

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**FREDERICO BATISTA MAGALHÃES**

**ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E VARIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE  
FUNDO DA LAGOA DA MARAPONGA (FORTALEZA, CEARÁ)**

**FORTALEZA  
2010**

**FREDERICO BATISTA MAGALHÃES**

**ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E VARIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE  
FUNDO DA LAGOA DA MARAPONGA (FORTALEZA, CEARÁ)**

Trabalho Supervisionado –  
Modalidade A – Monografia –  
submetido a Coordenação do Curso  
de Graduação em Engenharia de  
Pesca da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Engenheiro de  
Pesca.

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

**FORTALEZA  
2010**

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)

---

M166e Magalhães, Frederico Batista.  
Estratificação térmica e variação físico-química da água de fundo da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará) / Frederico Batista Magalhães. – 2010.  
28 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2010.  
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Limnologia. 2. Água-qualidade. I. Título.

CDD 639.2

---

**ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E VARIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE FUNDO DA LAGOA DA MARAPONGA (FORTALEZA, CEARÁ).**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Aprovada em \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. MARCELO VINÍCIUS DO CARMO E SÁ (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

\_\_\_\_\_  
Prof. PhD. ALEXANDRE HOLANDA SAMPAIO (Membro)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. MOISÉS ALMEIDA DE OLIVEIRA (Membro)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

## AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me ajudou, guiou e deu força para enfrentar todos os desafios da minha vida de cabeça erguida me concedendo força, atitude e coragem para enfrentar qualquer dificuldade que dificultasse meu caminho.

Aos meus pais, Cicero de Arruda Magalhães e Maria Núbia Batista Magalhães, por toda a educação, amor e apoio durante minha vida, principalmente durante minha fase de estudo. A minha irmã Rafaela Batista Magalhães, por sempre está presente em minha vida e por todos os momentos que vivemos juntos.

Ao professor Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá pelo apoio, ajuda na elaboração, orientação e principalmente na confiança depositada sobre esse trabalho.

Ao meu amigo Diego Ribeiro, que teve importante participação em todas as fases do trabalho, principalmente no trabalho de campo durante as madrugadas.

Aos meus colegas de laboratório, tanto LCTA quanto Lablim, Davi Cavalcante, José Nacélio, Michael Akao, Paloma Pinheiro, Manuella Gazzineo, Adila Martins, Georgiani Castro e Fabio Lima.

As pessoas que se tornaram mais que amigas nessa fase da minha vida, Belisa Aguiar, Marília Moraes, Janaina Sales, Juarez Barroso, Rommel Rocha.

A minha namorada Amanda Akiyama, por toda a compreensão, apoio e afeto.

Aos companheiros de Faculdade, Marcelo Cunha, Marcelino Alves, Jânio Clécio, Fernando Luis (Night), Oscar Neto, Wictor Edney, Amaury Nepomuceno, Lucas Viana, Alexandro Poliato, Vitor Matheus, Antonio Glaydson (Tiddy), Lucas Pinheiro, Bruno Batista, Enio Nunes e Rafahel Fontenele por toda a ajuda e momentos marcantes que vivemos dentro e fora do mundo acadêmico.

As companheiras de universidade, Katiane Barbosa (Black of Kokoro), Janaina Bernado, Clara Coe, Daniele Menezes, Alessandra Cristina, Emanuelle Magalhães, Daniele Marques, Paula Naiane, Luana Araujo, Daniele Freitas, Suzete Roberta, Vanessa Bomfim, Fabrízia Quaresma, Luciana Kelly e Lídia Torquato por todas as conversas e companheirismo que compartilhamos nessa caminhada.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Pesca, esses que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Ao todos que fazem parte do Centro Acadêmico Stênio de Freitas (CASF), por todo o apoio e amizade.

A todos que de alguma forma contribuíram de alguma maneira para o trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos estudar o padrão de estratificação térmica e a evolução de certos indicadores de qualidade da água de fundo da Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará), dentro do ciclo nictímeral. Foram realizadas três campanhas limnológicas no período de fevereiro a abril de 2010, uma a cada mês. Em cada campanha, coletaram-se amostras de água subsuperficial (0,25 m) e de fundo (2,0 m). Foram realizadas cinco coletas de amostras de água por campanha, às 16, 22, 04, 10, 16h do dia seguinte, sempre no mesmo ponto na Lagoa. No trabalho em campo, utilizou bote inflável, sendo realizada a leitura de oxigênio dissolvido, saturação do oxigênio, transparência e temperatura na água. Para a coleta das amostras de água de fundo, foi utilizada garrafa de van Dorn de 2L. As coletas das amostras de água em diferentes profundidades se iniciavam aos 0,25m, seguindo até 2m, em intervalos de 0,25m. Em laboratório, as amostras de água foram analisadas para alcalinidade total, dureza cálcica, condutividade elétrica, amônia total, ferro, nitrito e fósforo. Observou-se estratificação térmica moderada nos horários de 10h e final de 16h. Nesses dois horários, a concentração de oxigênio dissolvido na água decresceu com o aumento na profundidade. No horário de 22h, não houve variação significativa na temperatura da água entre a subsuperfície e o fundo, bem como na concentração de oxigênio dissolvido. Desse modo, o ambiente se apresentava desestratificado termicamente nesse horário. Das três campanhas limnológicas realizadas, as duas primeiras foram realizadas em período de estiagem (fevereiro e março/2010) e a última em período chuvoso (abril/2010). Na campanha chuvosa, verificou-se pela primeira vez a formação de hipolímnio anaeróbico em decorrência direta do aumento na carga de matéria orgânica em decomposição no fundo da Lagoa. Os elevados valores de condutividade elétrica da água ( $> 600 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), tanto para água subsuperficial como para água de fundo, indicam que a Lagoa da Maraponga está bastante eutrofizada, provavelmente por receber grande entrada de poluição difusa (escoamento superficial urbano) e efluentes domésticos. Concluiu-se que a Lagoa da Maraponga apresenta padrão diário de estratificação térmica, ocorrendo estratificação da coluna d'água durante o dia e desestratificação noturna. Além disso, a estratificação térmica da Lagoa da Maraponga se dá pela diferença de poucos graus Celsius ( $2-3^{\circ}\text{C}$ ) entre a água superficial e a água de fundo. Finalmente, a estratificação térmica da Lagoa da Maraponga pode ser classificada como intermitente. Durante o período de estratificação térmica, há intervalos de desestratificação.

