica pelo aporte continuado de águas residuárias brutas advindas provavelmente das residências circunvizinhas ao manancial.

j) Os dados hidrológicos mostram que as águas da Lagoa Grande tem uma grande variação do seu fluxo superficial devido o elevado processo de evaporação sofrido pelo corpo hídrico, isto devido a fatores característicos da região. Mesmo que o balanço hídrico tenha apresentado valores negativos em sua quantificação, isto evidencia mais uma vez que o manancial tem sua recarga feita pelas dunas que a circunvizinha, pois mesmo nos períodos de estiagem e a retirada mensal da água a Lagoa não tem sofrido impactos relevantes.

k) O estado do Ceará com 92,5% do seu território inserido na zona semi-árida, é um dos pioneiros no Brasil com experiências de alocação negociada de água. Na lagoa Grande mesmo na época de estiagem (dezembro de 2009) notou-se que não existiu um rebaixamento do seu volume de águas superficiais, aumentando as possibilidades de outorga, principalmente durante o período seco do município.

Mesmo com impactos a Lagoa do Grande tem demonstrado uma excelente capacidade de recuperação, razão porque se mantém ainda preservada.

Para que sejam melhoradas as condições gerais do ecossistema e plena recuperação do manancial, é necessário que seja estabelecido um programa integrado de recuperação da microbacia, restabelecendo-se as faixas de proteção permanente e minimização das entradas pontuais e difusas de poluentes a partir da reordenação do uso e ocupação do solo na área de influência.

Desta forma, recomenda-se:

- a)** A retirada dos animais domésticos da margem da lagoa;
- b)** Retirada das habitações presentes ao redor da lagoa e fechamento da área para uso recreativo;
- c)** Implementação de um programa de limpeza e coleta sistemática de lixo em toda a área de influência da lagoa.
- d)** Levantamento detalhado das cargas poluidoras pontuais, principalmente aquelas que possam estar vindo devido a presença de habitações ao redor do manancial;
- e)** Retirada das macrófitas aquáticas (Aninga) presentes no leito da lagoa, como também um estudo sobre o assoreamento que a lagoa vem sofrendo pelo avanço das dunas nos últimos anos;
- f)** Implementação de um Programa de educação ambiental com parceria entre a Prefeitura de Paracuru, a CAGECE e a Petrobrás, com a promoção de mutirões de limpeza e oficinas que proporcionem o efetivo conhecimento do ecossistema, suas interações e sua importância para a comunidade. E o investimento em programas de uso mais racional deste manancial.
- g)** Realização de um estudo mensal sobre a qualidade da água bruta, suas características físicas, químicas e microbiológicas para que possa haver um banco de dados sobre a qualidade da água e o grau de aporte de poluição que a mesma possa estar recebendo e assim, possam ser tomadas providências;
- h)** Devido a grande retirada de água do manancial para abastecimento humano e uso industrial é necessário que seja realizado um estudo do fluxo subterrâneo e superficial de

entrada e saída da Lagoa Grande, para que assim não sejam retiradas vazões acima do que o corpo hídrico suporta;

i) Por fim, sugere-se que as ações implementadas na área do manancial levem em conta o contexto paisagístico, não de uma forma estática, porém dinâmica. Possibilitando compreender as características da bacia hidrográfica de uma forma mais intensa, para que essas características possam refletir a natureza e intensidade do uso e ocupação do solo na área dessa bacia.

CAPÍTULO VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E.M.A.de FERNANDES, A.R.; RUIVO, M.L.P. Variação temporal e vertical de atributos químicos de um gleissolo do Rio Guamá cultivados com canaranas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 277-285, 2007.

ALBERTONI, E.F.; ESTEVES, F. A. Jurubatiba, uma região peculiar. *Ciência Hoje*, v. 25, n. 148, p. 61 a 63, Abr, 1999.

ALMEIDA, Caroline Corrêa de. Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos. **Jus Navigandi**, Teresina, ano 7, n. 61, jan. 2003. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3680>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

AMARANTE, C.B., da Silva, J.F.C., SOLANO, F.A.R., NASCIMENTO, L.D., MORAES, L.G., SILVA, F.G., UNO, W.S., Estudo espectrométrico das folhas da Aninga (*Montrichardia Linifera*) Coletadas à margem do Rio Guamá no Campus da UFPA, Belém – PA. Uma Contribuição ao Estudo Químico da Família Araceae. *Revista Científica da UFPA*. V. 7, nº 01, 2009.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Washington D C: APHA, 1998.

