

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM ECOSISTEMA LACUSTRE URBANO DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO - FORTALEZA-CE: LAGOA DO MONDUBIM

Andson AMARANTE (1); Carlos PACHECO (2); Isabelly LIMA (3); Bemvindo GOMES (4)

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, Avenida Treze de maio, 2081, CEP: 60040-531, telefone: (85) 3307-3727, fax (85) 3307-3633, e-mail: andson_amarante@hotmail.com

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, e-mail: bellygasper@hotmail.com

(3) Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: henriqueap83@hotmail.com

(4) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, e-mail: bemvindo@cefetce.br

RESUMO

As lagoas são relevantes para as cidades, com valor paisagístico e amenização climática. Objetivou-se avaliar a qualidade física, química e bacteriológica da água da Lagoa do Mondubim, em Fortaleza-CE. Amostrou-se superficialmente em três pontos, de agosto/06-abril/07, mensalmente. Determinaram-se variáveis físicas (pH, sólidos suspensos voláteis-SSV e óleos e graxas-O&G), químicas (DQO, DBO5, OD, clorofila "a"-CLa, fósforo total-PT, solúvel-OPS, amônia total-NH3-T e nitrato-NO3⁻) e bacteriológicas (coliformes termotolerantes-CTT e Escherichia coli-Ec). Os resultados médios indicaram elevado teor de matéria orgânica (DQO=73,0 mg/L, DBO5=34,0 mg/L, SSV=18,0 mg/L e O&G=7,1 mg/L). O OD (7,4 mg/L) atendeu ao padrão legal (>5 mg/L). Apesar do teor de CLa (12,8 µg/L) enquadrar-se no estabelecido pela legislação (≤30 µg/L), o pH (8,4), apresentou valores limítrofes, indicando baixo tamponamento. O índice de estado trófico de Carlson modificado enquadrou-a como eutrófica (IET=64). Os teores de PT (0,160 mg/L) e OPS (0,026 mg/L) foram superiores aos valores de referência. As concentrações de NH3-T (0,270 mg/L) e NO3⁻ (0,116 mg/L) atendem ao padrão. A qualidade sanitária (CTT=536 NMP/100mL e Ec=233 NMP/100mL) atendeu aos padrões de balneabilidade. Conclui-se que o manancial está em processo de autodepuração, porém, o contínuo lançamento de efluentes ocasiona o desequilíbrio do ecossistema.

Palavras-chave: Lagoas urbanas, Mondubim, qualidade de água

1. INTRODUÇÃO

A base dos recursos naturais do Estado do Ceará é notadamente frágil, sobretudo por estar localizado, quase em sua totalidade, no semi-árido. Estas características determinam a alta vulnerabilidade desses recursos, agravados pelos grandes desmatamentos, queimadas, remoção de matas ciliares para uso agrícola, uso abusivo de pesticidas e fertilizantes na agricultura, despejos de resíduos poluidores nos corpos d' água, rampas de lixo dentro de zonas de preservação dos corpos hídricos, cujas conseqüências ambientais, sociais e econômicas são de grandes proporções. (COGERH, 2007).

Nesse contexto encontra-se a região Nordeste do Estado do Ceará, formada por 14 bacias independentes, denominadas Bacias Metropolitanas, das quais apenas as bacias dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, São Gonçalo e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são hidrologicamente representativas (COGERH, 2001).

A bacia do rio Maranguapinho é a segunda maior, com uma área de aproximadamente 215 Km² e 40 Km de extensão (DA SILVA & ALEXANDRE, 2003). Na sua bacia de drenagem estão localizados 36 bairros com uma população estimada de mais de 700.000 habitantes, distribuídos entre os municípios de Maranguape, Maracanaú e Fortaleza (ALMEIDA et. al., 1998).

A Lagoa do Mundubim, é um dos principais ecossistemas lacustres encontrados nesta bacia, apresenta um volume de 286.810 m³, profundidade média de 2,11m, seu espelho d' água é de aproximadamente 15,45 ha. (PMF/SEMAM, 2007). Estando localizada em uma região densamente povoada, variadas atividades antrópicas são desenvolvidas em sua área de entorno. Este ecossistema recebe, de forma contínua, vazões consideráveis de esgoto, aportadas clandestinamente de forma pontual e difusa.