**Palavras-chave:** Limnologia, água-qualidade

## Lista de Figuras

	<b>Pag.</b>
Figura 1	Diagrama de profundidade(m) para a 1ª campanha de coletas na Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará), com o padrão de estratificação térmica e variação de oxigênio dissolvido a tendo inicio as 16h do primeiro dia de coleta (16h i) e fim nas 16h do segundo dia (16h f). 18
Figura 2	Diagrama de profundidade(m) para a 2ª campanha de coletas na Lagoa da Maraponga(Fortaleza, Ceará) com o padrão de estratificação térmica e variação de oxigênio dissolvido nos horários de 16, 22, 04, 10 e 16h respectivamente. 21
Figura 3	Diagrama de profundidade(m) para a 3ª campanha de coletas na Lagoa da Maraponga(Fortaleza, Ceará) com o padrão de estratificação térmica e variação de oxigênio dissolvido nos horários de 16, 22, 04, 10 e 16h respectivamente. 23
Figura 4	Variação média em horas da alcalinidade total, dureza cálcica, condutividade elétrica e pH após a 1ª coleta. 25
Figura 5	Variação média da quantidade de amônia total, ferro, fósforo e nitrito após a 1ª coleta. 27

# ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E VARIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE FUNDO DA LAGOA DA MARAPONGA (FORTALEZA, CEARÁ)

**Frederico Batista Magalhães**

## **1 – Introdução**

Água, essa que na visão do ambientalista significa a vida para o meio ambiente. Na visão de muitas religiões tem o poder de purificação. Mas para os usuários tem diversas utilidades, dentre elas o abastecimento. Por se encontrarem em domínios terrestres (rio, lagoas, lagoas, represas e aquíferos submersos), as águas interiores são utilizadas para o consumo humano e para suprir as necessidades da sociedade (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006). E para isso se torna necessário um estudo científico para melhor aproveitá-la, já que tal bem não pode ser desperdiçado irracionalmente.

A limnologia é o estudo científico dos Ecossistemas Aquáticos Continentais (EAC), nos seus aspectos biológicos, físicos, químicos, geológicos, meteorológicos, climatológicos e ecológicos. Visa o uso racional das águas continentais, o monitoramento da sua qualidade e a recuperação de EACs degradados. Quanto maior for o conhecimento do homem sobre determinado EAC, maior probabilidade ele terá de prever acuradamente eventos que nele ocorrem, em resposta às suas manipulações e alterações. São os conhecimentos básicos obtidos nesses estudos limnológicos que subsidiam as ações protetoras e promotoras do desenvolvimento desses EACs, tendo em vista a realização dos seus usos múltiplos (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008).

Os ambientes aquáticos sempre fascinaram estudiosos. Na Grécia, Aristóteles (384 – 322 a.C) já fazia referencia à ambientes aquáticos continentais e mencionava que não havia diferença sobre eles. Mesmo com os ambientes aquáticos sendo estudados desde as épocas que antecederam o mundo moderno, a limnologia só surgiu no ano de 1901 com a publicação de “Manual das Ciências dos Lagos”, livro publicado por Forel na Suíça. No Brasil a limnologia percorreu etapas parecidas com a européia e norte-americana. Aqui, com o passar dos anos ela desenvolveu alguns aspectos importantes como: Atuação de naturalista até o início do século XX; pesquisas hidrobiológicas até aproximadamente 1950; caracterização

da limnologia com ciência entre as décadas de 50 e 70; surgimento de limnólogos e núcleos de pesquisas biológicas, físicas e químicas e sobre os problemas com a água desde então (ESTEVEES, 1998).

A maior parte dos problemas que envolvem a água está relacionado à sua distribuição, disponibilidade e a sua qualidade. Esta que por sua vez tem a composição química com diferenças devido às reações químicas e processos físico-químicos, e para contribuir na solução dos problemas citados acima é necessário o conhecimento de tais processos (COSTA, 1991).

A físico-química dos sedimentos límnicos afeta significativamente a qualidade da água do reservatório. Importantes processos biológicos acontecem nos sedimentos, com conseqüências imediatas nas concentrações de nutrientes e de outros compostos na coluna d'água. A água em contato direto com o sedimento, conhecida como água de fundo, é aquela mais afetada por sua dinâmica e que melhor reflete sua físico-química. Conceitualmente, a água de fundo é a camada de água localizada até 30 cm acima do sedimento. Para coletá-la, utiliza-se de garrafas especiais, tais como a garrafa de Van Dorn (WETZEL, 2001). A garrafa de Van Dorn, apesar de coletar com precisão a água de fundo, tem custo relativamente elevado.

