



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**CORRELAÇÃO ENTRE A CONTAGEM DE *Escherichia coli* E VARIÁVEIS
FÍSICO-QUÍMICAS SELECIONADAS EM AMOSTRAS DE ÁGUA DA LAGOA
DA MARAPONGA (FORTALEZA, CEARÁ)**

VITOR MATHEUS GALDINO PEREIRA

**Monografia apresentada ao Departamento
de Engenharia de Pesca do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal
do Ceará, como parte das exigências para a
obtenção do título de Engenheiro de Pesca.**

**FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL
DEZEMBRO/2008**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P496c Pereira, Vitor Matheus Galdino.

Correlação entre a contagem de *Escherichia coli* e variáveis físico-químicas selecionadas em amostras de água da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará) / Vitor Matheus Galdino Pereira. – 2008.

34 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2008.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Água. 2. Lagoas. 3. Engenharia de Pesca. I. Título.

CDD 639.2

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá, D.Sc.
Orientador/Presidente

Prof. José Renato de Oliveira César, Ph.D.
Membro

Eng. de Pesca Sérgio Alberto Apolinário Almeida, M.Sc.
Membro

VISTO:

Prof. Moisés Almeida de Oliveira, D.Sc.
Chefe do Departamento de Engenharia de Pesca

Prof. Raimundo Nonato de Lima Conceição, D.Sc.
Coordenador do Curso de Engenharia de Pesca

DEDICATÓRIA

A Deus por ter me iluminado sempre ajudando a superar todos os obstáculos e ter me dado familiares e amigos maravilhosos

Meus pais, que sempre me apoiaram e me deram a educação que hoje tenho e que passarei às minhas gerações futuras.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter sempre me guiado e ajudado a escolher os caminhos certos na minha vida me dando forças e coragem para enfrentar tudo que viesse a atrapalhar minha vida.

Aos meus pais, Joaquim Galdino Barbosa e Maria Socorro Pereira Barbosa, pelo apoio a todas as minhas decisões e por terem me possibilitado estudar e, assim, conseguir realizar meus objetivos almejados. Aos meus irmãos Antônio Janeandro Galdino Pereira, Pedro Galdino da Silva Neto e Lívia Maria Galdino Pereira por estarem sempre presentes em minha vida.

Ao Professor Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá pela excelente orientação, apoio, compreensão, especialmente na elaboração desse trabalho.

Ao Professor Raimundo Bemvindo Gomes (LIAMAR/CEFET) e seus alunos pelo apoio, orientação, disposição em ajudar e pela indispensável contribuição na parte microbiológica deste trabalho.

A Professora Dr^a. Rosemeiry Melo Carvalho por sua paciência, por seus conselhos e por ser um excelente exemplo de honestidade e sabedoria.

Aos meus irmãos, não de sangue, mas de coração (Os de guerra), Átila Elias, Ênio Nunes, Euclides (Abel) dos Santos, Felipe Rocha, Felipe Lima, Felipe Ximenes, Filipe Nepomuceno, Francisco Santiago, Rafahel Fontenele, Tércio Alexandre e Wictor Edney, por todos os momentos inesquecíveis que passamos juntos e ainda vamos passar.

As minhas amigas de graduação Daniele Menezes, Patrícia Raquel, Anne Kelly, Leiliana Noronha, Leilamara Andrade, Mayara Barreto, Iara Pimentel e todas as outras, por sempre estarem dispostas a me escutar, aconselhar e incentivar.

Aos meus amigos de infância Paulo Daving e Wagner Rodrigues pela eterna amizade, companheirismo e por todos esses anos de convivência.

A todos aqueles que de certa forma contribuíram para meu crescimento e para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

Ao Programa de Educação Tutorial - PET pela concessão da bolsa de estudo essencial para minha formação acadêmica.

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia de Pesca, pelo apoio e atenção em toda minha formação acadêmica.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA -----	iii
AGRADECIMENTOS -----	iv
LISTA DE FIGURAS -----	vii
LISTA DE TABELAS -----	viii
RESUMO -----	ix
1. INTRODUÇÃO -----	1
2. MATERIAL E MÉTODOS -----	4
3. RESULTADOS -----	7
3.1. Características físico-químicas da água -----	7
3.1.1. Oxigênio Dissolvido-----	7
3.1.2. Salinidade-----	7
3.1.3. Condutividade Elétrica-----	7
3.1.4. pH-----	7
3.1.5. Alcalinidade-----	8
3.1.6. Dureza Cálcica-----	8
3.1.7. CO ₂ Livre-----	8
3.1.8. Fósforo Reativo-----	8
3.1.9. Amônia Total-----	8
3.1.10. Nitrito-----	9
3.1.11. Ferro Total-----	9
3.1.12. Transparência-----	9
3.2. Coeficientes de correlação linear -----	12
3.3. Concentração de <i>Escherichia coli</i> e pH da água-----	14
4. DISCUSSÃO -----	17
4.1. Características físico-químicas da água-----	17
4.1.1. Oxigênio Dissolvido-----	17
4.1.2. Salinidade-----	17
4.1.3. Condutividade Elétrica-----	17
4.1.4. pH-----	18
4.1.5. Alcalinidade-----	18
4.1.6. Dureza Cálcica-----	19
4.1.7. CO ₂ Livre-----	19
4.1.8. Fósforo Reativo-----	19
4.1.9. Amônia Total e Nitrito-----	20
4.1.10. Ferro Total-----	20
4.1.11. Transparência-----	21
4.2. Concentração de <i>Escherichia coli</i> e pH da água-----	22
5. CONCLUSÕES-----	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	25

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Concentrações médias de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) e pH da água em amostras de água coletadas na entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará), no período de 8 de março a 27 de setembro de 2008.----- 15
- Figura 2** Equação preditiva do valor médio do pH da água da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará), em função da concentração média de *Escherichia coli* (NMP/100 mL). Os pontos correspondem aos valores observados, que foram obtidos a partir de amostras de água sub-superficial coletadas na entrada, meio e sangradouro da lagoa. ----- 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Coordenadas geográficas das estações de amostragem na Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará)-----	5
Tabela 2	Características físico-químicas da água de entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará) em amostras de água sub-superficial coletadas no período de 8 de março a 27 de setembro de 2008 (média \pm d.p.)-----	10
Tabela 3	Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) das relações entre as concentrações de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) e variáveis limnológicas selecionadas de amostras de água da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará)-----	13

