



**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 PARANGABA (FORTALEZA, CEARÁ)**

**ANNE KELLY TABOSA BARBOSA**

---

**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)

---

B195c Barbosa, Anne Kelly Tabosa.

Correlação entre a contagem de *Escherichia coli* e variáveis físico-químicas selecionadas em amostras de água da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará) / Anne Kelly Tabosa Barbosa. – 2008.

34 f. : il. color.

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

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

1. Água. 2. Limnologia. 3. Lagoa da Parangaba - Fortaleza-Ce. I. Título.

CDD 630

---

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

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

**Prof<sup>a</sup>. Regine Helena Silva dos Fernandes Vieira, D.Sc.**  
**Membro**

**Eng. de Pesca Francisca Gleire Rodrigues de Menezes , 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**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, Criador do céu e da terra que reina sobre todo o universo, a Jesus Cristo que governa a minha vida e ao Espírito Santo que guia os meus passos.

Aos meus pais Romildo e Graça, e minha irmã Karoline, por me lembrarem a todo momento que Deus é mais importante e tudo está debaixo da Sua vontade. Essa é a fonte da minha tranquilidade.

Aos meus irmãos da Igreja Batista Fundamentalista Cristo é Vida pelas orações e apoio em todos os momentos, principalmente ao Rodolfo meu melhor amigo e irmão das horas de aflição e regozijo, pelo imenso esforço psicológico e físico que precisou para me ajudar e suportar todo esse tempo, sem sua ajuda Deus sabe que eu não conseguiria.

A todos os meus tios, primos, avó, enfim, minha família maravilhosa sempre tão disposta a me ajudar, preocupada com meus estudos e participantes das minhas alegrias.

Ao meu orientador, Professor Marcelo Vinícius do Carmo e Sá pelo grande exemplo de profissional que se tornou para mim.

Ao Professor Raimundo Bemvindo Gomes e à equipe do LIAMAR/CEFET pela disposição e paciência com que nos receberam.

Ao PET-Engenharia de Pesca e à tutora Rosemeiry Melo Carvalho pelo crescimento que me proporcionaram como pessoa e profissionalmente.

Aos meus amigos e colegas de faculdade pela presença marcante e experiências únicas que me fazem recordar, que Deus os abençoe.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Pesca.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento dessa monografia.

**SUMÁRIO**

	Página
AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
1. INTRODUÇÃO	01
2. MATERIAL E MÉTODOS	03
3. RESULTADOS	06
3.1 Características físico-químicas da água	06
3.2 Coeficientes de correlação linear	09
3.3 Transparência da água e concentração de <i>Escherichia coli</i>	11
3.4 CO <sub>2</sub> livre e concentração de <i>Escherichia coli</i>	13
4. DISCUSSÃO	16
4.1 Características físico-químicas da água	16
4.2 Transparência da água e concentração de <i>Escherichia coli</i>	19
4.3 CO <sub>2</sub> livre e concentração de <i>Escherichia coli</i>	21
5. CONCLUSÕES	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

## LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Concentrações médias de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) e transparência da água (cm) em amostras de água coletadas na entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), no período de 5/4 a 13/9/2008.	12
FIGURA 2	Equação preditiva da transparência da água da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), em função da concentração média de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL). Os pontos em vermelho correspondem aos valores observados, que foram obtidos a partir de amostras de água sub-superficial coletas na entrada, meio e sangradouro da lagoa.	13
FIGURA 3	Concentrações médias de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) e CO <sub>2</sub> livre (mg/L) em amostras de água coletadas na entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), no período de 3/5 a 20/9/2008.	15
FIGURA 4	Equação preditiva da concentração média de CO <sub>2</sub> livre na água da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), em função da concentração média de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL). Os pontos em vermelho correspondem aos valores observados, que foram obtidos a partir de amostras de água sub-superficial coletas na entrada, meio e sangradouro da lagoa.	15

**LISTA DE TABELAS**

		Página
TABELA 1	Coordenadas geográficas dos pontos amostrados na Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará)	03
TABELA 2	Características físico-químicas da água de entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará) em amostras de água sub-superficial coletadas no período de 5/4 a 20/9/2008 (média $\pm$ d.p.)	07
TABELA 2	Continuação	08
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 Parangaba (Fortaleza, Ceará)	10

## RESUMO

O presente trabalho se propôs a traçar um perfil das características físico-químicas da lagoa da Parangaba por meio de análises limnológicas regulares durante um período de seis meses e posterior análise de correlação entre os valores obtidos das variáveis limnológica e contagem de *Escherichia coli* em NMP/100 ml no mesmo período. Os valores médios encontrados para os parâmetros físico-químicos da lagoa foram: temperatura ( $28,6 \pm 0,08$  °C); oxigênio dissolvido ( $5,04 \pm 0,51$  mg/L); salinidade ( $0,30 \pm 0,004$  g/L); condutividade elétrica ( $612,5 \pm 1,32$   $\mu$ S/cm); pH ( $7,48 \pm 0,08$ ); alcalinidade total ( $50,6 \pm 0,29$  mg/L CaCO<sub>3</sub>); dureza cálcica ( $59,8 \pm 0,99$  mg/L CaCO<sub>3</sub>); CO<sub>2</sub> livre ( $16 \pm 1,75$  mg/L); fósforo reativo ( $0,021 \pm 0,003$  mg/L); amônia total ( $0,28 \pm 0,008$  mg/L); amônia tóxica ( $0,016 \pm 0,002$  mg/L); nitrito ( $0,9 \pm 0,11$  mg/L); ferro total ( $0,14 \pm 0,001$  mg/L); transparência ( $43,8 \pm 5,07$  cm). Estes dados permitiram caracterizar o ecossistema da lagoa da Parangaba como tropical, de água doce, hipóxica, eutrófica, que sofre períodos de acidificação, moderadamente dura e destinada apenas à harmonia paisagística (classe 4, segundo a Resolução N° 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA). Por meio da análise do coeficiente de correlação linear de Pearson para os valores obtidos de oxigênio dissolvido, pH, CO<sub>2</sub> livre, amônia total, nitrito, fósforo reativo e transparência da água em relação à contagem de *E. coli*, identificou-se uma possível correlação positiva para transparência e CO<sub>2</sub> livre. Buscando as regressões que melhor se ajustassem aos dados, obtiveram-se as seguintes equações polinomiais de 2º grau:  $y = 42,77 - 7,21 \cdot 10^{-4}x + 6,21 \cdot 10^{-8}x^2$ , para a correlação entre *E. coli* (x) e transparência (y), e  $y = 17,74 - 1,16 \cdot 10^{-3}x + 6,76 \cdot 10^{-8}x^2$ , para a correlação de *E. coli* (x) e CO<sub>2</sub> livre (y).