As regiões equatoriais da Terra, tais como a Região Nordeste do Brasil, não apresentam as estações do ano bem definidas. Por isso, a realização de estudos limnológicos no ciclo nictimeral (24 h) é mais importante do que no ciclo anual. Essa questão é particularmente relevante porque o padrão de estratificação térmica dos EACs nas regiões tropicais é diário, e não sazonal como acontece nas regiões temperadas (ESTEVEES, 1998).

A temperatura é o parâmetro ambiental que provavelmente se mede com maior facilidade e devido a isso possui uma maior documentação sobre a evolução dos perfis térmicos verticais em diversos corpos d'água (MARGALEF, 1983). Nas regiões próximas ao equador a variação anual da temperatura é menor, e isso pode influenciar no padrão de estratificação térmica.

Em ambientes temperados o padrão de estratificação térmica é praticamente anual, devido às estações climáticas bem definidas que criam situações bem diferentes em cada uma, mas em ambientes aquáticos continentais as respostas físico-químicas e biológicas são mais rápidas, já que geralmente a direção do vento muda duas vezes ao dia (TRINDADE; FURLANETTO; PALMA-SILVA. 2009).

O presente trabalho teve como objetivo visualizar o padrão de estratificação térmica da Lagoa da Maraponga; monitorar as variações dos indicadores de qualidade da água

## **2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 – Área de estudo**

As campanhas de coletas foram realizadas na Lagoa da Maraponga, que está localizada na cidade de Fortaleza, Estado de Ceará, no bairro da Maraponga, pertence à Bacia Hidrográfica do Cocó. Possui espelho d'água de 10,7 ha, volume de 134.050 m<sup>3</sup> e perímetro de 1769 m. Suas profundidades média e máxima são de 1,74 e 3,90 m, respectivamente. Apresenta 1.070 m<sup>2</sup> de área potencial para aquicultura, considerando-se a mesma igual a 1% da área do espelho d'água (FORTALEZA, 2007). Localizando-se no Parque Ecológico da Lagoa da Maraponga, existente desde 1991. A lagoa encontra-se nas coordenadas 03°47'21''S e 38° 34'07'', têm sua margem vizinho a Avenida Godofredo Maciel e possui uma grande área arborizada na margem contraria a citada anteriormente. Margem essa que é utilizada por diversos banhistas e pescadores durante toda a semana devido ao parque ecológico.

### **2.2 – Coleta e Amostragem**

Ao todo foram realizadas três campanhas que ocorreram de fevereiro a abril de 2010, uma a cada mês. Cada campanha de coleta com duração de 24h e nelas eram coletadas amostras de água subsuperficiais (0,25 – 0,40m) e amostras com água de fundo (2 – 2,15m). Para isso foi determinado um ponto para a coleta da água cuja coordenada é de 03°47'18''S e 38°34'03''O, tendo sua profundidade variando entre 2 e 2,2m. Ponto o qual era marcado na superfície da água com uma bóia presa a uma poita no fundo da lagoa com o fim de demarcar o ponto para facilitar a localização visual do ponto nas coletas seguintes.

As campanhas ocorriam num ciclo nictimeral e com um intervalo de seis horas entre as coletas sempre nas primeiras quintas-feiras e sextas-feiras de cada mês. Foram realizadas cinco coletas por campanha, as 16, 22, 04, 10, 16h respectivamente. Em cada coleta eram obtidas oito amostras, quatro com água subsuperficial e quatro com água de fundo, totalizando quarenta amostras por campanha.

No período de coleta e análises das amostras, foi utilizado um bote inflável modelo Challenger 3 da marca INTEX® com capacidade de 300kg, aproximadamente 3 m de comprimento e 1,4 m de largura. A coleta da água para análise e dos dados *in situ*, era realizada por uma equipe formada por duas pessoas. Uma responsável por coletar: os dados de oxigênio dissolvido, saturação do oxigênio, temperatura na água com o auxílio de um oxímetro portátil digital modelo MA520 da marca MARNCONI®, a transparência da água nos horários de 10 e 16h com o uso do Disco de Secchi, e pela coleta subsuperficial com o uso de frascos plásticos de 1L que eram mergulhados tampados até uma profundidade entre 0,25 e 0,40m e só então era permitida a entrada de água no mesmo, após isso eles eram tampados com tampa rosqueável; e a coleta de fundo usando uma garrafa de Van Dorn modelo 1120 H40 da marca WILDCO® com o volume de 2L. A garrafa de Van Dorn era mergulhada na água e ao entrar em contato com o solo tinha o mensageiro liberado a fim de fechar a entrada de água, evitando que a água coletada no fundo se misturasse com a da coluna d'água. Após isso, a amostra era transferida para o frasco plástico iguais aos que continham a água subsuperficial. Com o fim de diferenciar as amostras e de evitar a confusão no momento da identificação, todas as amostras subsuperficiais foram identificadas com a tampa do frasco plástico com a cor verde, e, as amostras que continham a água de fundo com a tampa da cor vermelha.

A segunda pessoa ficava responsável por toda anotação dos dados; a obtenção do pH da água coletada usando um pHmetro portátil digital modelo pH100 da marca pHTEK®.