RESUMO

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano – SEMAM, da Prefeitura Municipal de Fortaleza, as águas da Lagoa da Maraponga (LM) são impróprias para banho. Bactérias *termotolerantes* e *Escherichia coli* são microrganismos presentes na flora intestinal natural de animais homeotérmicos, inclusive do ser humano. Para tornar a LM novamente própria para receber projetos de Aqüicultura, pesquisas básicas devem ser realizadas. O presente trabalho teve como objetivo estudar a possível correlação existente entre as contagens de *E. coli* e o pH, transparência, condutividade elétrica, salinidade, alcalinidade, dureza cálcica, concentrações de CO₂ livre, oxigênio dissolvido, fósforo reativo, amônia total, nitrito e ferro total em amostras de água da LM. As amostras de água foram coletadas juntamente com a equipe de trabalho do Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias (LIAMAR/CEFET), em frascos de 1 L e encaminhadas ao Laboratório de Limnologia (Engenharia de Pesca/UFC). As seguintes variáveis físico-químicas foram analisadas nas amostras de água: oxigênio dissolvido, salinidade, alcalinidade total, dureza cálcica, pH, CO₂ livre, fósforo reativo, amônia total, nitrito, ferro, condutividade elétrica e transparência. Apenas os resultados de oxigênio dissolvido, pH, CO₂ livre, fósforo reativo, amônia total, nitrito, transparência e condutividade elétrica foram correlacionados com as concentrações de *E. coli*. As variáveis foram classificadas de acordo com o seu respectivo coeficiente de correlação de Pearson (r) em módulo, em ordem decrescente de importância sendo que o pH foi a variável que apresentou o maior valor ($r = -0,71$), e a única cujo r foi superior a 0,5. Houve correlação inversa entre a concentração média de *Escherichia coli* e o pH da água sub-superficial da Lagoa da Maraponga, com tendência de expressão pela equação $y = 7,63 - 2,92 * 10^{-4} x$, onde y é o pH médio da água e x é a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL ($r^2 = 0,53$; $P = 0,06$).

CORRELAÇÃO ENTRE A CONTAGEM DE *Escherichia coli* E VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS SELECIONADAS EM AMOSTRAS DE ÁGUA DA LAGOA DA MARAPONGA (FORTALEZA, CEARÁ)

Vitor Matheus Galdino Pereira

1. INTRODUÇÃO

Um dos campos mais antigos da Limnologia e um dos mais importantes nos tempos atuais refere-se às pesquisas sobre o metabolismo dos ecossistemas aquáticos continentais. Estas pesquisas possibilitam o conhecimento da estrutura e do funcionamento destes ecossistemas, viabilizando o seu manejo e a maximização da sua produtividade. Os resultados obtidos nesses estudos constituem a ferramenta mais importante para várias técnicas de manejo, destacando-se a aqüicultura de água doce (ESTEVES, 1998).

A Lagoa da Maraponga (LM), localizada na cidade de Fortaleza, Estado do Ceará, no bairro de mesmo nome, pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Cocó. Nesta Bacia também estão presentes o Açude do Jangurussu, a Lagoa do Passaré, a Lagoa da Sapiranga, a Lagoa de Messejana e a Lagoa de Porangabussu, dentre outros corpos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza. A LM possui espelho d'água de 10,7 ha, volume de 134.050 m³ e perímetro de 1769 m. Suas profundidades, média e máxima são de 1,74 e 3,90 m, respectivamente. Apresenta 1.070 m² de área potencial para aqüicultura, considerando-se a mesma igual a 1% da área do espelho d'água (FORTALEZA, 2007).

Até o presente momento, entretanto, não há atividade aqüícola sendo desenvolvida na LM, verificando-se apenas a pesca esportiva, que é realizada de forma eventual e desorganizada, principalmente nos finais de semana. No dia 14 de janeiro de 2007, em iniciativa inédita, a Prefeitura Municipal de

Fortaleza realizou campeonato de pesca amadora na LM, no qual participaram cerca de 150 pessoas, superando todas as expectativas iniciais (FORTALEZA, 2007).

A principal causa de doenças diarréicas é a ingestão de alimentos e/ou águas contaminadas por microrganismos patogênicos. Um dos agentes etiológicos das infecções entéricas é a bactéria *Escherichia coli* que, presente em águas ou alimentos, indica uma contaminação de origem fecal e um possível risco à saúde (VIEIRA, 2004). *E. coli* é a principal bactéria representante do grupo dos coliformes fecais. É considerada a indicadora mais específica de contaminação fecal recente e da eventual presença de organismos patogênicos (Ministério da Saúde, 2000).

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano – SEMAM, da Prefeitura Municipal de Fortaleza, as águas da LM são impróprias para banho (FORTALEZA, 2008b). De acordo com o boletim da SEMAM, datado de 01 de outubro 2008, a concentração média de coliformes termotolerantes (CTT) na LM foi igual a 221 NMP/100 mL, tendo como limite máximo para balneabilidade 500 NMP/100 mL. A concentração média de *Escherichia coli* foi de 127 NMP/100 mL, contra o padrão de aceitação de 400 NMP/100 mL.

Apesar das concentrações médias de CTT e *E. coli* atenderem aos padrões para águas próprias para banho, observou-se que o percentual de amostras coletadas nas cinco últimas semanas que atendem ao padrão considerado é inferior a 80%, razão porque a lagoa foi considerada imprópria (FORTALEZA, 2008a). Vale ressaltar que esses resultados já superaram em muito os valores de referência, como ocorrido em fevereiro de 2008, quando as concentrações médias de CTT e *E. coli* na LM foram superiores a 1600 e 1100 NMP/100 mL, respectivamente.

Tendo como referência a resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA e o relatório de balneabilidade expedido pela SEMAM, citado acima, as águas da LM se enquadram na Classe 3, sendo destinadas apenas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; recreação de contato secundário, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca amadora e dessedentação

de animais. Portanto, o atual estado físico-químico das águas da LM impede a utilização da mesma para aqüicultura.