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

**ANNE KELLY TABOSA BARBOSA**

## **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. Essas pesquisas possibilitam o conhecimento da estrutura e do funcionamento desses 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 aquicultura de água doce (ESTEVES, 1998).

A Lagoa da Parangaba (LP), localizada na cidade de Fortaleza, Estado do Ceará, pertence à Bacia Hidrográfica do Maranguapinho. Nessa Bacia também estão presentes a Lagoa do Mondubim e o Açude Santo Anastácio, dentre outros corpos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza. A LP possui espelho d'água de 40,7 ha, volume de 1.190.000 m<sup>3</sup> e perímetro de 2.700 m. Apresenta profundidade média e máxima de 2,77 e 4,92 m, respectivamente. Possui 4.070 m<sup>2</sup> de área potencial para aquicultura, o que corresponde a 1% da área do espelho d'água (PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA, 2007). Contudo, não há atividade aquícola sendo desenvolvida na LP até o presente momento, verificando-se apenas a pesca esportiva, que é realizada de forma eventual e desorganizada.

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano – SEMAM, da Prefeitura Municipal de Fortaleza, as águas da LP são impróprias para banho (SEMAM, 2008). De acordo com o boletim da SEMAM, datado de 10/9/2008, a concentração média de coliformes termotolerantes na LP foi igual

a 7501 NMP/100 mL, tendo como limite máximo para balneabilidade 500 NMP/100 mL. A concentração média de *Escherichia coli* foi de 6.409 NMP/100 mL, contra o padrão de aceitação de 400 NMP/100 mL.

Tendo como referência a Resolução Nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA e o referido relatório de balneabilidade expedido pela SEMAM, as águas da LP se enquadram na Classe 4, sendo destinadas apenas à harmonia paisagística. Portanto, o atual estado físico-químico das águas torna a LP inadequada para aqüicultura.

Para que se possa recuperar a LP e torná-la novamente apta a receber projetos de aqüicultura, faz-se imperativo 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 (ESTEVES, 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 sua físico-química. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar a possível correlação existente entre as contagens de *E. coli* e as concentrações de CO<sub>2</sub> livre, oxigênio dissolvido, fósforo reativo, amônia total e nitrito, em amostras de água da LP. Além desses, considerou-se ainda o pH e a transparência da água.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As campanhas foram realizadas na Lagoa da Parangaba (LP) e as amostras de água foram analisadas no Laboratório de Limnologia – Lablim, do Departamento de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, e no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias – Liamar, do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará. Foram realizadas oito campanhas, com periodicidade quinzenal, nas quais se coletou amostras da água sub-superficial (20 - 30 cm de profundidade) da LP, 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 do Liamar/Cefet, por ocasião do trabalho de avaliação da balneabilidade da LP, 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, ocorriam as coletas de amostras de água para análise físico-química, no Lablim/UFC.

TABELA 1 - Coordenadas geográficas dos pontos amostrados na Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará)

<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Entrada</b>	3°46'337"S	38°31'882"W
<b>Centro</b>	3°46'237"S	38°31'820"W
<b>Sangradouro</b>	3°46'163"S	38°31'731"W

O trabalho de coleta de amostras de água da LP foi realizado sempre aos sábados, entre nove e dez horas da manhã. Inicialmente, o barco do

Liamar/Cefet se dirigia ao primeiro ponto de coleta, localizado próximo à margem da LP, onde é realizada a chamada “Feira dos carros”. Um pouco antes da chegada ao ponto de coleta, o motor do barco era desligado para diminuir a movimentação da água. Em seguida, o barco era ancorado para realização das coletas.

Como já referido, a água era coletada manualmente a uma profundidade de aproximadamente trinta centímetros da superfície (tomando como base o comprimento do braço, a linha da água deveria estar acima do cotovelo). Nesse exato momento, os alunos do Liamar/Cefet realizavam a coleta de amostras de água para análise microbiológica.

As amostras de água eram envasadas em garrafas plásticas opacas (brancas), com capacidade de um litro, e imediatamente acondicionadas em caixa de isopor ou bolsa térmica. As garrafas de coleta eram cheias ao máximo e fechadas ainda dentro d’água para impedir a formação de bolhas no seu interior. Foram coletados dois litros de água (duas garrafas) para cada ponto amostrado. Em seguida, realizava-se a medição da temperatura da água com termômetro de mercúrio. A transparência da água era medida com o uso do disco de Secchi, procurando-se obedecer às recomendações técnicas quanto à posição do observador em relação ao aparelho.

Terminado o trabalho de coleta no primeiro ponto, o barco seguia para o segundo ponto de coleta, que fica localizado próximo ao meio geográfico da lagoa, e para o terceiro ponto, situado no sangradouro da LP (pela Av. Carneiro de Mendonça). Os mesmos procedimentos realizados no primeiro ponto eram repetidos nos dois pontos seguintes.

Ao todo a coleta durava em torno de vinte minutos. Após isso, as amostras eram levadas imediatamente ao Lablim/DEP/UFC, onde as análises eram realizadas em caráter de urgência. O tempo decorrido entre a coleta da água no primeiro ponto na LP e o início da sua análise no laboratório era de no máximo uma hora.

As seguintes variáveis físico-químicas foram observadas nas amostras de água, em duplicata: temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, alcalinidade total, dureza cálcica, pH, CO<sub>2</sub> 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, CO<sub>2</sub> livre, fósforo reativo, amônia total, nitrito e transparência foram correlacionados com as concentrações de *E. coli*, cujos valores são disponibilizados semanalmente pelo Liamar/Cefet na página da SEMAM na internet (<http://www.semam.fortaleza.ce.gov.br>).

Para as duas variáveis que apresentaram os maiores coeficientes de correlação linear em módulo, realizou-se a análise de regressão dos dados para determinação da curva que melhor se ajustava aos pontos observados. Em seguida, a partir dos gráficos obtidos e dos resultados da análise de variância das regressões, 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 LP. 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 água sub-superficial coletadas na entrada, meio e sangradouro da LP, no período de 5 de abril a 20 de setembro de 2008. A temperatura média da água foi de  $28,6 \pm 0,08^{\circ}\text{C}$ , variando entre  $27 - 30^{\circ}\text{C}$ . Praticamente não se observou diferença na temperatura da água entre os três pontos de coleta. A concentração média de oxigênio dissolvido na água sub-superficial da LP ficou em  $5,04 \pm 0,51$  mg/L, com extremos de 3,8 e 6,7 mg/L. A água sub-superficial do sangradouro apresentou concentração de oxigênio dissolvido (5,6 mg/L) maior que o observado para a entrada (4,7 mg/L) e meio (4,8 mg/L).