Devido esse fato, a Lagoa do Mondubim é parte integrante do projeto: Monitoramento Sistemático dos Dez Principais Sistemas Lacustres de Fortaleza, realizado através do convênio entre o Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará - CEFETCE e a Prefeitura municipal de Fortaleza – PMF, na parte relativa ao controle de poluição. Neste projeto, são realizadas análises sistemáticas, com frequência mensal, das águas desses mananciais, integrando parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, objetivando avaliar a qualidade das águas dessas lagoas. A partir dos resultados obtidos, são elaborados e expedidos relatórios técnicos para a PMF, que se encarrega das devidas ações de manejo para a preservação e/ou recuperação dos corpos aquáticos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A formação de grandes aglomerados urbanos e industriais, com crescente necessidade de água para o abastecimento doméstico e industrial, além de irrigação e lazer, faz com que, hoje, a quase-totalidade das atividades humanas seja cada vez mais dependente da disponibilidade das águas continentais. Além disso, grande parte dos efluentes domésticos e industriais é lançada diretamente nos corpos d' água, reduzindo ainda mais a possibilidade de utilização dos recurso hídricos (ESTEVES, 1998).

Sabendo que a qualidade da água superficial é diretamente afetada por poluentes oriundos dessas fontes pontuais de esgoto, este fato acaba por ocasionar a incorporação de uma serie de substâncias orgânicas e inorgânicas, dentre elas, os nutrientes, que prejudicam a qualidade da água e, por extensão, as pessoas que consomem direta ou indiretamente estas águas.

No nordeste brasileiro, além das entradas de esgoto, um outro fator que proporciona a alta concentração de nutrientes é o acúmulo de água em alguns açudes e lagos, tornando-a estagnada e submetida à intensa evaporação, o que, juntamente com as escassas precipitações dessa região, concentram os sais e os compostos de fósforo e nitrogênio, acelerando a eutrofização e o conseqüente crescimento de microalgas e cianobactérias, que provocam a intensa cor esverdeada (ANA, 2005).

Como acontece nos rios e nos alagados, os lagos rasos e as margens lacustres são ameaçados por uma ampla variedade de impactos humanos, incluindo a eutrofização (TUNDISI, 1995). Conforme Esteves (1998), a eutrofização artificial é um processo que pode tornar um corpo d' água inaproveitável para o abastecimento, geração de energia, e como área de lazer.

Para não ser nociva à saúde, a água não pode conter substâncias tóxicas e microorganismos patógenos. Portanto, faz-se necessário à realização de análises laboratoriais em vários pontos do corpo aquático para a verificação da qualidade da água, onde devem ser investigados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (COGERH, 2007).

A Política Nacional de Recursos Hídricos define, entre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei nº 9.433).

Desta forma, segundo COGERH (2007), faz-se necessário um maior planejamento da demanda dos recursos hídricos, tanto no aspecto de consumo, como também na utilização desses aspectos para a agricultura, disposição final de esgotos domésticos e industriais, efluentes de matadouros, entre outros, que termina por poluir as águas superficiais, gerando, assim, problemas sérios aos recursos naturais presentes nas bacias.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho objetivou realizar uma avaliação da qualidade das águas da Lagoa do Mondubim, através da análise integrada das características físicas, químicas e bacteriológicas, tendo como referência os padrões estabelecidos para águas doces de classe 2 de acordo com Resolução CONAMA Nº 357/05.

Para o desenvolvimento do estudo foram selecionadas três estações de amostragem: PT-1 (entrada do principal tributário), PT-2 (centro) e PT-3 (sangradouro), localizadas em isobata de, no mínimo, 1 metro de profundidade (Figura 1). Foram coletadas amostras superficiais (30-40 cm de profundidade). As amostragens foram sistemáticas, no período de agosto/06 a abril/07, com frequência mensal (Quadro 1).