Para que se possa recuperar a LM e torná-la novamente apta a receber projetos de aqüicultura, faz-se necessária a realização de estudos sistemáticos sobre sua Limnologia. É necessário que o lago seja submetido primeiramente a intenso programa de pesquisas limnológicas básicas, visando um diagnóstico preciso, antes que se possa iniciar sua recuperação (ESTEVEZ, 1998).

Dentre os pontos de importância que carecem esforço de pesquisa, destaca-se a possível correlação entre as contagens de *Escherichia coli* presente na água e os parâmetros físico-químicos da LM. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar a possível correlação existente entre as contagens de *E. coli* e o pH, transparência, condutividade elétrica, salinidade, alcalinidade, dureza cálcica, concentrações de CO₂ livre, oxigênio dissolvido, fósforo reativo, amônia total, nitrito e ferro total, em amostras de água da LM.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As campanhas foram realizadas na Lagoa da Maraponga (LM), no período de março a setembro de 2008, sendo as amostras de água analisadas no Laboratório de Limnologia - Lablim, do Departamento de Engenharia de Pesca - DEP da Universidade Federal do Ceará - UFC e no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias - LIAMAR, do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará - CEFET-CE. Foram realizadas oito campanhas, com periodicidade quinzenal, nas quais foram coletadas amostras da água sub-superficial (20 - 30 cm de profundidade) da LM, em três pontos de amostragem (Tabela 1). As estações de amostragem foram definidas como entrada d'água (tributário principal), centro e sangradouro. As estações "entrada" e "sangradouro" eram pontos de margem. A estação "centro" era ponto de meio.

As campanhas de coleta foram realizadas juntamente com a equipe de trabalho do LIAMAR/CEFET-CE, por ocasião do trabalho de avaliação da balneabilidade da LM, executado pelo LIAMAR, a pedido da SEMAM, dentro do Programa "Lagoas de Fortaleza". Portanto, nos momentos e pontos exatos em que ocorriam as coletas de amostras de água para análise microbiológica (*E. coli*), no LIAMAR/CEFET-CE, ocorriam as coletas de amostras de água para análise físico-química, no Lablim/UFC.

Durante as campanhas de coleta de amostras de água, as equipes de técnicos do LIAMAR/CEFET-CE estavam equipadas com um micro-ônibus e um barco de aproximadamente 3 metros de comprimento, com motor de popa. Inicialmente, o barco era posto na água na margem próxima à Avenida Godofredo Maciel, onde a vegetação é ausente. As coletas geralmente começavam pelo sangradouro da LM. Em seguida, passava-se para os pontos de meio e de entrada, nessa ordem.

TABELA 1 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem na Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará).

Estação	Latitude	Longitude
Entrada	3°46'140"S	38°34'090"W
Centro	3°33'977"S	38°46'085"W
Sangradouro	3°45'870"S	38°33'932"W

A equipe de trabalho era composta por, no máximo, quatro pessoas. Uma pessoa ficava responsável pelo governo da embarcação, operando o motor de popa; outra pessoa anotava as observações efetuadas em uma planilha; as duas pessoas restantes faziam a coleta das amostras de água e a verificação *in loco* da temperatura da água e da transparência utilizando termômetro e disco de Secchi, respectivamente.

As amostragens na LM ocorriam sempre entre 10 e 12 horas. Utilizou-se para coleta das amostras de água frascos de plástico com volume de 1 L. Imediatamente após a coleta das amostras os frascos eram armazenados em caixa isotérmicas ("isopor") contendo gelo. Em seguida, as amostras de água eram encaminhadas ao Labim/DEP/UFC para imediata análise.

As seguintes variáveis físico-químicas foram observadas nas amostras de água, em duplicata: oxigênio dissolvido, salinidade, alcalinidade total, dureza cálcica, pH, CO₂ livre, fósforo reativo, amônia total, nitrito, ferro, condutividade elétrica e transparência. As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com as metodologias utilizadas no Lablim/UFC, as quais estão baseadas em APHA (1992).

As concentrações de *Escherichia coli* nas amostras de água foram determinadas de acordo com o método 9223-B da APHA (1999), com a utilização de substrato cromogênico – ONPG-MUG.

Tendo em vista as sugestões apontadas pela literatura especializada (CARMOUZE, 1994), apenas os resultados de oxigênio dissolvido, pH, CO₂

livre, fósforo reativo, amônia total, nitrito, transparência e condutividade elétrica foram correlacionados com as concentrações de *E. coli*, cujos valores são disponibilizados semanalmente pelo LIAMAR/CEFET-CE na página da SEMAM na internet (<http://www.semam.fortaleza.ce.gov.br>).

Para a variável que apresentou o maior coeficiente de correlação linear (r) em módulo, e cujo r superou o valor de 0,5, realizou-se a análise de regressão dos dados para determinação da curva que melhor se ajustava aos pontos observados. Em seguida, a partir do gráfico obtido e do resultado da análise de variância da regressão, discutiu-se as possíveis explicações ambientais e biológicas para os fenômenos observados, bem como as principais implicações dessas relações na manutenção do equilíbrio (ou desequilíbrio) ecológico da LM. Todas as análises estatísticas e matemáticas foram realizadas com o auxílio do software Microsoft Office Excel 2007.

3. RESULTADOS

3.1 - Características físico-químicas da água

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises físico-químicas das amostras de águas da entrada, meio e sangradouro da LM, realizadas de 8 de março a 27 de setembro de 2008.

3.1.1. - Oxigênio dissolvido

No período de observações, a concentração média de oxigênio dissolvido na LM foi de $5,08 \pm 0,28$ mg/L. O ponto de meio apresentou concentração de O_2D ligeiramente inferior aos demais pontos (entrada e sangradouro). A amplitude de variação para essa variável foi considerável, observando-se valores de mínimo e máximo iguais a 2,0 e 8,4 mg/L, respectivamente.

3.1.2. - Salinidade

A salinidade média da água da LM ficou em $0,26 \pm 0,01$ g/L, havendo grande homogeneidade entre os três pontos de coleta. A faixa de variação ficou entre 0,18 e 0,40 g/L.

3.1.3. - Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica média da água da LM foi de $500,6 \pm 5,95$ $\mu S/cm$, com extremos de 354 e 671 $\mu S/cm$. Os pontos de coleta se mostraram semelhantes quanto a essa variável.