A salinidade média da água da LP foi de  $0,3 \pm 0,004$  g/L, com variação de  $0,25 - 0,36$  g/L, no período amostrado. Não houve variação importante na salinidade da água entre os pontos de coleta. A condutividade elétrica (CE) da água sub-superficial da LP ficou em  $612,5 \pm 1,32$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com valor mínimo e máximo de 552 e 784  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Assim como ocorrido para salinidade, também não se verificou diferenças expressivas entre a CE dos pontos de coleta.

O pH médio da água da LP foi de  $7,48 \pm 0,08$ , com variação entre 5,7 e 8,7. Os três pontos de coleta estudados, isto é, entrada, meio e sangradouro, apresentaram valores similares de pH. No período de amostragem do presente trabalho, a alcalinidade total da água da LP foi, em média, igual a  $50,6 \pm 0,29$  mg/L eq.  $\text{CaCO}_3$ , com extremos de 1,5 e 75,5 mg/L. Não se observou diferenças apreciáveis entre os três pontos de coleta para alcalinidade da água. A dureza cálcica média da água, em mg/L eq.  $\text{CaCO}_3$ , foi igual a  $59,8 \pm 0,99$ , variando de 51,1 a 68,1 mg/L. Assim como para alcalinidade, também não houve diferenciação entre os pontos de coleta para dureza cálcica da água.

TABELA 2 – Características físico-químicas da água de entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará) em amostras de água sub-superficial coletadas no período de 5/4 a 20/9/2008 (média  $\pm$  d.p.)

Ponto de coleta	Temperatura (°C)	O <sub>2</sub> D (mg/L)	Salinidade (g/L)	CE ( $\mu$ S/cm)	pH	Alcalinidade total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Dureza cálcica (mg/L CaCO <sub>3</sub> )
<b>Entrada</b>	28,6 $\pm$ 1,27	4,7 $\pm$ 0,65	0,30 $\pm$ 0,03	614 $\pm$ 78,5	7,43 $\pm$ 0,88	50,9 $\pm$ 31,2	59,3 $\pm$ 6,2
<b>Meio</b>	28,7 $\pm$ 0,95	4,8 $\pm$ 0,63	0,31 $\pm$ 0,04	611 $\pm$ 80,0	7,44 $\pm$ 0,71	50,6 $\pm$ 30,8	59,3 $\pm$ 5,2
<b>Sangradouro</b>	28,6 $\pm$ 0,98	5,6 $\pm$ 1,03	0,30 $\pm$ 0,03	611 $\pm$ 79,5	7,58 $\pm$ 0,89	50,3 $\pm$ 31,8	61,0 $\pm$ 4,2
<b>Média</b>	28,6	5,04	0,30	612,5	7,48	50,6	59,8
<b>Desvio-padrão</b>	0,08	0,51	0,004	1,32	0,08	0,29	0,99
<b>CV (%)</b>	0,29	10,21	1,44	0,22	1,1	0,57	1,66
<b>Mínimo</b>	27,0	3,8	0,25	552	5,7	1,5	51,1
<b>Máximo</b>	30,0	6,7	0,36	784	8,7	75,5	68,1

TABELA 2 – Continuação

Ponto de coleta	CO <sub>2</sub> livre (mg/L)	Fósforo reativo (mg/L)	Amônia total (mg/L)	Amônia tóxica (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Ferro total (mg/L)	Transparência (cm)
<b>Entrada</b>	16,0 ± 6,3	0,022 ± 0,03	0,27 ± 0,13	0,016 ± 0,02	0,77 ± 0,55	0,14 ± 0,19	42,9 ± 8,1
<b>Meio</b>	17,8 ± 5,1	0,018 ± 0,02	0,29 ± 0,17	0,014 ± 0,01	1,00 ± 0,64	0,14 ± 0,13	49,3 ± 8,4
<b>Sangradouro</b>	14,3 ± 6,6	0,023 ± 0,03	0,28 ± 0,12	0,018 ± 0,02	0,92 ± 0,55	0,14 ± 0,12	39,3 ± 8,4
<b>Média</b>	16,0	0,021	0,28	0,016	0,90	0,14	43,8
<b>Desvio-padrão</b>	1,75	0,003	0,008	0,002	0,11	0,001	5,07
<b>CV (%)</b>	10,9	12,63	2,75	12,9	12,8	0,58	11,57
<b>Mínimo</b>	5,0	0,00	0,035	0	0,13	0,00	30,0
<b>Máximo</b>	28,5	0,09	0,53	0,06	1,70	0,56	60,0

A concentração média de CO<sub>2</sub> livre na água sub-superficial da LP foi de 16,0 ± 1,75 mg/L, tendo-se observado valores extremos de 5,0 e 28,5 mg/L. O sangradouro, que além de ter apresentando maior concentração de oxigênio dissolvido que a entrada e o meio, apresentou também menor concentração média de CO<sub>2</sub> livre (14,3 mg/L), em relação aos outros dois pontos amostrados. A concentração média de fósforo reativo da água da LP, em mg/L, foi de 0,021 ± 0,003, com limites de mínimo e de máximo de 0,00 e 0,09 mg/L, respectivamente. O ponto de meio apresentou concentração de fósforo reativo abaixo da observada para os pontos de entrada e sangradouro.

As concentrações médias de amônia total e amônia tóxica na água sub-superficial da LP foram de 0,28 ± 0,008 e 0,016 ± 0,002 mg/L, respectivamente. As variações de amônia total no período de observações ficaram compreendidas entre 0,035 e 0,53 mg/L, não havendo diferenciação importante entre os pontos de coleta. Já as variações na concentração de amônia tóxica ficaram entre 0,0 e 0,06 mg/L, com o ponto de meio apresentando o menor valor médio (0,014) e o sangradouro o maior (0,018 mg/L).