Quadro 1: Identificação dos pontos de amostragem e coordenadas geográficas

Ponto	Identificação	Coordenadas	
		Long. (S)	Lat. (W)
PT-1	entrada do principal tributário	3°48'298''	38°34'603''
PT-2	centro	3°48'220''	38°34'801''
PT-3	sangradouro	3°48'191''	38°34'868''

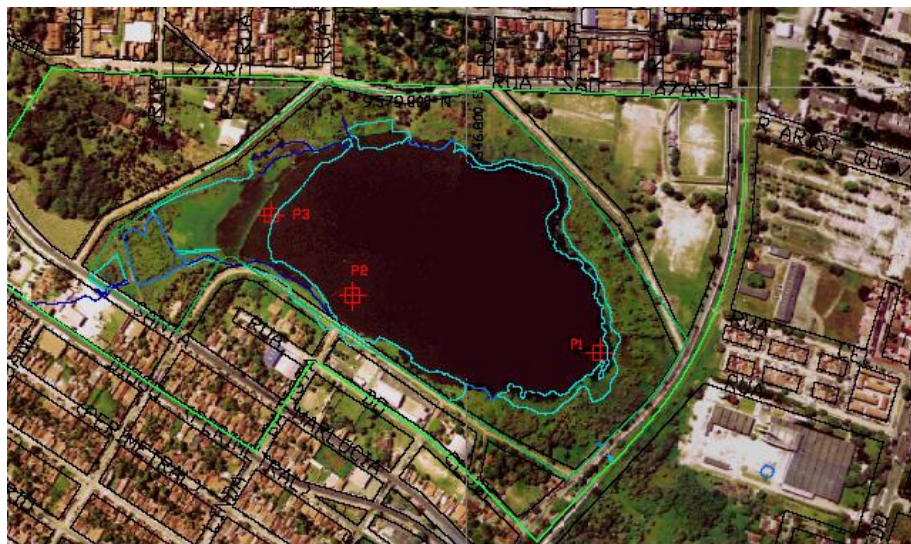


Figura 1 – Localização dos pontos de amostragem.

Fonte: PMF/SEMAM

Para a avaliação da qualidade física foram determinadas as variáveis: pH, sólidos suspensos voláteis (SSV) e óleos e graxas (O&G). Entre as variáveis químicas: demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NH₃-T), nitrato (NO₃-), fósforo total (PT) e ortofosfato solúvel (OPS) e clorofila “a” (Cla) e, para a avaliação da qualidade sanitária foram determinados os teores de coliformes termotolerantes (CTT) e de *Escherichia coli* (Ec). As análises foram realizadas no LIAMAR/CEFET-CE. As metodologias analíticas adequadamente referenciadas são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Parâmetros, Métodos e Referências

Parâmetros	Método	Referência
pH	Potenciométrico	APHA <i>et. al.</i> , 1998
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	Gravimétrico	
Óleos e graxas (mg/L)	Gravimétrico com extração em sohxlet com hexano	
DBO ₅ (mg/L)	Frascos Padrões – Iodometria	
DQO (mg/L)	Titulometria com digestão por refluxação fechada	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Iodometrico	
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	Espectrofotométrico – Destilação em Macro Kjeldahl seguida de Nesslerização Direta	APHA <i>et. al.</i> , 1989
Clorofila “a”. µg/L)	Espectrofotométrico – extração com metanol a quente	JONES, 1979
Nitrato (mg/L)	Espectrofotométrico – Salicilato de sódio	RODIER, 1975
Fósforo Total (mg/L)	Espectrofotométrico – Ácido Ascórbico	APHA <i>et. al.</i> , 1998
Ortofosfato solúvel (mg/L)		
Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)	Tubos múltiplos com meio A1	APHA <i>et. al.</i> , 1998
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	Método cromogênico	APHA <i>et. al.</i> , 1998

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os resultados apresentados na Tabela 1, várias observações podem ser pontuadas:

O pH do ecossistema aumentou ao longo do período seco (ago/06-jan/07), variando de 7,59 a 8,38. Este fato pode relacionar-se diretamente com aumento da biomassa fitoplancônica, representada pelos valores de clorofila “a” que, através da maior intensidade do processo fotossintético, ocasionou o aumento desta variável, entretanto, houve redução do valor de pH com o início de período chuvoso (fev/07 a abr/07), variando de 7,57 a 7,55. Esta variação, associada à redução de OD (de 7,1 para 6,2), sugere que, em decorrência das chuvas, tenha ocorrido o carreamento de matéria orgânica para o corpo d’água, o que provocaria redução do pH pelo incremento de processos de decomposição ocasionando redução dos teores de OD. Apesar deste fato a lagoa manteve-se dentro dos padrões legais de pH e OD (pH de 6 a 9 e OD ≥ 5) (Figuras 2).