3.1.4. - pH

Durante as amostragens, o pH médio da água foi de $7,27 \pm 0,04$, com limites de mínimo e máximo de 5,9 e 8,1, respectivamente. Não houve diferença importante para o pH da água entre os três pontos de coleta (entrada, meio e sangradouro).

3.1.5. - Alcalinidade

A alcalinidade total média da LM foi de $33,08 \pm 1,19$ mg/L CaCO_3 eq. O ponto de coleta "sangradouro" apresentou resultado de alcalinidade levemente menor que os demais pontos (31,9 mg/L). Observou-se grande dispersão entre os resultados para essa variável ao longo do trabalho, obtendo-se valores de mínimo e máximo iguais a 3,0 e 66,5 mg/L, respectivamente.

3.1.6. - Dureza Cálcica

A dureza cálcica da água foi, em média, igual a $48,18 \pm 0,56$ mg/L CaCO_3 eq. Houve grande homogeneidade entre os pontos de coleta para essa variável. Os limites da faixa de variação ficaram em 37,1 e 65,1 mg/L CaCO_3 eq.

3.1.7. - CO_2 Livre

Em média, a concentração de CO_2 livre na água da LM, no período de realização do presente trabalho, foi de $22,9 \pm 1,33$ mg/L. O sangradouro da lagoa apresentou concentração de CO_2 livre maior que as observados nos pontos de entrada e meio. O menor valor para essa variável durante o período de observações foi de 13,0 mg/L. O maior valor foi igual a 39,0 mg/L.

3.1.8. - Fósforo Reativo

A concentração média de fósforo reativo, em mg/L, foi de $0,02 \pm 0,01$, com extremos de 0,0 e 0,1. Observou-se grande variação entre os pontos de coleta. A entrada da LM apresentou concentração de fósforo reativo bem inferior às observadas nos demais pontos ($10 \mu\text{g/L}$ x 16 e $20 \mu\text{g/L}$).

3.1.9. - Amônia Total

A concentração de amônia total na água da LM foi, em média, igual a $0,33 \pm 0,02$ mg/L, sendo que o ponto de meio foi aquele com menor concentração (0,31 mg/L). Os limites mínimo e máximo de variação foram iguais a 0,0 e 0,6 mg/L.

3.1.10 - Nitrito

No período de observações, a concentração média de nitrito, considerando-se os três pontos de coleta agrupados, foi de $0,26 \pm 0,01$ mg/L. Houve grande homogeneidade entre a entrada, meio e sangradouro da LM para essa variável. A menor concentração de nitrito na água da LM observada durante o período experimental foi de 0,14 mg/L. A maior concentração foi igual a 0,40 mg/L.

3.1.11. - Ferro Total

A concentração média de ferro total, dissolvido e em suspensão, presente nas amostras de água da LM foi de $0,11 \pm 0,02$ mg/L. A entrada da LM apresentou concentração de ferro maior que o meio e o sangradouro da lagoa. Os limites de mínimo e máximo observados para essa variável foram iguais a 0,0 e 0,6 mg/L.

3.1.12. - Transparência

A transparência média da água, medida com o auxílio do disco de Secchi, foi igual $48,9 \pm 0,14$ cm, havendo variação mínima entre os pontos de coleta. Durante o período de observações, o menor valor de transparência da água foi igual a 35 cm; o maior, 70 cm.

TABELA 2 – Características físico-químicas da água de entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará) em amostras de água sub-superficial coletadas no período de 8 de março a 27 de setembro de 2008 (média ± d.p.).

Ponto de coleta	O ₂ D (mg/L)	Salinidade (g/L)	CE (μS/cm)	pH	Alcalinidade total (mg/L CaCO ₃)	Dureza cálcica (mg/L CaCO ₃)	CO ₂ livre (mg/L)
Entrada	5,14 ± 1,6	0,26 ± 0,05	507,4 ± 91,2	7,24 ± 0,72	34,2 ± 24,7	48,2 ± 8,3	22,9 ± 5,9
Meio	4,44 ± 2,1	0,25 ± 0,05	496,1 ± 94,7	7,31 ± 0,59	33,1 ± 25,3	47,6 ± 8,0	21,7 ± 6,9
Sangradouro	5,32 ± 2,6	0,26 ± 0,06	498,4 ± 92,2	7,25 ± 0,51	31,9 ± 24,6	48,7 ± 6,7	24,4 ± 9,0
Média	5,08	0,26	500,6	7,27	33,08	48,18	22,98
Desvio-padrão	0,28	0,01	5,95	0,04	1,19	0,56	1,33
CV (%)	5,52	1,97	1,19	0,52	3,59	1,17	5,77
Mínimo	2,0	0,18	354,00	5,9	3,0	37,1	13,0
Máximo	8,4	0,40	671,00	8,1	66,5	65,1	39,0

TABELA 2 (Cont.)

Ponto de coleta	Fósforo reativo (mg/L)	Amônia total (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Ferro total (mg/L)	Transparência (cm)
Entrada	0,010 ± 0,01	0,34 ± 0,18	0,25 ± 0,06	0,13 ± 0,19	49,0 ± 10,5
Meio	0,016 ± 0,01	0,31 ± 0,13	0,26 ± 0,08	0,10 ± 0,09	49,0 ± 8,0
Sangradouro	0,020 ± 0,03	0,34 ± 0,26	0,26 ± 0,05	0,10 ± 0,12	48,7 ± 10,2
Média	0,02	0,33	0,26	0,11	48,92
Desvio-padrão	0,01	0,02	0,01	0,02	0,14
CV (%)	35,02	5,13	2,67	15,32	0,3
Mínimo	0,0	0,0	0,14	0,0	35,0
Máximo	0,1	0,6	0,40	0,6	70,0

3.2 - Coeficientes de correlação linear

Das doze variáveis limnológicas monitoradas no presente trabalho (Tabela 2), foram selecionadas oito para serem correlacionadas com as respectivas concentrações de *E. coli*. O critério de seleção adotado foi a provável aderência das variáveis limnológicas em questão com as alterações na carga de matéria fecal presente na LM, de acordo com a literatura especializada (CARMOUZE, 1994).