A concentração média de nitrito da água da LP foi de 0,90 ± 0,11 mg/L, com variação entre 0,13 e 1,70 mg/L. A entrada da LP apresentou concentração de nitrito abaixo dos pontos de meio e sangradouro. A concentração de ferro total, em mg/L, foi, em média, igual a 0,14 ± 0,001, com extremos de 0,00 e 0,56 mg/L. Os três pontos de coleta apresentaram concentrações de ferro total muito similares entre si. Finalmente, a transparência média da água, em cm, medida com o disco de Secchi, foi de 43,8 ± 5,07, variando entre 30 e 60 cm. O sangradouro apresentou a menor transparência média (39,3 cm) e o ponto de meio, a maior (49,3 cm).

### **3.2 Coeficientes de correlação linear**

Das quatorze variáveis limnológicas monitoradas no presente trabalho (Tabela 2), selecionou-se sete 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 LP, 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 sete variáveis limnológicas selecionadas. Em 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, CO<sub>2</sub> livre, amônia total, nitrito, fósforo reativo e transparência da água com as concentrações de *E. coli*, em NMP/100 mL, divulgadas semanalmente pelo Liamar/Cefet. Em seguida, classificou-se as variáveis de acordo com o seu respectivo coeficiente de correlação, em ordem decrescente de importância. Dessa forma, as duas variáveis limnológicas que apresentaram os maiores coeficientes de correlação, em módulo, foram transparência da água ( $r = 0,68$ ) e concentração de CO<sub>2</sub> livre ( $r = 0,62$ ). Essas duas variáveis foram posteriormente ajustadas matematicamente aos resultados de concentração de *E. coli* através de análise de regressão polinomial.

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 Parangaba (Fortaleza, Ceará)

Variável	$r$	Classificação
Transparência	0.68	1º
CO <sub>2</sub> livre	0.62	2º
pH	0.48	3º
Nitrito	0.41	4º
Amônia Total	0.33	5º
Fósforo reativo	0.19	6º
Oxigênio dissolvido	-0.08	7º

### 3.3 Transparência da água e concentração de *Escherichia coli*

A concentração média de *E. coli* na LP, em NMP/100 ml, variou de 1837 (28/6), a 22000 (3/5), no período amostrado, que foi de 5 de abril a 13 de setembro de 2008 (Figura 1). Após o pico ocorrido em 3/5, a concentração de *E. coli* decresceu continuamente até 28/6. Na última amostragem realizada, em 13/9, a concentração média de *E. coli* voltou a subir, atingindo 8.100 NMP/100 mL.

O valor médio de transparência da água da LP, em cm, sempre foi superior a 30 cm, atingindo o valor máximo de 57 cm em 3/5 (Figura 1). Verificou-se grande aumento na transparência da água da 1ª (33 cm) para 2ª coleta (57 cm) realizada. A partir daí, a transparência da água diminuiu progressivamente até a penúltima coleta realizada, em 28/6, quando chegou a 40 cm, voltando a subir de forma moderada por ocasião da última coleta, para 45 cm.

Quando se compara as variações da concentração de *E. coli* e a transparência da água na Figura 1, observa-se que há relacionamento direto entre essas duas variáveis. O aumento na concentração de *E. coli* ocorrido da 1ª para 2ª coleta foi acompanhado pela correspondente elevação na transparência da água. À medida que a concentração de *E. coli* foi diminuindo, no período de 3/5 a 28/6, houve também redução na transparência da água da LP. Finalmente, a elevação na concentração de *E. coli* ocorrida na última amostragem realizada (13/9) foi igualmente acompanhada por um correspondente aumento na transparência da água.

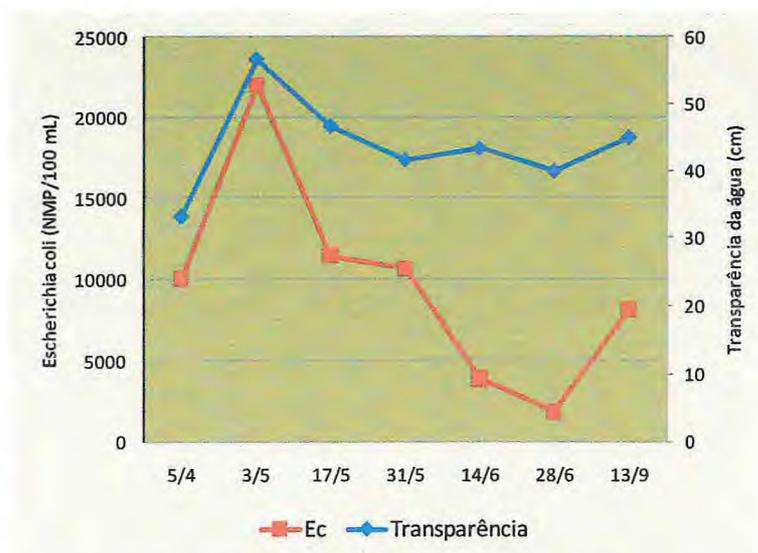


FIGURA 1 – Concentrações médias de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) e transparência da água (cm) em amostras de água coletadas na entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), no período de 5/4 a 13/9/2008.

Dentre as possibilidades existentes, aquela que propiciou melhor ajuste aos dados observados foi a regressão polinomial (Figura 2). A equação polinomial de 2ª ordem  $y = 42,77 - 7,21 \cdot 10^{-4}x + 6,21 \cdot 10^{-8}x^2$ , onde  $y$  é a transparência da água, em cm, e  $x$  é a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL, apresentou coeficiente de determinação  $R^2 = 0.63$ . Isso significa que 63% das variações da transparência da água da LP, em função da concentração de *E. coli*, podem ser explicadas pela equação acima. Ao se realizar a análise de variância da regressão em questão, obteve-se valor de probabilidade  $P$  indicativo de não-significância ( $P=0,14$ ).