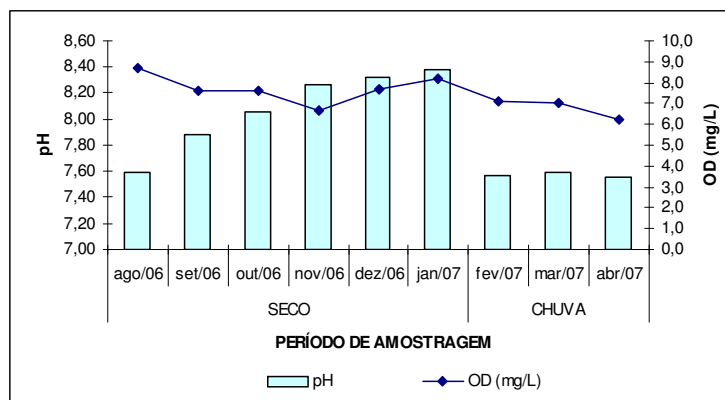


Figura 2 – Valores de pH e oxigênio dissolvido na lagoa de Mondubim, no período de agosto/06 a abril/07

A lagoa apresentou elevada concentração de matéria orgânica, representada pelo valor médio de DQO (72 mg/L), sendo 44% desta matéria orgânica biodegradável (DBO₅ = 34 mg/L). Esta elevada carga orgânica relaciona-se com as entradas pontuais e difusas de poluição verificadas ao longo do seu entorno. A maior concentração de matéria orgânica foi observada no mês de outubro/06 (DQO=115 mg/L), fato que pode ser relacionado à redução da diluição ocasionada pelo período seco. Em virtude do aporte contínuo de matéria orgânica em quantidades superiores à sua capacidade de suporte, o ecossistema apresenta valor de DBO₅ (34 mg/L) pelo menos 500 % maior do que o padrão legal (DBO₅ < 5 mg/L). A variação de DBO₅ ao longo do monitoramento é apresentada na Tabela 1.

Quanto à concentração das frações nitrogenadas estudadas, foi verificado que a lagoa apresentou uma variação sazonal com relação ao nitrato (de 0,179 mg/L, em fev/07, a 0,192 mg/L, em abr/07), sendo os maiores valores encontrados no período chuvoso. Este fato deve estar associado ao aumento do volume da lagoa, que, em virtude do período chuvoso e da boa oxigenação, favorece o processo de nitrificação, provocando ainda uma homogeneização dos compartimentos da lagoa, aumentando os teores de nitrato na superfície. O teor de nitrogênio amoniacal total, de uma forma geral, foi mais elevado no período chuvoso (0,22 mg/L a 0,76 mg/L). Este aumento está associado ao maior escoamento superficial com carreamento de compostos orgânicos, principalmente nitrogenados, que são rapidamente oxidados à amônia. A redução dos valores de OD, neste período, corrobora esta afirmação. A Figura 3 apresenta as concentrações de NH₃-T e NO₃⁻, ao longo do estudo.

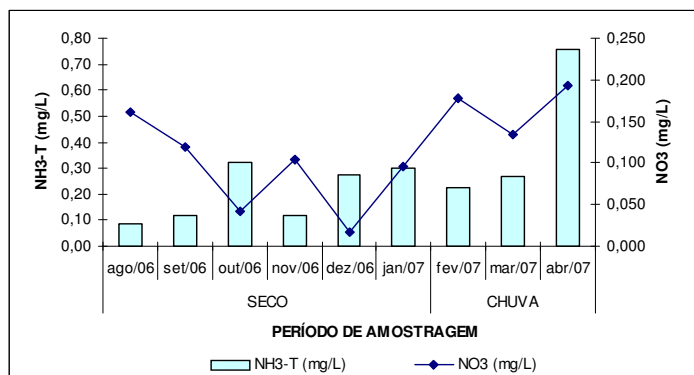


Figura 3 – Valores de NH₃-T e NO₃⁻, na lagoa de Mondubim, no período de agosto/06 a abril/07.