A Tabela 3 apresenta os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) das relações entre as concentrações de *E. coli* e as oito variáveis limnológicas selecionadas. Para cada data, realizou-se o agrupamento dos dados dos diferentes pontos de amostragem (entrada, meio e sangradouro). Foram correlacionados os resultados de oxigênio dissolvido, pH, CO₂ livre, amônia total, nitrito, fósforo reativo, transparência da água e condutividade elétrica (CE) com as concentrações de *E. coli*, em NMP/100 mL, divulgadas semanalmente pelo LIAMAR/CEFET-CE. Em seguida, as variáveis foram classificadas de acordo com o seu respectivo coeficiente de correlação, em ordem decrescente de importância. Dessa forma, a variável limnológica que apresentou o maior coeficiente de correlação de Pearson (r) em módulo, e cujo r foi superior a 0,5, foi o pH da água ($r = -0,71$). Essa variável foi posteriormente ajustada matematicamente aos resultados de concentração de *E. coli* através de análise de regressão linear.

TABELA 3 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) das relações entre as concentrações de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) e variáveis limnológicas selecionadas de amostras de água da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará)

Variável	r	Classificação
pH	-0.71	1º
Transparência	-0.43	2º
Cond. Elétrica	0.42	3º
Nitrito	-0.38	4º
O ₂ D	0.19	5º
CO ₂ livre	-0.16	6º
Amônia total	-0.02	7º
Fósforo reativo	0.02	7º

3.3 - Concentração de *Escherichia coli* e pH da água

A Figura 1 apresenta as alterações simultâneas da concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL, e do pH da água, no período de março a setembro de 2008.

Tanto o pH da água, como a concentração de *E. coli* da LM, sofreram significativas variações durante o período de observações. O pH médio da água, compreendendo os resultados obtidos nas amostras coletadas na entrada, meio e sangradouro da LM, variou de 7,24 a 7,31. Durante as primeiras amostragens, realizadas em março e abril de 2008, observou-se acentuado processo de alcalinização da LM, com o pH da água subindo de 6,8 para 7,9. Nas duas coletas seguintes, em 17 de maio e, principalmente, em 31 de maio, houve queda acentuada no valor do pH médio da água da LM. Nessa última data, observou-se o menor valor de pH da água para o período experimental (6,1). Na coleta seguinte, 20 de setembro, o pH médio da água subiu para 7,4, para, finalmente, cair na última coleta para 7,1.

Nas três primeiras coletas de amostras de água, a concentração de *E. coli* na LM, em NMP/100 mL, caiu, passando de 3667 para 157. Esse último valor, obtido para coleta realizada em 19 de abril, foi o menor dentro do período de observações do presente trabalho. A partir daí, a concentração média de *E. coli* sobe, nas duas coletas seguintes, atingido o valor de 3247 NMP/100 mL, em 31 de maio. Segue-se forte queda nessa variável na coleta de 20 de setembro (197 NMP/100 mL), para, em seguida, estabilizar-se em 179 NMP/100 mL, na última coleta realizada (27 de setembro).

Pela análise dos resultados apresentados na Figura 1, observa-se nítido relacionamento inverso entre a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL, e o pH médio da água da LM. O crescimento acentuado do pH durante as três primeiras coletas foi acompanhado por expressiva queda na concentração de *E. coli*. A redução no pH da água da LM de 7,9 para 6,1, observada no período de 19 de abril a 31 de maio, teve como correspondente variação na concentração de *E. coli*, a elevação de 157 para 3247 NMP/100 mL. Finalmente, observou-se que a elevação no pH da água de 6,1 para 7,4 foi

acompanhada pela queda na concentração de *E. coli* de 3247 para 197 NMP/100 mL.

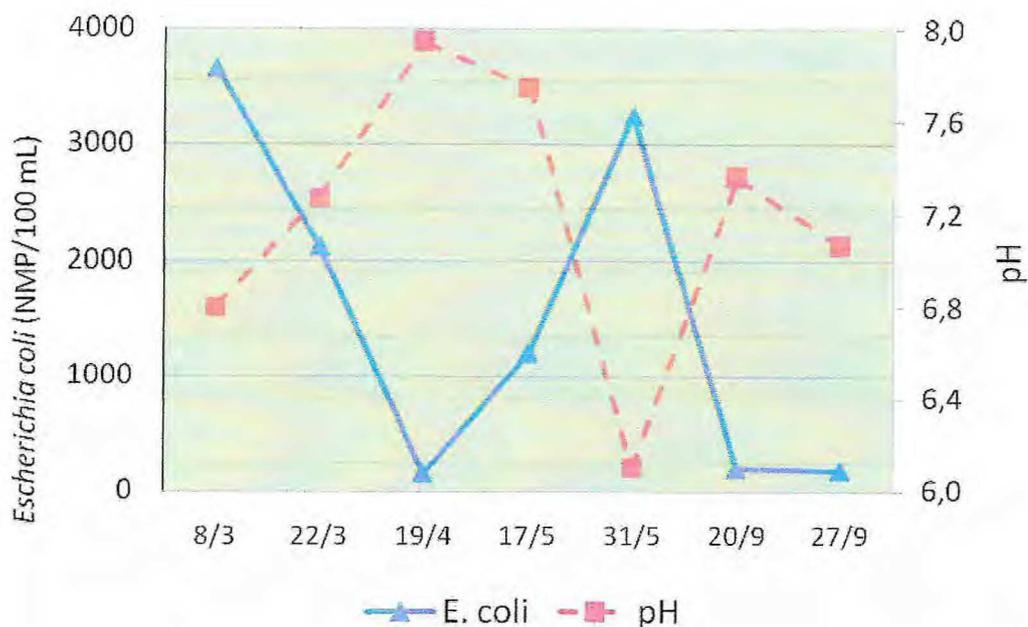


FIGURA 1 – Concentrações médias de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) e pH da água em amostras de água coletadas na entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará), no período de 8 de março a 27 de setembro de 2008.

Ao se proceder a análise de regressão do relacionamento entre a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL, como variável independente, e o pH médio da água da LM, como variável dependente, constatou-se que o modelo linear $y = a + bx$ foi aquele que melhor se ajustou aos pontos observados (Figura 2). A aplicação de regressão linear sobre os pontos observados gerou a seguinte equação: $y = 7,63 - 2,92 \cdot 10^{-4} x$, onde y é o pH médio da água, considerando-se os resultados obtidos na entrada, meio e sangradouro da LM; e x é a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL, também para os mesmos pontos de coleta. A equação de regressão acima apresentou coeficiente de determinação $r^2 = 0,53$ e probabilidade P da análise de variância de 0,06.