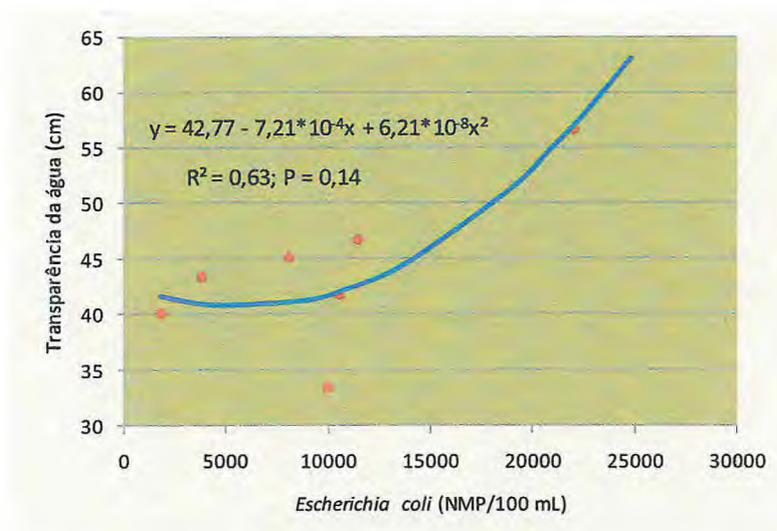


FIGURA 2 – Equação preditiva da transparência da água da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), em função da concentração média de *Escherichia coli* (NMP/100 mL). Os pontos em vermelho correspondem aos valores observados, que foram obtidos a partir de amostras de água sub-superficial coletas na entrada,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

### 3.4 CO<sub>2</sub> livre e concentração de *Escherichia coli*

A concentração média de CO<sub>2</sub> livre na água sub-superficial da LP variou de 9,8 a 27,3 mg/L no período de observações do presente trabalho (3/5 a 20/9/08), com valor médio de  $16,0 \pm 5,65$  mg/L (Figura 3). O pico de CO<sub>2</sub> livre foi observado por ocasião da primeira coleta realizada, em 3/5. Já a menor concentração de CO<sub>2</sub> livre ocorreu na última amostragem, em 20/9. Após a primeira amostragem, a concentração de CO<sub>2</sub> livre na água da LP diminuiu progressivamente, excetuando-se em 12/7, quando teve um pequeno aumento.

Quando se compara as variações nas concentrações médias de CO<sub>2</sub> livre na água com as variações nas concentrações médias de *E. coli*, observa-se que há um relacionamento direto entre essas duas variáveis (Figura 3). Essa tendência, contudo, somente não foi observada nas duas últimas coletas realizadas, em 13 e 20/9, quando houve relacionamento inverso. De qualquer forma, assim como já indicado pelo coeficiente de correlação de Pearson ( $r = 0,62$ ; Tabela 3), há prevalência do relacionamento positivo sobre negativo,

como verificado na maioria das campanhas realizadas (3/5, 31/5, 14/6, 28/6 e 12/7).

A Figura 4 apresenta o ajuste gráfico realizado aos resultados observados do relacionamento entre a concentração média de CO<sub>2</sub> livre na água, em mg/L, em função da concentração média de *E. coli*, em NMP/100 ml. A análise de regressão produziu a equação polinomial de 2ª ordem  $y = 17,74 - 1,16 \cdot 10^{-3}x + 6,76 \cdot 10^{-8}x^2$ , onde  $y$  é a concentração média de CO<sub>2</sub> livre na água sub-superficial da LP, em mg/L, e  $x$  é a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL. Tal regressão apresentou coeficiente de determinação R<sup>2</sup> igual a 0,75, o que significa que 75% das variações da concentração média de CO<sub>2</sub> livre na água sub-superficial da LP, em função da concentração média de *E. coli*, podem ser explicadas pela equação acima. Contudo, ao se proceder a análise de variância da regressão polinomial em questão, obteve-se valor de probabilidade P (0,06) acima do valor mínimo para considerar o ajuste como significativo, do ponto de vista estatístico (0,05).

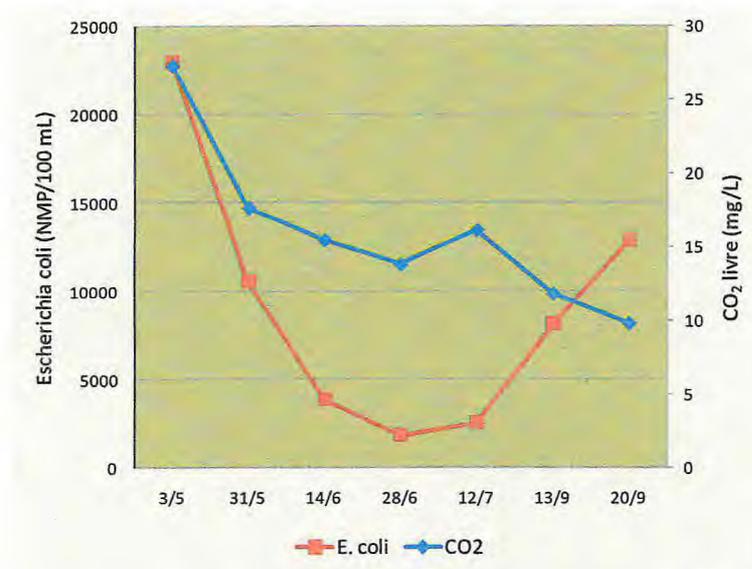


FIGURA 3 – Concentrações médias de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) e CO<sub>2</sub> livre (mg/L) em amostras de água coletadas na entrada, meio e sangradouro da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), no período de 3/5 a 20/9/2008.

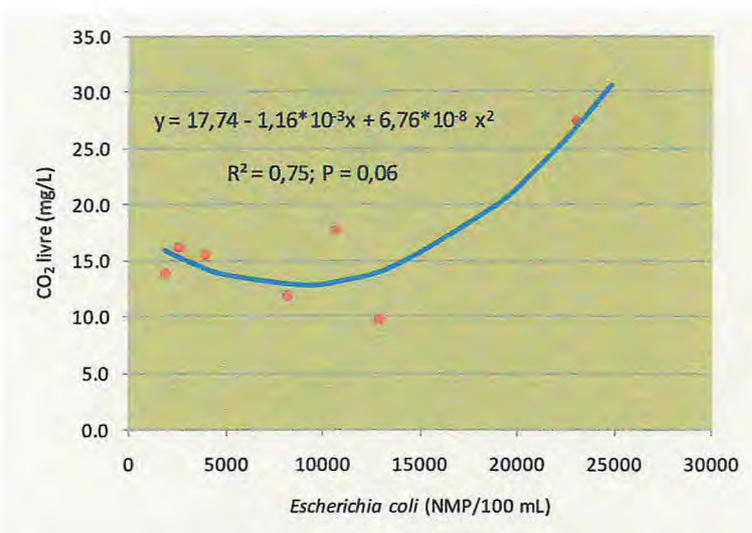


FIGURA 4 – Equação preditiva da concentração média de CO<sub>2</sub> livre na água da Lagoa da Parangaba (Fortaleza, Ceará), em função da concentração de *Escherichia coli* (NMP/100 mL). Os pontos em vermelho correspondem aos valores observados, que foram obtidos a partir de amostras de água sub-superficial coletas na entrada, meio e sangradouro da lagoa.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Características físico-químicas da água

Os valores de referência apresentados a seguir para comparação com os valores obtidos nas análises, foram retirados de Boyd e Tucker (1998).