Cada amostra era armazenada em frascos plásticos com o volume de 1L, todos opacos. Estes eram transportados em uma caixa isotérmica de 33L para análise imediata no Lablim/DEP/UFC. As amostras coletadas nos horários das 22 e 04h eram armazenadas nas caixas isotérmicas com bastante gelo em cubo e/ou escama, formando camadas uma de gelo e uma com os frascos, de tal maneira os frascos seriam resfriados por iguais. Os frascos permaneciam armazenados até aproximadamente às 7 h, horário no qual se iniciava o procedimento laboratorial de análise dos parâmetros físico-químicos da água no Lablim.

Para a montagem da curva de estratificação térmica a coleta de dados ocorria dos 0,25 até os 2m com o intervalo de 0,25m e eram coletadas e anotadas as variáveis: oxigênio dissolvido, saturação do oxigênio e a temperatura na água. O cabo do oxímetro foi marcado com fitas adesivas da cor branca com o fim de facilitar o manuseio e a medição da profundidade.

Os frascos com as amostras eram transportados até o laboratório. Ao chegar ao laboratório às amostras eram transferidas para béqueres com o volume de 1L. Com o intuito

de fazer a matéria particulada decantar nos fundos dos béqueres que continham a água coletada no fundo da lagoa, esperava-se em torno de trinta minutos. Com o passar desse tempo, dava-se início as análises mas com cuidado para não revolver o fundo de cada béquer. Dentre as variáveis e métodos usados nas análises estavam:

- Alcalinidade total, analisada com o método de titulação da amostra de água com solução-padrão de ácido sulfúrico;
- Dureza cálcica, analisada usando a titulação de solução padrão de EDTA sobre a amostra;
- Condutividade elétrica, medida com o uso de um condutivímetro portátil digital modelo LF1 da marca SCHOTT®;
- Amônia total, o método de análise utilizado foi o método de nessler;
- Ferro dissolvido nas amostras foi utilizado o método colorimétrico de herapath;
- Nitrito presente nas amostras foi utilizado o método colorimétrico de griess-ilosva;
- Fósforo que estava contido nas amostras foi quantificado com o método de análise de reação do fosfato da água com a solução ácida de molibdato de amônio e a solução de cloreto estanhoso.

Em todas as análises que envolveram a amônia, o ferro, o nitrito, e o fósforo foi utilizado um fotolorímetro modelo 7000 da marca TECNOW®. Todas as metodologias utilizadas durante a pesquisa no Lablim/DEP/UFC são baseadas em APHA (1992). Todas as análises estatísticas foram realizadas com planilhas eletrônicas.

### **3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 - Estratificação térmica e anoxia na coluna d'água**

##### **3.1.1 – Primeira campanha limnológica (fevereiro de 2010)**

Na primeira campanha limnológica realizada na Lagoa da Maraponga (LM), observou-se estratificação térmica moderada nos horários de 10h e final de 16h (Figura 1). Às 10h, enquanto a temperatura subsuperficial (0,25 m) da água foi superior a 31°C, a temperatura da água de fundo (2,00 m) foi inferior a 30°C. No horário final de 16 h, o perfil da estratificação térmica da coluna d'água se manteve praticamente inalterado, havendo, contudo, aquecimento tanto da água subsuperficial (32°C) com da água de fundo (31°C). Nesses dois horários de observação, isto é, às 10h e final de 16h, a concentração de oxigênio dissolvido na água decresceu com o aumento na profundidade. Às 10h, registrou-se 4 e 3 mg/L de oxigênio dissolvido nas profundidades de 0,25 m e 2,00 m, respectivamente. No horário final de 16h, as concentrações de oxigênio na água foram bem maiores que o observado no horário de anterior (10h), tendo-se registrado 8 e 6,5 mg/L para as profundidades de 0,25 m e 2,00 m, respectivamente.

Dos horários de observação estudados no presente trabalho, isto é, 10, 16, 22 e 4 h, os dois horários do dia nos quais a temperatura atmosférica é mais elevada são 10 e 16 h. Esses foram exatamente os dois horários em que houve estratificação térmica da coluna d'água da LM. As águas de EACs se aquecem desigualmente, havendo maior aquecimento das águas superficiais em relação às águas de fundo. Com a atenuação vertical da radiação solar pelo aumento da profundidade da água, cai a sua temperatura. Assim, temos, em regra, águas superficiais quentes e leves; e águas de fundo frias e pesadas. Com a formação de estratos termicamente diferentes na coluna d'água, com densidades desiguais, cria-se no ambiente resistência à mistura das massas d'água, em que a camada mais profunda, mais densa, não se mistura com a camada superficial, menos densa (COSTA. 1991).