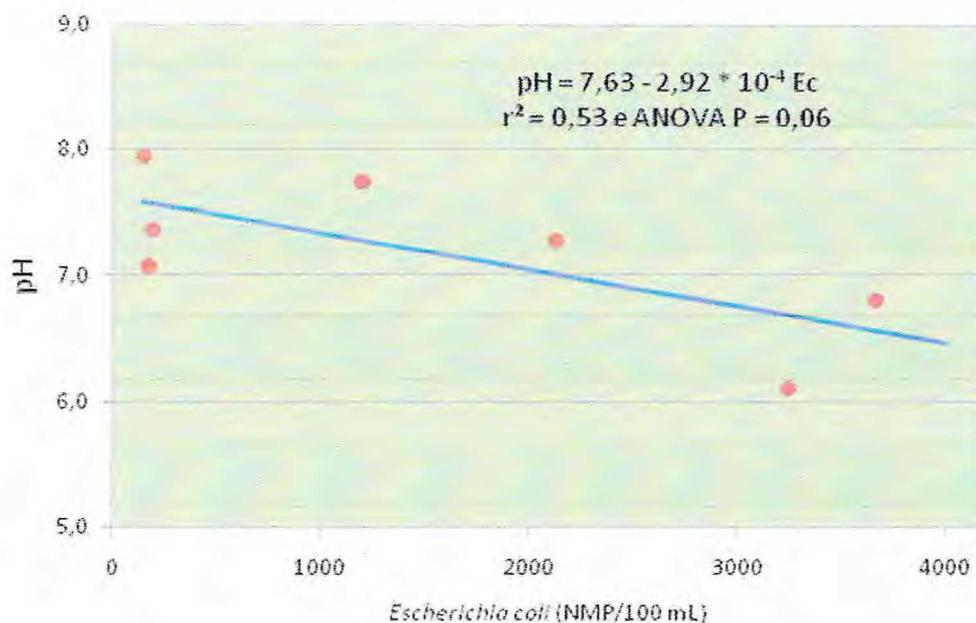


FIGURA 2 – Equação preditiva do valor médio do pH da água da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará), em função da concentração média de *Escherichia coli* (NMP/100 mL). Os pontos correspondem aos valores observados, que foram obtidos a partir de amostras de água sub-superficial coletas na entrada, meio e sangradouro da lagoa.

4. DISCUSSÃO

4.1 - Características físico-químicas da água

Os valores de referência apresentados a seguir foram retirados de Boyd e Tucker (1998).

4.1.1. - Oxigênio Dissolvido

Apesar de a concentração média de oxigênio dissolvido está acima do limite mínimo de adequação para aqüicultura, 4,0 mg/L, verificou-se ocasiões de hipoxia na LM. Valores de oxigênio dissolvido na água tão baixos quanto 2,0 mg/L foram observados durante o período de amostragem. Durante esses episódios, podem ocorrer mortandades em massa dos organismos aquáticos por asfixia, restando apenas os mais resistentes (HEATH, 1995). Interessante notar que o ponto de meio, exatamente aquele que, em tese, melhor caracteriza o ambiente, apresentou a menor concentração média para oxigênio dissolvido. Portanto, apesar da concentração média de oxigênio dissolvido na água atender a recomendação mínima para vida aquática, constatou-se que a LM sofre esporádicos eventos de hipoxia, capazes de trazer graves prejuízos a sua biota. Essas situações estão, provavelmente, associadas a grandes lançamentos de esgotos domésticos na lagoa.

4.1.2. - Salinidade

A salinidade média da água da LM (0,26 g/L) permite classificar suas águas como “doce”, tendo em vista que águas oligohalinas são somente aquelas com concentrações de íons dissolvidos entre 0,5 e 3,0 g/L (CONAMA, 2005).

4.1.3. - Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (CE) média da LM (500,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indica que este ecossistema se encontra eutrofizado, havendo a liberação de grande quantidade de íons na água a partir do trabalho de decomposição da matéria

orgânica. Considera-se que ambientes aquáticos, tais como açudes, lagos e represas, que apresentam CE acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estão sujeitos a fatores eutrofizantes (WETZEL, 2001). Verificou-se na LM, portanto, valor médio de CE cinco vezes maior que o valor máximo de referência para essa variável. Ecossistemas aquáticos eutrofizados estão mais suscetíveis a quadros de hipoxia e anoxia e conseqüentes malefícios a sua biota. Adicionalmente, há o aparecimento de gases tóxicos na água quando há fermentação da matéria orgânica no fundo da lagoa, tais como gás sulfídrico e metano (PRAST et al., 2008).

4.1.4. - pH

Assim como discutido para concentração de oxigênio dissolvido na água, o pH médio da água da LM está dentro da faixa de adequação para aqüicultura, isto é, 6,5 – 9,0, mas observou-se, no presente trabalho, valores tão baixos quanto 5,9. Nesses momentos, houve coincidência entre o baixo pH e a baixa concentração de O_2D na água. Esses fatores combinados podem levar os animais presentes no meio à morte. Em águas ácidas, há destruição do epitélio branquial de animais aquáticos, tornado as trocas gasosas difíceis. Há, portanto, probabilidade de morte por asfixia (WEATHERLEY, 1988).

4.1.5. - Alcalinidade

A alcalinidade total da água indica a capacidade neutralizante do sistema a alterações no pH, especialmente a processos de acidificação. Bicarbonatos e carbonatos são os principais compostos que conferem poder tamponante ao ecossistema, sendo desejável que a alcalinidade total da água supere 20 mg/L CaCO_3 eq (DODDS, 2002). Logo, o valor médio de alcalinidade total da LM (33,1 mg/L) atende a recomendação mínima para se considerar seguro o manancial quanto a acentuadas ou bruscas variações no pH da sua água. Entretanto, quando há entrada de agentes acidificantes no meio, há queda na alcalinidade total da água. Nessa situação, o pH da água se mantém relativamente constante à custa do consumo de bicarbonatos e carbonatos (ARANA, 2000). Desse modo, o resultado de alcalinidade da água da LM igual a 3,0 mg/L indica que, nessa ocasião, 19 de abril de 2008, houve

provavelmente intensa entrada de esgotos e/ou afluentes ricos em matéria orgânica na lagoa, com conseqüente redução na sua alcalinidade. Portanto, apesar da alcalinidade total média da LM se apresentar satisfatória, as recorrentes entradas de esgotos na lagoa a tornam vulnerável à acidificação de suas águas.