A temperatura média da água da LP (28,6°C) está dentro da faixa normal para os ecossistemas aquáticos do Semi-Árido Nordestino, considerando-se o horário em que foram realizadas as coletas, 9 – 10 h (SEMACE, 2006). Os valores de máximo e mínimo são característicos de ecossistemas aquáticos tropicais, sendo adequados para o rápido crescimento das populações animais e vegetais.

A concentração média de oxigênio dissolvido na água sub-superficial da LP (5,04 mg/L), apesar de estar acima do limite mínimo para adequação de peixes tropicais, que é de 4,0 mg/L, permite a caracterização da água como hipóxica. Essa classificação é referendada ao se observar o valor de mínimo observado durante as coletas (3,8 mg/L), nível a partir do qual já ocorre decomposição anaeróbia da matéria orgânica presente na água (HEATH, 1995). Além disso, é preciso considerar que a água sub-superficial, coletada a 20 – 30 cm de profundidade, apresenta, geralmente, concentração de oxigênio dissolvido bem maior que a água de fundo. Portanto, caso se tivesse coletado também amostras da água de fundo, provavelmente valores ainda menores seriam observados.

A salinidade média da água da LP (0,3 g/L) classifica-a como possuindo água doce, que é aquele que apresenta menos de 0,5 g/L de sais dissolvidos (CONAMA, 2005). A condutividade elétrica (CE) da água está bem acima do limite de referência para eutrofização de ecossistemas lacustres, que é de 100  $\mu$ S/cm (WETZEL, 2001). A CE expressa a capacidade da água de propagar corrente elétrica e é função da concentração de sais dissolvidos na água. Em ambiente eutrofizados, nos quais há grande concentração de matéria orgânica particulada e dissolvida em decomposição, há uma elevação na CE devido ao processo de mineralização desses compostos (VALENTE et al., 1997).

Portanto, tomando por base o valor médio de CE obtido no presente trabalho (612,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pode-se classificar o nível de trofia da LP como eutrófico.

Apesar do valor médio de pH estar dentro da faixa de adequação para o bom desenvolvimento de organismos aquáticos, que vai de 6,5 a 9,0, houve a ocorrência de baixos valores que fugiram dessa faixa. Há, portanto, na LP, em determinados períodos do ano, processos que levam a acidificação da sua água, com a verificação de valores de pH abaixo de 6,0. Nessa situação, o estresse ácido a que são submetidos os organismos aquáticos alteram a permeabilidade de suas membranas biológicas, provocando distúrbios osmorregulatórios, que podem levá-los a morte (WEATHERLEY, 1988). Esses episódios de águas ácidas devem estar associados, provavelmente, a ocorrência de chuvas e/ou as eventuais descargas de esgotos domésticos na LP. Essa sugestão é apoiada pelos resultados de alcalinidade total, discutidos a seguir.

Dentre as variáveis físico-químicas da água afetadas pelo processo de acidificação, uma das primeiras é a alcalinidade da água. A alcalinidade total da água se refere à riqueza de íons bicarbonato e carbonato presentes na mesma (DODDS, 2002). No período de realização do presente trabalho, observou-se valores de alcalinidade total tão baixos quanto 1,5 mg/L eq.  $\text{CaCO}_3$ , ou seja, quase ausência de alcalinidade na água. Esse fato, alcalinidade total igual a zero, ocorre quando o pH da água é igual ou menor a 4,5, limite inferior para vida aquática. Logo, durante as ocorrências das chuvas e/ou descargas de esgotos na LP, com o aumento na presença de íons  $\text{H}^+$  no meio, houve queda contínua na alcalinidade da água, tornando o ambiente suscetível ao conseqüente processo de acidificação.

A dureza cálcica média da água da LP de quase 60 mg/L eq.  $\text{CaCO}_3$  permitem classificar sua água como moderadamente dura, apresentando concentrações de cálcio dissolvido que atendem as exigências dos organismos vivos para esse mineral (WATANABE et al., 1997).

A concentração média de  $\text{CO}_2$  livre na água da LP (16,0 mg/L) está acima do limite máximo de adequação para o bom desenvolvimento de animais aquáticos, que é de 10 mg/L. Nessa situação, os peixes não conseguem respirar normalmente, podendo vir a morrer por asfixia. A relação inversa entre a concentração de  $\text{O}_2$  dissolvido e  $\text{CO}_2$  livre no sangradouro pode ser explicada

pelo fato da respiração ser, tecnicamente falando, o inverso da fotossíntese. Assim, enquanto as microalgas retiram  $\text{CO}_2$  da água e liberam  $\text{O}_2$ , os organismos heterotróficos retiram  $\text{O}_2$  e liberam  $\text{CO}_2$  (WURTS & DURBOROW, 1992). Logo, o sangradouro da LP apresentou-se como o ponto mais favorável para o crescimento dos peixes que ali vivem. Essa sugestão, contudo, não é sustentada pelo resultado de amônia tóxica, que se apresentou mais elevado no sangradouro. Novas coletas e observações se fazem necessárias para elucidar essa questão.

A discussão da concentração de fósforo reativo presente na água da LP se torna difícil porque as referências encontradas na literatura são para fósforo total e não para fósforo reativo. Fósforo reativo é o resultado da determinação fotolorimétrica da concentração de fosfato de uma amostra de água bruta e não digerida. Compreende o ortofosfato, que é a forma mais abundante, e um pouco do resultado da hidrólise espontânea de fósforo orgânico dissolvido e fósforo inorgânico particulado (APHA, 1992). Entretanto, podemos comparar o resultado de fósforo reativo obtido no presente trabalho ( $21 \mu\text{g/L}$ ) com o resultado do Lago Jacareí (Fortaleza, Ceará), obtido por Lemos, também em 2008 (dados não publicados). Lemos (*op.cit*) observou uma concentração média de fósforo reativo no Lago Jacareí de  $69 \mu\text{g/L}$ . Portanto, tendo em vista que o fósforo é o nutriente mais limitante em ecossistemas lacustres, há evidências que indicam que a LP se encontram menos eutrofizada que o Lago Jacareí.