ARCOVA, F.C.S., CICCO, V. Características de Deflúvio de Microbacias com diferentes Usos do Solo na Região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, nº 56, p. 125 – 134, 1999.

BARBOSA, T.C. P., *Ecologia – Um Breve Documento Sobre a Ecologia da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição*. Florianópolis, 89p, 2003.

BARROSO, V.L., MEDINA, R. S., MOREIRA-TURQ, P.F., BERNARDES, C.M., Aspectos Ambientais e Atividades de Pesca em Lagoas Costeiras Fluminenses. Série Meio Ambiente em Debates, 31. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Gestão Estratégica – Brasília. Ed. IBAMA, 50p, 2000.

BETTY, B.C., Saberes Ambientais Humanos: a Educação a Serviço da Promoção da Saúde. Dissertação apresentada ao Centro de Ciências da Saúde da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Mestrado em Educação em Saúde. Fortaleza, Ceará. 2005.

BRAID, E.C.M., Reserva Extrativista do Batoque. Contextualização Ambiental e Propostas de Ordenamento Ambiental Sustentável, Aquiraz – Ceará, 220p. Trabalho de Pesquisa para Obtenção do Diploma de Estudos Avançados do Programa de Doutorado em Planificação Territorial e Desenvolvimento Regional – Facultat de Geografia, Història – Universidade de Barcelona, Barcelona, Espanha, 2004.

BRANCO, C. W. C. **A comunidade fitoplanctônica e a qualidade da água no Lago Paranoá – Brasília, DF, Brasil.** Brasília, 332p. (Dissertação de Mestrado) – Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, 1991.

BRANCO, C.W.C, Comunidade Zooplânctônica e Aspectos Limnológicos de três Lagoas Costeiras da Região Norte Fluminense – Macaé, RJ. Tese de Doutorado. UFRJ – IBCCF, Rio de Janeiro, 277p, 1998.

BRASIL. “Diagnóstico da Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no País, Diretrizes e Prioridades” Agência Nacional de Águas – ANA. 75P, 2005.

CALIJURI, M. C. **Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização.** São Carlos, SP, 239p. (Tese de Doutorado) – Escola de engenharia de São Carlos, USP - 1998.

CAMPOS, A.A. A gestão da zona costeira no Ceará: uma experiência não governamental: Formato HTML. Gero online, - Gerenciamento Costeiro Integrado, 1o Jornal de Gerenciamento Costeiro Integrado para Países de Língua Portuguesa. Itajaí-SC, Ano 1, n. 1, jan. 2001. Disponível em: http://www.gci.cttmar.univali.br/gestão_costeira_ceara.htm. Acesso em 26 set. 2004.

CARVALHO, de S. R; Água, um bem que precisa ser cuidado. Coordenador Nacional Do Projeto de Estruturação Institucional de Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos – BRA/ OAG – SRH/MMA, 2002.

CAVACA, H.S. Caracterização Liminológica da Lagoa de Carais – ES. Monografia, Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória: 1992.

COLLISCHONN, W.; AGRA, S. G.; FREITAS, G. K.; PRIANTE, G. R.; TASSI, R. & SOUZA, C. F.. **Em busca do hidrograma ecológico**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa – PB, 2005.

COSTA, A. C.; CAMPOS, J. N. B.. **Participação dos usuários na alocação da água dos reservatórios no Ceará: Os casos do Jaguaribe e Banabuiú em 2002**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa – PB, 2005.

CHAGAS, G.G., SUZUKI, M.S., Seasonal Hydrochemical Variation in a Tropical Coastal Lagoon (Açu Lagoon, Brazil). *Brazilian Journal Biological*, 597 – 607, 2005.

CLAUDINO-SALES, V. Os Lençóis Fortalezenses (Dunas Brancas). *Jornal O Povo*/www.noolhar.com.br .Acesso em 13 de Abril de 2006.

CONAMA, Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONSTANZA E.A. Value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, Vol. 387, 253 – 260p, 1997.

CORREIA, A.L.M., Análise das Normas de Proteção Ambiental nos Campos de Dunas na Praia do Futuro, Fortaleza – Ceará. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – ProdeMA – Mestrado em Desenvolvimento Sustentável – Dissertação, 2004.

COUTINHO, P.R., KJERVE, B., KROPPERS, B. MUEHE, D., VALENTIN, U.L., Aruarama: Uma Lagoa Ameaçada. *Ciência Hoje*, v.25, n° 149. UFRJ, 1999.