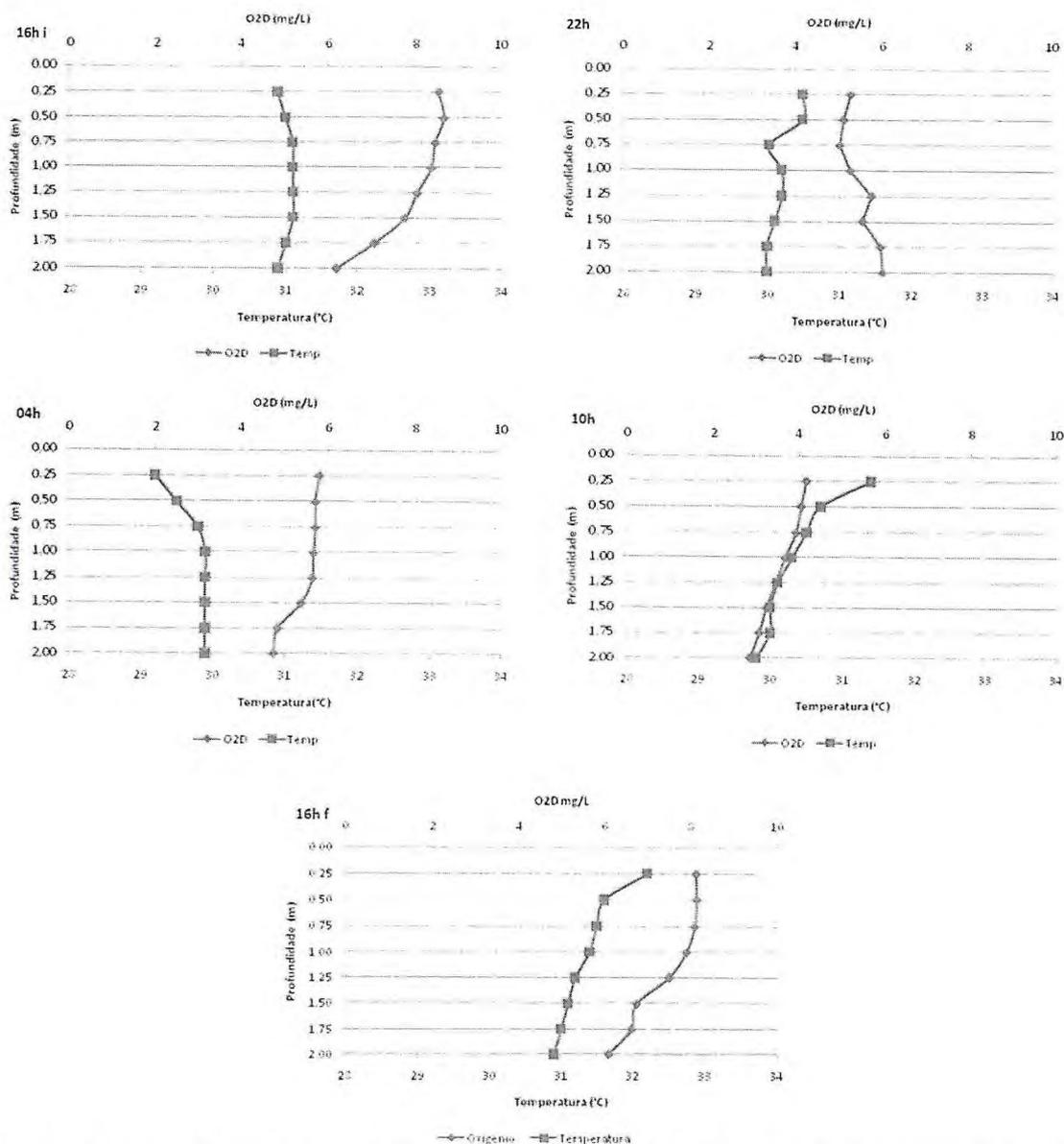


Figura 1 – Diagrama de profundidade(m) para a 1ª campanha de coletas na Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará), com o padrão de estratificação térmica e variação de oxigênio dissolvido a tendo início as 16h do primeiro dia de coleta (16h i) e fim nas 16h do segundo dia (16h f).

Com o tempo, haverá diferenciação química entre as duas camadas de água, notadamente quanto à concentração de oxigênio dissolvido nas mesmas. Geralmente, a camada de água de fundo terá menores concentrações de oxigênio dissolvido que a camada de água superficial porque não haverá aporte de oxigênio fotossintético na mesma, tampouco de oxigênio atmosférico. Assim, a estratificação térmica leva à estratificação química da coluna d'água (MIWA. 2007).

Apesar de a diferença na temperatura da água entre a superfície e o fundo ter sido pequena, não maior que 3°C, os efeitos causados pela variação da temperatura da água na

densidade são bem mais expressivos na faixa tropical de temperatura. Ou seja, a alteração de poucos graus Celsius na temperatura da água nos trópicos causa significativa alteração na densidade da água, capaz de levar à estratificação térmica estável (BOZELLI *et al.* 1986) Por isso, sugere-se que a LM estava estratificada termicamente no período mais quente do dia, entre 10 e 16h.

No horário de 22h, não houve variação significativa na temperatura da água entre a subsuperfície e o fundo, bem como na concentração de oxigênio dissolvido. Desse modo, o ambiente se apresentava desestratificado termicamente nesse horário (22h).

Com a chegada da noite, há o resfriamento natural da água superficial que perde calor para atmosfera. Desse modo, a camada superficial, com o resfriamento, vai ganhando densidade até tornar-se semelhante à água de fundo, do ponto de vista físico. Quando isso acontece, os ventos que anteriormente eram incapazes de promover a mistura das massas d'água superficial e de fundo, já conseguem realizar a mistura total. Nesse momento, há um nivelamento entre as concentrações de oxigênio dissolvido entre a água subsuperficial e a água de fundo, como verificado na LM às 22h. Portanto, a LM segue o padrão diário de estratificação térmica próprio de EACs tropicais, no qual há estratificação durante o dia e desestratificação da coluna d'água à noite (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO. 2002).