A concentração de amônia tóxica na água sub-superficial da LP ( $0,016 \text{ mg/L}$ ) está abaixo do limite a partir do qual há estresse dos animais, que é de  $0,05 \text{ mg/L}$ . Contudo, o valor máximo observado no período de amostragens, isto é,  $0,06 \text{ mg/L}$ , apesar de sub-letal, já é capaz de causar alterações patológicas nos rins, baço e tireóide dos peixes, assim como provocar danificação no epitélio branquial dos mesmos (ARANA, 2000).

A concentração média de nitrito observada na água da LP ( $0,9 \text{ mg/L}$ ) já se encontra na faixa letal para peixes, que é de  $0,5 \text{ mg/L}$ . O nitrito oxida o ferro da hemoglobina, tornando-a incapaz de transportar oxigênio. O pigmento respiratório muda de vermelho para marrom, fato esse que batizou essa patologia como a “doença do sangue marrom” (GOLOMBIESKI et al., 2005). Entretanto, é importante destacar que o limite teórico de letalidade foi obtido a

partir de estudos com espécies menos tolerantes ao nitrito, como os salmonídeos. Os peixes tropicais, em especial as tilápias, são bastante tolerantes a esse metabólito, podendo viver bem em águas com até 2,8 mg/L de nitrito (YANBO et al., 2006). Portanto, apesar de os níveis de nitrito observados na LP serem sub-letais para os animais que ali vivem, eles são capazes de causar estresse nos mesmos.

Apesar do valor médio de ferro total na água da LP (0,14 mg/L) estar abaixo do limite para adequação para o crescimento de peixes, que é de 0,5 mg/L, foram observados valores que superaram essa marca, como, por exemplo, 0,56 mg/L. Quando em excesso, o ferro na água impede a correta utilização de outros micronutrientes essenciais à saúde animal, como zinco e cobre (SÁ, 2003). Portanto, em certos períodos do ano há risco de toxicidade por ferro na LP. Esses períodos coincidem, provavelmente, com os momentos mais críticos de falta ou escassez de oxigênio dissolvido na água, uma vez que, nessas condições, há o desprendimento do ferro do sedimento para coluna d'água (ESTEVES, 1998).

#### **4.2 Transparência da água e concentração de *Escherichia coli***

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).

As variações na concentração média de *E. coli* na LP se deveram, provavelmente, a ocorrência da descarga de esgotos domésticos na lagoa e/ou de chuvas. Com a entrada de esgotos domésticos na lagoa, há o aporte de significativa quantidade de matéria fecal no ecossistema. Por consequência, observa-se, nessas situações, aumento na concentração de bactérias indicadoras de contaminação fecal (DIAS et al., 1989). No caso das chuvas, o escoamento superficial arrasta para dentro do lago grande parte dos detritos presentes na bacia de drenagem. Dentre esses, destaca-se fezes de animais, como cachorros, gatos e equinos. Ao se consultar as anotações realizadas em campo, verificou-se que na noite anterior ao dia 3 de maio de 2008, dia em que ocorreu o pico de concentração de *E. coli* na LP (22000 NMP/100 mL), ocorreu grande precipitação. Logo, os indícios mostram que o pico de *E. coli* na LP verificado no presente trabalho se deveu a ação das chuvas ocorrida no período, que lavou a superfície do solo, levando para dentro do ecossistema grande quantidade de sujeira.

Tendo em vista que a LP permanece imprópria para banho o ano inteiro, a elevada transparência da água não é indicador de água limpa, como se poderia imaginar a princípio, mas sim de água submetida a processo de acidificação.

Em pH baixo, por ação geralmente de chuvas ácidas, determinados íons metálicos presentes no solo da bacia de drenagem, como, por exemplo, o alumínio, permanecem em solução. Quando esse escoamento superficial ácido entra no ecossistema, que apresenta certa alcalinidade, há brusca queda na solubilidade desses elementos, o que favorece a precipitação dos mesmos até o sedimento. Nesse processo, os hidróxidos metálicos formados adsorvem a si matéria orgânica, co-precipitando-a. Além da matéria orgânica, o fosfato também pode ser arrastado até o fundo do lago. O resultado final de tudo isso é o aumento na transparência da água (ESTEVEZ, 1998).

De igual modo ao acima exposto, pode-se explicar a relação direta entre concentração de *E. coli*, em NMP/100 mL, na LP, e a transparência da água, em cm, pela ação de afluentes ácidos sobre a matéria orgânica em suspensão e o ortofosfato na coluna d'água. Os esgotos domésticos são geralmente ácidos devido às elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> livre provenientes da atividade decompositora bacteriana. O CO<sub>2</sub> ao reagir com a água produz ácido

carbônico que faz cair o pH da água residuária (WURTS & DURBOROW, 1992). Portanto, sugere-se que o efeito dos esgotos domésticos sobre a transparência da água na LP foi semelhante ao efeito das chuvas ácidas, já descrito anteriormente. Em resumo, ao entrar no ecossistema, o esgoto ácido, que também traz certos elementos metálicos, perde solubilidade. Esses metais, provenientes, por exemplo, do desgaste das estruturas de concreto das cidades, formam compostos insolúveis, que ao precipitarem arrastam consigo matéria orgânica e fosfato. Há, por conseqüência, aumento na transparência da água.

Além dos esgotos domésticos, não se pode esquecer a ação direta das chuvas ácidas. Em grandes metrópoles, como na cidade de Fortaleza, que abriga mais de 2 milhões de pessoas, as emissões de gases a partir do escapamento dos automóveis produzem substâncias ácidas na atmosfera. Essas, ao retornarem à superfície através das chuvas, são capazes de causar grandes prejuízos ao meio ambiente. No caso dos ecossistemas aquáticos, os que mais sofrem são aqueles de baixa alcalinidade. Dentre as conseqüências deletérias das chuvas ácidas aos ecossistemas aquáticos continentais, está a perda na biodiversidade aquática (LAKE et al., 2000). Entretanto, outros indicadores de acidificação mais simples podem ser monitorados, tais como o aumento na transparência da água, como visto no presente trabalho.

Apesar da falta de significância para análise de regressão realizada da relação concentração de *E. coli* (NMP/100 mL) versus transparência da água (cm), o reduzido valor da probabilidade P (0,14) sugere que há tendência para que essas variáveis se relacionem de acordo com o modelo matemático proposto. Para que se possa definir melhor essa questão, faz-se necessário a realização de novas coletas e análises na LP para obtenção de um maior número de observações.