4.1.6. - Dureza Cálcica

A dureza cálcica média de 48,1 mg/L CaCO_3 eq. classificam a água da LM como mole (< 55 mg/L). Entretanto, a recomendação mínima para dureza, tendo em vista a sua utilização para aquicultura, é 20 mg/L. Portanto, há cálcio suficiente dissolvido na água para atender as exigências nutricionais dos peixes que vivem nesse ambiente (WATANABE et al., 1997).

4.1.7. - CO_2 Livre

A concentração média de CO_2 livre na água da LM (22,9 mg/L) está acima do limite máximo aceitável para bom desenvolvimento de peixes e camarões, que é de 10 mg/L. Nessa situação, os animais não conseguem eliminar corretamente o gás carbônico de seu sangue ou hemolinfa através das brânquias, passando a apresentar elevadas concentrações internas desse gás. Esse quadro patológico é conhecido como hipercapnia. Quando isso ocorre, há quebra na homeostase iônica do sangue e abaixamento do pH sanguíneo. Ao final, o animal pode vir a morrer (WURTS & DURBOROW, 1992). Em lagoas urbanas eutrofizadas, uma das principais fontes de CO_2 para água é a atividade decompositora bacteriana sobre os detritos orgânicos que nela são lançados (VALENTE et al., 1997). Assim, por considerar que houve maiores concentrações de CO_2 livre no sangradouro, sugere-se que esse seja dos três pontos amostrados (entrada, meio e sangradouro), aquele que recebe o maior aporte de poluição orgânica.

4.1.8. - Fósforo Reativo

A análise de fósforo reativo quantifica apenas o ortofosfato, que é o fósforo inorgânico dissolvido, mais frações do fósforo orgânico dissolvido, que sofreu hidrólise espontânea durante o processo, e do fósforo inorgânico

particulado, que passou por um processo de lixiviação de forma incontrolável. Portanto, o fósforo reativo não dá a real dimensão da carga de fósforo presente no ambiente. Essa avaliação somente pode ser realizada quando se dispõe de resultados de fósforo total (APHA, 1992). Logo, torna-se difícil avaliar os resultados de fósforo reativo obtidos no presente trabalho, tendo em vista que a literatura especializada geralmente apresenta informações somente sobre a concentração de fósforo total de ecossistemas aquáticos continentais. Não obstante, infere-se dos resultados obtidos que a entrada da LM é o ponto menos eutrofizado da mesma. Entretanto, a presença abundante de macrófitas aquáticas na Entrada da LM torna essa suposição inválida. Caso se determine a concentração de fósforo total da mesma, esperar-se-ia resultado bastante elevado para essa variável.

4.1.9. - Amônia e Nitrito

As concentrações de compostos nitrogenados inorgânicos na água da LM são elevadas, observando valores tão altos quanto 0,6 mg/L para amônia total e 0,4 mg/L para nitrito. Concentrações de amônia não-ionizada (NH_3) e de nitrito acima de 0,05 mg/L já são capazes de estressar os animais aquáticos. Nessa situação, os animais apresentam crescimento reduzido e se tornam mais suscetíveis a doenças oportunistas (GOLOMBIESKI et al., 2005).

4.1.10. - Ferro Total

Apesar da concentração média de ferro total estar dentro da faixa de adequação para aqüicultura, que vai de 0,05 a 0,5 mg/L, verificou-se níveis tão elevados quanto 0,6 mg/L. Excesso de ferro na água, especialmente na forma insolúvel em suspensão, pode provocar colmatação das brânquias dos animais aquáticos, levando-os a morte por asfixia (AVAULT JR., 1996). Há, portanto, épocas do ano na LM em que as concentrações de ferro na água são excessivas. Esse ferro pode provir tanto de afluentes superficiais que chegam à lagoa, bem como dos seus próprios sedimentos, quando seu hipolímnio se encontra anaeróbio.

4.1.11. - Transparência

A transparência média da água de 48,9 cm pode ser considerada elevada e sugere a ação de compostos metálicos insolúveis que co-precipitam substâncias orgânicas dissolvidas e fosfatos, aumentando a transparência da água (ESTEVES, 1998).

4.2 - Concentração de *Escherichia coli* e pH da água

A bactéria Gram-negativa *Escherichia coli* é anaeróbia facultativa e pertence à família das Enterobacteriaceae, que são bactérias colonizadoras do trato intestinal dos animais homeotermos. Dentro dessa família, encontram-se bactérias patogênicas por excelência, tais como *Salmonella*, *Shigella* e *Yersinia*; e bactérias que, excetuando-se quando em número muito elevado, convivem em equilíbrio com o organismo hospedeiro, tais como *Enterobacter* e *Klebsiella*. A bactéria *E. coli* pertence a esse último grupo que, atualmente, é chamado de coliformes termotolerantes (SILVA et al., 1997).

O trato intestinal dos animais homeotermos, bem como dos humanos, sejam saudáveis ou doentes, está geralmente colonizado por *E. coli*. Essa bactéria pode causar diarreia quando em número muito elevado no intestino. A concentração de *E. coli* em amostras de água é um dos principais indicadores biológicos de contaminação fecal utilizados pelo homem (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

O relacionamento inverso entre a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL, e o pH da água da LM pode ser explicado pelo efeito acidificante da decomposição da matéria orgânica de origem fecal. Quando houve maior liberação de esgotos domésticos na LM, como ocorrido em 8 de março e 31 de maio, o incremento na carga de matéria orgânica no ecossistema aumentou a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), na coluna d'água e sedimentos. Essa DBO pode ser traduzida como o aumento na respiração bacteriana, que ao agir sobre a matéria orgânica, decompondo-a, consome oxigênio e libera CO₂ para água. O CO₂ livre reage com a molécula de água formando ácido carbônico que, ao dissociar-se em H⁺ e HCO₃⁻, causa a acidificação do meio (WURTS & DURBOROW, 1992).