CUNHA, E. M. S., Considerações Gerais Sobre a Zona Costeira, 1999.

DINAR, A.; ROSEGRANT, M. W. & MEIZEN-DICK, R.. **Water allocation mechanisms – Principles and examples**. World Bank: Policy Research Working Paper 1779, Washington, 1997.

DUARTE, M. A. C. **Utilização dos índices de estado trófico (IET) e de qualidade da água (IQA) na caracterização limnológica e sanitária das lagoas de Bonfim, Extremóz e Jequi – RN**. Campina Grande, PB, 157p. (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, 1999.

ESTEVEVES, F. A., Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência LTDA – 574p. Rio de Janeiro, 1998b.

ESTEVEVES, F. A., ISHII, I. H., CAMARGO, A.F.M. Pesquisas Limnológicas em 14 lagoas do litoral do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L.D., ARAUJO, D.S.D., CERQUEIRA, R. org. Restingas: Origem, Estrutura, Processos. Niterói. CEUFF, p. 441 – 453. 1984.

ESTEVEVES, F. de A; BARBOSA, F.A.R.; Lagos. *Ciência Hoje*, v. 5, no 27. p. 5-61, 1999.

Nascimento, A. P. 2010. Análise dos Impactos das Atividades Antrópicas em Lagoas Costeiras. Estudo de Caso da Lagoa Grande em Paracuru – Ceará.

ESTEVES, F.A., Ecologia das Lagoas Costeiras – Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé – Rj, 1998a.

FERNANDEZ, M.A.D.S. Geoquímica de metais pesados na Região dos lagos, RJ: Uma proposta de estudo integrado. Niterói, 1994. 163f. Dissertação (mestrado) – Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1994.

FUNCEME – Fundação Cearense de Metrologia do Ceará. Componentes Ambientais do Município de Paracuru – Ceará, 2009.

GOMES, D.F. Caracterização Limnológica de um ecossistema lacustre tropical – Lagoa do Uruáu – Planície do Município de Beberibe – Ceará. Fortaleza, CE. 124p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, 1998.

GOMES, M.L., Aspectos Hidrológicos, Sedimentológicos e Impactos Ambientais na Lagoa Costeira do Rio Catú - Aquiraz-Ceará. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, 2003.

GOMES, R.B.; Qualidade Sanitária e Grau de Eutrofização de Uma Lagoa Urbana do Município de Fortaleza–Ceará, Lagoa de Messejana. Tese de Mestrado, UFPB – 2000.

GRASSI, T.M., As águas do planeta terra. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição Especial – Maio de 2001.

HOWE, C. W.; SCHURMEIER, D. R. & SHAW Jr. W. D. **Innovative approaches to water allocation: The potential for water markets.** Water Resources Research, Volume 22, N. 4, 439-445, 1986.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica do Estado do Ceará. Perfil Básico Municipal do Paracuru, 17p. 2009.

KJERFVE, B. Coastal Lagoon Processes. Elsevier Oceanography Series, Amsterdam, 577p, 1984.

KJERFVE, B.; MAGIL, K. E.; Geographic and Hydrody Characteristhics of Shallow Coastal Lagoon processes. KJERFVE (ed.). Elsevier Oceanography Series n^o 60, 243 – 286, 1989

KLEEREKOPER, H. **Introdução ao estudo da Limnologia**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 329p. (série Didática 4), 1944.

KOPPERS, S.B., Aquatic Primary Production in Coastal Lagoon Processes. In: KJERVE, B (ed) Coastal Lagoon Processes, Elsevier Oceanography, Series 60. Amsterdam, 243 – 286p, 1994.

LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D. & MACIEL, N.C. Dry coastal ecosystems of the tropical brazilian coast. In: van der Maarel, E.(ed) Dry Coastal Ecosystem: Africa, América, Asia, Oceania, Elsevier, Amsterdan. p. 477-493, 1993.

LEAL, J.P., Estudo Geoambiental e Evolução Paleogeográfica da Lagoa do Olho d'água. Jaboação dos Guararapes. Dissertação de Mestrado em Geociências - CTG, UFPE, 2002.

Lei 11.996 de 24 de Julho de 1992. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e dá outras providências.

Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e dá outras providências.

Lei n^o 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

LIMA, G.R.C.; Estudo Comparativo das Características Físicas e Químicas e da Qualidade Sanitária de dois Ambientes Lacustres Costeiros do Município de Paraipaba-Ce, Nordeste do Brasil (Lagoas das Almécegas e Canabrava) Fortaleza 2004.