Curiosamente, a lagoa se mostrou desestratificada termicamente no horário inicial de 16h, mantendo-se a temperatura da água próxima a 31°C, tanto na subsuperfície como no fundo. Apesar disso, a concentração de oxigênio dissolvido na água de fundo (6 mg/L) foi bem inferior à observada na sub-superfície (> 8 mg/L).

Uma possível explicação para esse fato é ter havido diferença na temperatura atmosférica entre os dois dias de trabalho, inicial e final, durante a 1ª campanha limnológica. Talvez a temperatura do ar no primeiro dia de campanha tenha sido menor que no segundo dia. Com isso, a estratificação térmica da coluna d'água se verificou apenas no segundo dia, para o horário de 16h. A queda na concentração de oxigênio no estrato de água de fundo sugere que o 1º dia de observação da 1ª campanha limnológica realizada foi de grande calmaria, sem a ocorrência de ventos na LM. Com isso, não houve mistura de massas d'água, apesar da isoterminia vertical. Portanto, um ecossistema aquático termicamente desestratificado não estará, necessariamente, também desestratificado quimicamente, confirmando o também observado por (MARQUES; FERREIRA; BARBOSA. 1999).

A temperatura da água de fundo às 4h da manhã foi um pouco maior que a temperatura da água subsuperficial (30°C x 29°C).

Como a camada superficial da coluna d'água é aquela que está em contato direto com a atmosfera, ela é a primeira a ser resfriada pela troca de calor que realiza com o ar, durante a madrugada. As camadas mais profundas somente perderão calor posteriormente, de forma bem mais lenta.

### 3.1.2 – Segunda campanha limnológica (março de 2010)

Na segunda campanha limnológica realizada, observou-se novamente o mesmo padrão de estratificação e desestratificação térmica da campanha anterior (Figura 2). Houve estratificação térmica da água nos horários de 10h e final de 16h e desestratificação no horário de 22h. Além disso, novamente foi observado que a temperatura da água de fundo às 4h ( $> 31^{\circ}\text{C}$ ) foi superior à temperatura da água de sub-superfície ( $< 30^{\circ}\text{C}$ ). A diferença observada entre as duas campanhas foi que na segunda campanha se verificou leve estratificação térmica no horário inicial de 16h.

A formação de termoclina no horário inicial de 16 h indica que, no 1º dia da 2ª campanha limnológica realizada, as temperaturas atmosféricas haviam se elevado quando comparado ao 1º dia da campanha anterior. Segundo a ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UFC, verificou-se escalada na temperatura atmosférica no primeiro trimestre de 2010, na cidade de Fortaleza,

A estratificação térmica da água nos horários de 10h e final de 16h foi acompanhada pela redução nas concentrações de oxigênio dissolvido na água com o aumento na profundidade. Às 10h, havia 7 mg/L de oxigênio dissolvido na água de sub-superfície (0,25 m) e próximo a 4mg/L na água de fundo (2,00 m). Às 16h do mesmo dia (16h<sub>final</sub>), as leituras de oxigênio dissolvido na água foram praticamente as mesmas observadas no horário de 10h. Nos horários de 22 e 4h, a concentração de oxigênio dissolvido na água sofreu alterações mínimas com o aumento da profundidade, ficando próximas a 7 – 8 mg/L.

Os resultados obtidos na 2ª campanha limnológica confirmaram que a LM apresenta ciclo diário de estratificação (dia) e desestratificação (noite) térmica da coluna d'água.