Quando a carga de matéria orgânica de origem fecal e, portanto, de coliformes fecais, era baixa, como verificado nas campanhas realizadas em 19 de abril, 20 e 27 de setembro, havia, provavelmente, menor efeito acidificante do CO₂ da respiração bacteriana, permitindo a recuperação do pH da água para valores mais alcalinos.

Com isso podemos supor que o lançamento de esgotos domésticos clandestinos na LM, além de aumentarem o grau de contaminação fecal no

ecossistema, com conseqüentes riscos à saúde humana, provoca acidificação de suas águas. E vale ressaltar que valores de pH tão baixos quanto 5,9 foram observados no presente trabalho. Águas ácidas afetam a capacidade respiratória dos organismos aquáticos, podendo levá-los a morte por asfixia (BOYD, 1992). Do ponto de vista humano, o ambiente se torna impróprio para praticamente todos os fins aos quais poderia se prestar, restando-lhe apenas a função paisagística (CONAMA, 2005).

A falta de significância estatística para a análise de regressão do relacionamento entre a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL, e o pH da água pode ser atribuída ao pequeno número de observações realizadas no presente trabalho: oito. Não obstante, o valor da probabilidade P de 0,06 sugere que há, de fato, tendência para relacionamento linear inverso entre essa duas variáveis na LM.

Tendo em vista o exposto, faz-se necessário localizar os pontos de descarga de esgotos clandestinos e de entrada de afluentes potencialmente tóxicos na LM para eliminá-los. Além disso, a grande quantidade de matéria orgânica provavelmente presente em seus sedimentos deveria ser retirada através do trabalho de dragagens seletivas. Finalmente, a educação ambiental dos moradores e usuários da LM permitiria o engajamento da população no trabalho de defesa do meio ambiente. Somente dessa forma, conseguir-se-ia, em médio prazo, reverter o atual processo de deterioração da LM, e candidatá-la a receber projetos de repovoamento de peixes e, quem sabe, piscicultura em gaiolas.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

- I. Houve correlação inversa entre a concentração média de *Escherichia coli* e o pH da água sub-superficial da Lagoa da Maraponga, com tendência de expressão pela equação $y = 7,63 - 2,92 * 10^{-4} x$, onde y é o pH médio da água e x é a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL ($r^2 = 0,53$; $P = 0,06$);
- II. Há indícios de correlação entre a concentração de *Escherichia coli* e outras variáveis físico-químicas da água da LM. Essas correlações poderiam ser melhor observadas caso houvesse um espaço amostral mais abrangente, tanto em quantidade de pontos de amostragem, como em número de amostras. Além disso, por se tratar de um ecossistema tropical, caberiam também análises de amostra de água coletadas no ciclo nictimeral;
- III. Visto que as variáveis físico-químicas da água estão intimamente relacionadas entre si, seria necessário utilizar o método de análise multivariada para detecção mais precisa da influência do aporte de *Escherichia coli* sobre o ecossistema da Lagoa da Maraponga.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 18. ed. Washington: Apha, 1992.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20. ed. Washington: Apha, 1999.

ARANA, L. V.. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. Florianópolis: Edufsc, 2000.

AVAVULT JR, J. W.. **Fundamentals of aquaculture: A Step-By-Step Guide to Commercial Aquaculture**. New York: Ava Publishing Company, 1996. 889 p.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S.. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. Kluwer: Norwell, 1998.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S.. **Water quality management for pond fish culture: Developments in Aquaculture and Fisheries Science**. 9. ed. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1992. 318 p.

CARMOUZE, J. P.. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda/fapesp, 1994. 253 p.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.357 de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005. 23 p.

DODDS, W. K.. **Freshwater ecology: concepts & environmental applications (Aquatic ecology)**. New York: Academic Press, 2002. 592 p.

ESTEVEES, F. A.. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601 p.

FORTALEZA. Laboratório Integrado de Águas Mananciais e Residuárias (liamar/cefet-ce). **Avaliação da balneabilidade: Laudo semanal de análises dos principais sistemas lacustres de Fortaleza-CE**. Disponível em: <www.semam.fortaleza.ce.gov.br/lagoa_Maraponga.htm>. Acesso em: 01 out. 2008a.

FORTALEZA. Secretaria Municipal Do Meio Ambiente E Controle Urbano (semam). **Balneabilidade das lagoas – Maraponga, 2008**. Disponível em: <www.semam.fortaleza.ce.gov.br/lagoa_Maraponga.htm>. Acesso em: 01 out. 2008b.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal de Fortaleza. **Programa Lagoas de Fortaleza: Relatório do Mapeamento Batimétrico**. Disponível em:

<http://www.semam.fortaleza.ce.gov.br/arquivos_pdf/batimetria_relatoria.pdf>. Acesso em: 03 out. 2007.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, F. M.. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 50-52 p.

GOLOMBIESKI, J.I. et al. Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. *Ciência Rural*, v.35, n.6, p.1263-1268, 2005.

HEATH, A. G.. **Water pollution and fish physiology**. New York: Crc Press, 1995. 359 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL). **Portaria MS nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *D.O.U.*, Brasília, DF, 2 jan. 2001. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/1469_00.htm>. Acesso em: 09 de dez. de 2008.

PRAST, A.E.; BENTO, L.F.J.; SANTORO, A.L.S. Influência das mudanças globais sobre as Lagoas da Cidade do Rio de Janeiro. **Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2008**. Disponível em <http://portalgeo.rio.gov.br/protocolo/pcontrole/documentos/lagoas_e_restringa_alex_1.Pdf>; acessado em 30 out. 2008.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F.. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 8-11 p.

VALENTE, J.P.S; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. **Contribuição da cidade de Botucatu – SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita**. *Eclética Química*, v.22, p.31-48, 1997.

VIEIRA, R. H. S. F.. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado**. São Paulo: Varela, 2004.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. **Trace minerals in fish nutrition**. *Aquaculture*, v.151, p.185-207, 1997.

WEATHERLEY, N. S. Liming to mitigate acidification in freshwater ecosystems: **A review of the biological consequences**. *Water, Air and Soil Pollut.*, v.3, p.421-437, 1988.

WETZEL, R. G.. **Limnology – Lake and river ecosystems**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

WURTS, W.A.; DURBOROW, R.M. Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds. **Southern Regional Aquaculture Center Publication**. n.464, Kentucky State University, 1992.