LIMA, W, de P. Princípios de Hidrologia Florestal para o Manejo de Bacias Hidrográficas, Piracicaba: Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo 242p, 1986.

LORENZEN, C.J., Determination of Chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. Limnol. Oceanography, 12: 343-346, 1967.

LOUREIRO, D. D. Evolução do aporte de metais pesados na lagoa Rodrigo de Freitas, RJ. 120f. Dissertação – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

MAIA, A.A., Legislação de Recursos Hídricos do Estado do Ceará: Coletânea e Comentários. 203p. Fortaleza, 2004.

MATIAS, R.R.S., AQUINO, F.B., de FREITAS, D.A.J., Efeito de N E K Nos Atributos Químicos de Um Neossolo Quartzarênico Com Coco Fertirrigado. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 91-99, jan./mar. 2009.

MEDEIROS, Y. D. P.; LUZ, L. D.; AMORIM, F. B.; GONÇALVES, M. S.; BERETTA, M.; CAMPOS, V. P.; CIDREIRA, T. S. & FARIA, A. S. (2006). **Alocação de água em bacias hidrográficas – Uma abordagem ambiental**. Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Gravatá - PE.

METCALF, L. & EDDY, H. P. (1991). **Wastewater engineering treatment, disposal, reuse**. 3th.ed. New York: McGraw-Hill, 1335p.

MEYBECK, M. E HELMER. R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.) Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. London: Chapman and Hall, cap.1, p.1-17, 1992.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - Caracterização dos ativos ambientais em áreas selecionadas da zona costeira brasileira. Brasília, 1998.

MOTA, S. Introdução à Engenharia Sanitária. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 3ª Ed - ABES -, Rio de Janeiro – RJ, 416p, 2003.

NASCIMENTO, A. P., Caracterização da Qualidade Física, Química e Sanitária da Água de Uma Lagoa Litorânea do Município de Fortaleza-Ce Lagoa do Muçum. Especialização em Gestão Ambiental Urbana, do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2006.

NASCIMENTO, A. P.; MORAIS, P. I. B.; BORGES, M. P.B.; LIMA; GOUVEIA, M. F.; GOMES, R.B. Avaliação das Condições Ambientais de Um Ecossistema Lacustre da Costa Leste do Ceará, Lagoa da Precabura. VI Encontro de Pós – graduação e pesquisa, realizado no Mundo Unifor, no período de 16 a 21 de outubro de 2004.

ODUM, H.T., E.C., BROWN, M.T. et al., Sistemas Ambientais e Políticas Públicas. Livro Traduzido e adaptado para internet em português por Ortega, E.; Comar, 1998.

ODUM, H.T., E.C., BROWN, M.T. et al., Sistemas Ambientais e Políticas Públicas. Livro Traduzido e adaptado para internet em português por Ortega, E.; Comar, 1988.

OLIVEIRA da F. P. L.; BECKER, H.; Características Limnológicas da Lagoa do Sal – Planície Costeira do Município de Beberibe – Ceará. Revista de Geologia, Vol. 19, nº 2, 177 – 186, 2006.

PAYNE, A. I. **The ecology of tropical lakes and rivers.** Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 301p, 1986.

PEDROZA, P.; REZENDE, C.E.; (199). As muitas faces de uma lagoa. Ciência Hoje, 26, n 153, pp. 29.029-29.036, 1999.

PETRÚCIO, M. M., Caracterização das Lagoas Imoiussica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus a partir da Temperatura, Salinidade, Condutividade, Alcalinidade, Oxigênio Dissolvido, pH, Transparência e Sólidos em Suspensão. In: ESTEVES, F.A., Ecologia das Lagoas Costeiras – Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé – Rj, 1998.

PIVELI, P. R., KATO, T. M., Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. ABES, São Paulo, 2005.

POMPEU, cid Tomanik. Aspectos Legais e Institucionais da Gestão das Águas. I ENCONTRO ESTADUAL SOBRE ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DAS ÁGUAS. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos – SRH/BA, 2001.

Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

RIBEIRO, M. M. R. & LANNA, A. E. L.. **A outorga integrada das vazões de captação e diluição.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 8, Número 3, 151-68, 2003.

RODRIGUES, A. C. L.; BARBOSA, D. L.; FREIRE, P. K. C.; CURI, R. C. & CURI, W. F. **Um estudo sobre outorga do uso da água.** Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Gravatá – PE, 2006.