#### **4.3 CO<sub>2</sub> livre e concentração de *Escherichia coli***

A concentração média de CO<sub>2</sub> livre na água sub-superficial da LP (16,0 mg/L) está acima do limite máximo aceitável para bom desenvolvimento dos peixes, que é de 10 mg/L. Nesse caso, o excesso de CO<sub>2</sub> livre na água dificulta as trocas respiratórias, estressando os animais. Como conseqüências, eles

aproveitam mal o alimento ingerido, crescem menos e se tornam mais suscetíveis a doenças oportunistas (BOYD, 1992).

O relacionamento positivo entre a concentração de *E. coli*, em NMP/100 mL, e a concentração de CO<sub>2</sub> livre na água, em mg/L, pode ser explicada pela liberação desse gás na água pela atividade decompositora sobre a matéria orgânica. As elevações nas concentrações de *E. coli* na água se devem, geralmente, ao aporte de esgotos domésticos e/ou de poluição urbana difusa, proveniente da lavagem da superfície do solo pelas chuvas (SOUZA et al., 1983). Tanto os esgotos como a poluição difusa são ricos em matéria orgânica, seja particulada ou dissolvida. A ação das bactérias decompositoras sobre a matéria orgânica tem efeitos diretos sobre as concentrações de oxigênio dissolvido e gás carbônico na água, reduzindo o primeiro e elevando o último. As elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> livre na água, além de estressarem os animais presentes no ecossistema, acidificam o meio. Isso se deve à reação ácida do CO<sub>2</sub> com a água, formando ácido carbônico, como citado anteriormente.

Vale ressaltar que, no presente trabalho, as amostras de água foram coletas próximas à superfície. Esse fato é pertinente porque caso se coletasse a água de fundo, próxima do sedimento, esperar-se-ia concentrações bem maiores de CO<sub>2</sub> livre o que, provavelmente, aumentaria a correlação entre as contagens de *E. coli* e o CO<sub>2</sub>. Como o principal sítio de decomposição de matéria orgânica no lago é o sedimento, a interface água-sedimento é o estrato da coluna d'água que primeiro recebe a liberação de CO<sub>2</sub> (ARRIGNON, 1979). Como os ecossistemas aquáticos continentais no Nordeste do Brasil são, geralmente, polimíticos, ou seja, apresentam padrão diário de estratificação e desestratificação, há tendência para acúmulo de gases na água de fundo, conhecida como hipolímnia (ESTEVEZ, 1998).

Portanto, os afluentes da LP que são ricos em matéria orgânica, grande parte da qual de origem fecal, aumentam não somente o risco de doenças à população que se utiliza desse manancial, mas também afetam o desenvolvimento das populações animais que vivem na mesma. Em resumo, a água se torna contaminada (*E. coli*), hipóxica e ácida.

A análise de regressão realizada para o relacionamento da concentração de *E. coli*, em NMP/100 mL, como variável independente, e a concentração de

CO<sub>2</sub> livre na água sub-superficial, em mg/L, como variável dependente, apesar de não significativa, apresentou valor de probabilidade P bem próximo a 5% (6%). Nesse caso, ainda mais que para o relacionamento da concentração de *E.coli* e a transparência da água, há indícios que sugerem que há de fato relacionamento positivo entre as concentrações de *E. coli* e CO<sub>2</sub> livre, de acordo com o ajuste polinomial apresentado no presente trabalho.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

- 1 - Houve relação direta entre as concentrações de *Escherichia coli* e CO<sub>2</sub> livre da água sub-superficial da Lagoa da Parangaba, com tendência de expressão pela equação  $y = 17,74 - 1,16 \cdot 10^{-3}x + 6,76 \cdot 10^{-8}x^2$ , onde y é a concentração média de CO<sub>2</sub> livre, em mg/L, e x é a concentração média de *E. coli*, em NMP/100 mL ( $R^2 = 0,75$ ;  $P = 0,06$ );
- 2 - A elevada transparência da água da LP não é, provavelmente, indicador de água limpa, mas sim de água submetida a processo de acidificação;
- 3 - Há indícios de correlação entre a concentração de *Escherichia coli* e outras variáveis físico-químicas da água da LP. Essas correlações poderiam ser mais bem observadas caso houvesse um espaço amostral mais abrangente, tanto em quantidade de pontos de amostragem, como em número de amostras;
- 4 - 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 Parangaba.

## 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.

ARRIGNON, I.. **Ecologia y piscicultura de águas dulces**. Madri: Mundi-Prensa, 1979. 365p.

BOYD, C.E.. **Water quality management for pond fish culture**. Amsterdam: Elsevier, 1992. 9 v. 318 p. (Developments in Aquaculture and Fisheries Science).

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

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 nº 357 de 17 de março de 2005**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 23 p.

DIAS, J.C.A.R.; VICENTE, A.C.P.; HOFER, E.. Coliformes fecais em águas de esgoto. I: resistência a antibióticos, metais pesados e colicinogenia. **Eng. Sanitária**, v.28, n.1, p.49-53, 1989.

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

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Programa Lagoas de Fortaleza**. – Relatório do Mapeamento Batimétrico. PMF/LABOMAR. Disponível em: <[http://www.seman.fortaleza.ce.gov.br/arquivos\\_pdf/batimetria\\_relatoria.pdf](http://www.seman.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**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1263-1268, 2005.

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

LAKE, P.S. et al. Global change and the biodiversity of freshwater ecosystems: impacts on linkages between above-sediment and sediment biota. **BioScience**, v.50, n.12, p.1099-1107, 2000.

SÁ, Marcelo Vinícios Do Carmo E. **Absorção aparente, biodisponibilidade relativa e suplementação ótima de zinco em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2003. 189 f. Tese (Doutorado) – UNESP, Botucatu, 2003.

SEMACE - SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - CEARÁ. **Parâmetros de qualidade de água adequados ao semi-árido cearense**. Fortaleza, 2006. 48 p. Relatório técnico do Grupo de Trabalho de Aqüicultura

SEMAM - SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE E CONTROLE URBANO. **Balneabilidade das lagoas – Parangaba**. Fortaleza, 2008. Disponível em: <[www.semam.fortaleza.ce.gov.br/lagoa\\_Parangaba.htm](http://www.semam.fortaleza.ce.gov.br/lagoa_Parangaba.htm)>. Acesso em: 01 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.

SOUZA, L.C. et al. Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. **Rev. Saúde Pública**, v.17, p.112-122, 1983.

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 Quím.**, Araraquara, v.22, p.31-48, 1997.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, Amsterdam, 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**, Kentucky State University, n 464, 1992.

YANBO, W. et al. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. **Fish Physiol. Biochem.**, v.32, n.1, p.49-54, 2006.