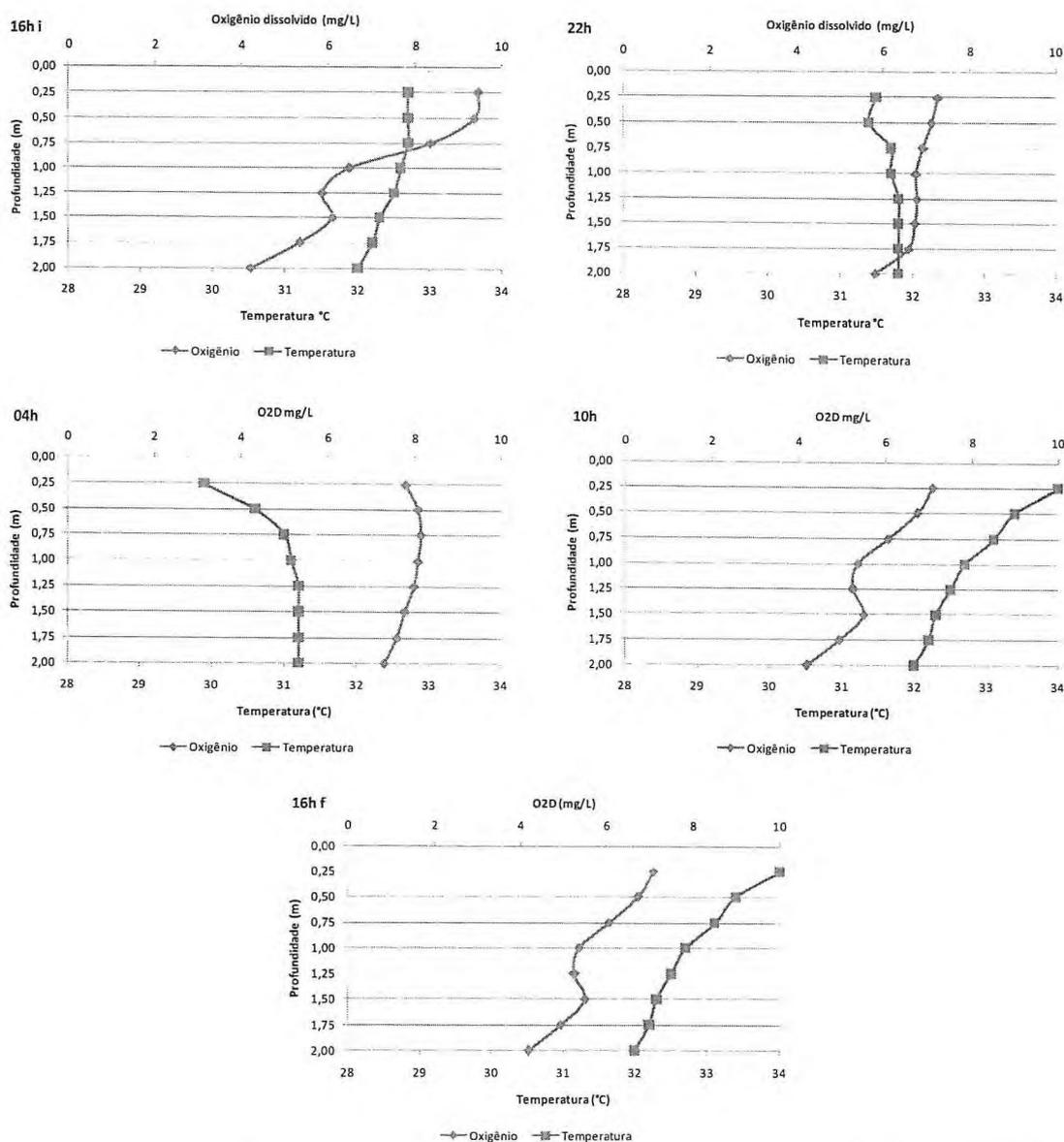


Figura 2 – Diagrama de profundidade(m) para a 2ª campanha de coletas na Lagoa da Maraponga(Fortaleza, Ceará) com o padrão de estratificação térmica e variação de oxigênio dissolvido nos horários de 16, 22, 04, 10 e 16h respectivamente.

Novamente, observou-se queda acentuada na concentração de oxigênio dissolvido na água com o aumento na profundidade no horário inicial de 16h, apesar da estratificação térmica ter sido leve. Nesse horário, a concentração de oxigênio dissolvido na água passou de quase 10 mg/L, na subsuperfície (0,25 m), para 4 mg/L, na água de fundo (2,00 m).

No período de realização do presente trabalho, exceto pela 3ª e última campanha realizada, ocorreu grande calor e ausência de ventos ou chuvas na cidade de Fortaleza.

Essas condições propiciaram o estabelecimento de estratificação térmica estável durante o dia e a desestratificação da coluna d'água durante a noite, sem, contudo, haver o

nivelamento nas concentrações de oxigênio dissolvido entre o epilímnio e o hipolímnio. Para que haja homotermia na coluna d'água não basta haver a desestratificação térmica, mas que, além disso, ocorram ventos capazes de realizar a mistura das massas d'água. Na verdade, a mistura total das massas d'água poderá se dá até mesmo quando a estratificação térmica da coluna d'água é estável. Para tanto, basta a ocorrência de ventos fortes, como visto em temporais e tempestades (FORD, 1990).

### 3.1.3 Terceira campanha limnológica (abril de 2010)

Na terceira e última campanha limnológica realizada na Lagoa da Maraponga, os perfis verticais de temperatura da água e de oxigênio dissolvido, observados nas campanhas anteriores, mantiveram-se praticamente inalterados (Figura 3). Nessa última campanha, observou-se estratificação térmica nos dois horários de 16h, tanto inicial como final, e no horário de 10h. As estratificações mais fortes foram observadas nos horários de 10h e no horário final de 16h, quando havia uma diferença de aproximadamente 2°C entre a água de subsuperfície e de fundo (33°C x 31°C). Nesses dois horários, os perfis verticais de oxigênio dissolvido do tipo clinogrado foram bem evidentes e mostraram a formação de ambiente anóxico na água a partir de 1,25 m de profundidade. Nesses casos, inclusive, até mesmo as concentrações de oxigênio dissolvido na água sub-superficial estavam reduzidas, girando em torno de 3 mg/L.

Os resultados obtidos na última campanha limnológica realizada indicaram que, de fato, a temperatura atmosférica média da cidade de Fortaleza foi progressivamente se elevando no decorrer do período de trabalho em campo na LM (fevereiro a abril/2010). A novidade na última campanha realizada foi o aparecimento das chuvas em Fortaleza.