As frações fosfatadas não apresentaram variações sazonais significativas, porém, de uma forma geral, as maiores concentrações do fósforo total e solúvel, foram encontrados no período seco e variaram de 0,222 mg/L a 0,126 mg/L para PT e 0,049 mg/L a 0,012 mg/L para OPS. O fósforo entre os macronutrientes necessários à vida em águas naturais é o que ocorre em menor abundância sendo, por esta razão,

frequentemente, o primeiro a limitar a produtividade biológica (Henry, 1990). No entanto, pesquisas têm evidenciado que, em muitas lagoas tropicais, o nitrogênio tem se constituído no principal fator limitante (Talling, 1966; Henry et. al., 1985). Isto evidentemente não é uma regra imutável. Evidências apontam para o fato de que a limitação por um nutriente em determinada época, pode não ser permanente durante todo o ciclo hidrológico, havendo alternância na suficiência destes (Henry e Simão, 1988; 1990). Destaca-se, que a concentração média de fósforo total, encontrada ao longo do período de monitoramento, está pelo menos 400% (0,160 mg/L) acima do padrão estabelecido para as águas doce de classe 2 (0,03 mg/L). Esta elevada concentração está ligada ao contínuo lançamento de esgoto na lagoa de forma pontual e difusa. Sabendo que a lagoa já se encontra eutrofizada (IET= 64), este fato se torna de extrema importância, em virtude de o fósforo ser elemento determinante no processo de eutrofização dos corpos hídricos (Tabela 1).

Com relação à qualidade sanitária do manancial, foi possível verificar que os maiores valores de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, ocorreram no período chuvoso, variando de 2460 NMP/100mL a 5590 NMP/100mL para CTT e 506 NMP/100mL a 2580 NMP/100mL para *Ec*. Este fato ocorre em virtude do maior carreamento de matéria orgânica em direção a lagoa, através de sua área de drenagem. Porém, a partir da média geométrica de todos os valores encontrados ao longo do estudo, o ecossistema encontra-se dentro dos padrões legais (<1000 NMP/100mL para CTT), sendo os valores encontrados de 536 NMP/100mL para CTT e 233 NMP/100mL para *Ec*. (Figura 4).

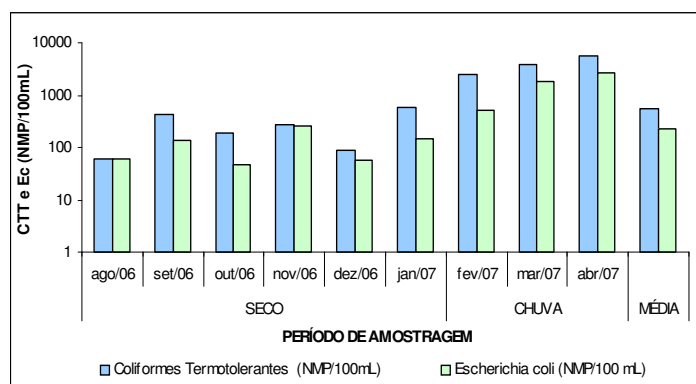


Figura 4 – Valores de Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*, na lagoa de Mondubim, no período de agosto/06 a abril/07.

Tabela 1: Valores médios das variáveis estudadas na Lagoa do Mondubim no período de Agosto/2006 a Abril/2007

Parâmetros	Período de amostragem									
	ago/06	set/06	out/06	nov/06	dez/06	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	média
Pluviometria (mm)	6	0	0	SI	11,8	50,4	250	270,6	295	110,5
pH	7,59	7,88	8,05	8,26	8,32	8,38	7,57	7,60	7,55	7,91
SSV (mg/L)	26	11	17	28	19	18	17	18	12	18
Ó&G (mg/L)	6,5	7,7	6,8	4,1	1,9	7,3	12,6	6,9	9,8	7,1
DBO ₅ (mg/L)	39	52	31	20	19	36	28	35	43	34
DQO (mg/L)	97	63	115	47	38	70	55	82	85	73
OD (mg/L)	8,7	7,6	7,6	6,7	7,7	8,2	7,1	7,0	6,2	7,4