SALES, V. de C. Onde nascem as dunas. **Jornal O Povo.** Fortaleza, 08 de junho. Caderno Opinião, p. 7, 2002.

SAWYER, C.N.; McCARTY, P. L. & PARKIN, G.F. **Chemistry of environmental engeneering.** 4th.ed. International Student Edition, McGraw-Hill Book company, 658p, 1994.

SEINFRA – Secretaria de Infra Estrutura – Perfil Básico do Município de Paracuru – Ceará, 2009.

SEMACE – Superintendência do Meio Ambiente do Ceará, Composição da Fauna e Flora do Município de Paracuru, 1999.

SETTI, Arnaldo A. *et al.* Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 3. Ed. Brasília: ANEEL/ANA - 328p, 2001.

SILVA, Américo Luís Martins da. Direito do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2.v, 2005.

SILVA, U. P. A.; COSTA, A. M.; LIMA, G. P. B & LIMA, B. P. **A experiência da alocação negociada de água nos vales do Jaguaribe e Banabuiú.** Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Gravatá – PE, 2006.

SILVEIRA, A.L.da. Ciclo hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: Hidrologia: Ciência e Aplicação. TUCCI, C.E.M., (org), 2ª Ed – Porto Alegre – RS: Editora da Universidade: ABRH, 943p. Cap 2, p. 35 -52, 1997.

SIOLI, H. **Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.** 2ed. Rio de Janeiro: Vozes, 72p, 1990.

SOFFIATI, A. Aspectos históricos das lagoas do Norte do Estado do Rio de Janeiro. In: Esteves, F. A., Ecologia de Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ), Rio de Janeiro, RJ: NUPEM, p. 1 – 3, 1998.

SOUZA, M. J.N., Contribuição ao Estudo das Unidades Morfoestruturais do Estado do Ceará. Revista de Geologia. UFC, 2:35 – 57, Fortaleza, 1988.

SOUZA FILHO, F. A.; PORTO, R. L. L. Aprimoramento do processo de alocação de água de curto prazo no Ceará através de utilização da informação climática. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa – PB, 2005.

SPERLING, E. V., Considerações sobre a saúde de ambientes aquáticos. Bio, 2(3): 53-60, 1993.

SRH – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS – MMA. Avaliação das Águas Doces do Brasil, Brasília: MMA, 1998. Acessado em <http://www.srh.gov.br>.

SUCUPIRA, P. A. P. Indicadores de degradação ambiental no baixo curso do rio Acaraú-CE. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, 2006.

SUGUIO, K & TESSLER, M.G.. Planícies de cordões litorâneos do Brasil: origem e nomenclatura. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turq B (eds). Restingas: origem, estrutura e processos. CEUFF, Niteói.p. 15-26, 1984.

TUCCI, C. E. M., HESPANHOL. I., OSCAR de M. C. N., Gestão da água no Brasil – Brasília: UNESCO,. 156p, 2001.

THOMAZ, S.M., ARAÚJO, R.R.R., SANTOS. A.M., PAGIORO, T.A., ROBERTO, M.C., PIERINI, S., PEREIRA, G., Fatores Limnológicos. Componente Biótico – Limnologia, 2002.

TUNDISI, J. C.; BICUDO, C.E.M. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (ed.). **Limnology in Brazil**. São Paulo: Brazilian Academy of Sciences, 376p, 1995.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M., Limnologia – Oficina de Textos, 2003.

TUNDISI, J. G.; MATSUMARA-TUNDISI, T.; ROCHA O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA JÚNIOR,. B.P.F.; TUNDISI, J.G. (org). Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 717p. Cap. 5, p. 153-194, 1999.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; Limnologia, Oficinas de Textos, 2008.

VALCAREL, R. Proposta de Ação para o Manejo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Revista Floresta e Ambiente v. 5(1). p. 68-88, UFRJ, Seropédia, 1998.

Nascimento, A. P. 2010. Análise dos Impactos das Atividades Antrópicas em Lagoas Costeiras. Estudo de Caso da Lagoa Grande em Paracuru – Ceará.

VICENTE DA SILVA, E. Dinâmica da Paisagem: Estudos integrados de ecossistemas Litorâneos em Helva (Espanha) e Ceará (Brasil). São Paulo, UNESP. 1993.

WETZEL, R. G. (1981). **Limnología**. Barcelona: Omega S. A., 677p, 1981.

WRI - World Resources – A Guide to the Global Environment”, World Resources Institute, The United Nations Environment Programme, The United Nations Development Programme, The World Bank: Oxford University Press, New York – 369p, 1998.