CLa µg/L)	13,1	15,7	10,6	20,5	6,4	10,0	13,7	13,7	11,6	12,8
NH ₃ -T (mg/L)	0,09	0,12	0,32	0,12	0,28	0,30	0,22	0,27	0,76	0,27
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,161	0,119	0,043	0,103	0,017	0,095	0,179	0,134	0,192	0,116
PT (mg/L)	0,222	0,167	0,126	0,139	0,127	0,159	0,124	0,159	0,216	0,160
OPS (mg/L)	0,049	0,032	0,012	0,016	0,020	0,020	0,027	0,020	0,036	0,026
CTT (NMP/100mL)	62	415	188	272	90	585	2461	3860	5593	536
Ec (NMP/100 mL)	62	134	48	253	58	144	506	1817	2579	233

5. CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado, conclui-se que a Lagoa do Mondubim, recebe uma elevada carga orgânica, de origem pontual e difusa, acelerando, desta forma, o processo de eutrofização deste ecossistema. Um ponto de destaque é a capacidade de recuperação do manancial que, apesar do grande aporte de poluentes, apresenta-se ainda bem oxigenado ao longo do ciclo diário. Considerando o estado de degradação da lagoa e a necessidade de ações de proteção e recuperação, devem ser incluídos, entre as estratégias de gestão, o monitoramento sistemático da lagoa em um maior número de pontos, assim como, a realização de coletas em diferentes profundidades a fim de conhecer os eventos ocorridos em toda a coluna d'água, propiciando a efetivação de medidas adequadas de recuperação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M.; SILVA, F. J. A.; CARVALHO, R. L. U. Perfil **Sanitário de um Rio Urbano da Região Metropolitana de Fortaleza**. In: XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. Lima-Peru, 1998.
- ANA, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos. Brasília, 2005. Vol.1, p. 70.
- APHA/AWWA/WEF, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20a. Ed. Washington, 1998.
- APHA/AWWA/WEF, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 1989
- CONAMA. Resolução Nº 357 de 17 março de 2005. **Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2005.
- COGERH. **Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas**. Fortaleza, 2001. Vol.1.
- COGERH. **Parâmetros para Avaliação da Qualidade das Águas**. Fortaleza, 2007, 27 p.
- COGERH. **Inventário Ambiental dos Açudes: Metodologia de Cálculo**. Fortaleza, 2007, 29 p.
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2a. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, p. 525.
- HENRY, R. **Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa Jurumirim (rio Paranapanema, SP)** Ver. Brasil. Biol. 50(4), p. 883-892, 1990.

HENRY, R.; HINO, H; TUNDISI, J. G.; RIBEIRO, J.S.B. **Responses of phytoplankton in lake Jacaretinga to enrichment with nitrogen and phosphorus in concentrations similar to those the river Solimões (Amazon, Brasil).** *Arch hidrobiol.*, v. 103, p. 453-457, 1985.

HENRY, R. e SIMÃO, C.A. **Aspectos sazonais da limitação potencial por N, P e Fe no fitoplâncton na represa de Barra Bonita (Rio Tietê, SP).** Ver. Brás. Biol., 48 (1) 1-14, 1998.

PMF/SEMAM. Programa Lagoas de Fortaleza. **Relatório do mapeamento batimétrico**, 2007.

SILVA, F.A. e ALEXANDRE, A. M. B. **Reservatórios da Região Metropolitana de Fortaleza – Influência dos Níveis Operacionais Sobre a Salinidade da Água e Correlações entre Parâmetros de Qualidade.** Revista Tecnologia 24. pp. 57-67. Universidade de Fortaleza. Fortaleza, 2003.

SRH. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/lei9433.html>>. Acesso em: 07 set. 2007.

TOLEDO JR., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E. G. **A aplicação de modelos simplificados para avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.** In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, Camboriú. Anais. p. 1-34, 1983.

TALLING, J.F. **The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East África).** In. *Rev. ges. Hydrobiol.*, 51. p. 545-621, 1966.

TUNDISI, J.G. **Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos: gerenciamento de litorais lacustres.** Fundação do Comitê Internacional do Meio Ambiente Lacustre e Estudo Internacional de Ecologia. São Paulo, 1995. Vol.3.

AGRADECIMENTOS

À Prefeitura Municipal de Fortaleza através da SEMAM/FUNDEMA, pelo financiamento da pesquisa e ao LIAMAR/CEFETCE pelo suporte estrutural e de pessoal para realização das análises e a todos que colaboraram para realização desta pesquisa.