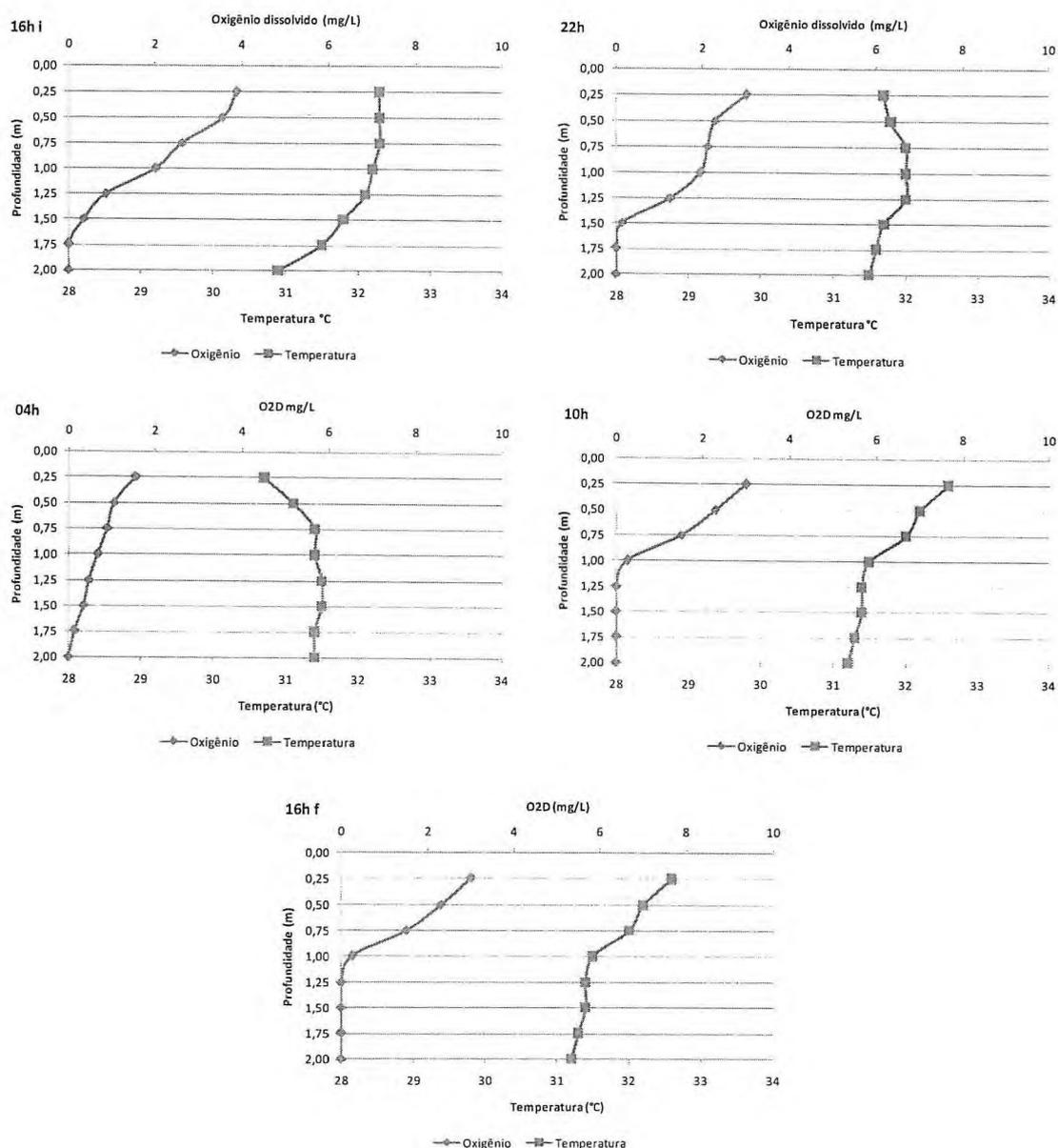


Figura 3 – Diagrama de profundidade(m) para a 3ª campanha de coletas na Lagoa da Maraponga(Fortaleza, Ceará) com o padrão de estratificação térmica e variação de oxigênio dissolvido nos horários de 16, 22, 04, 10 e 16h respectivamente.

A entrada de afluentes superficiais ricos em matéria orgânica na LM aumentou significativamente a demanda por oxigênio dissolvido na água, levando ao surgimento de uma camada anaeróbica. Quando em decomposição anaeróbica, os detritos orgânicos produzem gases tais como gás sulfídrico, amônia e metano. Esses gases são tóxicos aos animais aquáticos e apresentam mau odor (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008). Durante a última campanha limnológica do trabalho realizado na LM, foi observada a presença de

grande número de bolhas gasosas na superfície da água, com a percepção de mau odor no local. Das três campanhas limnológicas realizadas, as duas primeiras foram realizadas em período de estiagem (fevereiro e março/2010) e a última em período chuvoso (abril/2010). Na campanha chuvosa, verificou-se pela primeira vez a formação de hipolímnio anaeróbio em decorrência direta do aumento na carga de matéria orgânica em decomposição no fundo da LM.

A existência de estratos anaeróbios na coluna d'água também foi verificada nos outros horários estudados (16h inicial, 22 e 4h). Nesses horários, entretanto, diferentemente do observado nos horários de 10h e final de 16h, a ausência de oxigênio dissolvido na água se verificou em profundidades maiores, a partir de 1,50 - 1,75 m.

A profundidade a partir da qual se iniciará o hipolímnio anaeróbio dependerá da intensidade da estratificação química da coluna d'água para oxigênio dissolvido (ESTEVES, 1998). Quando a estratificação vertical para oxigênio era menor ou menos demarcada, como ocorrido no horário inicial de 16 h, pode ter havido certa movimentação de água entre epilímnio e hipolímnio. Nessa situação, a água anóxica somente surgiu em profundidades maiores, mais afastadas da zona de turbulência entre epilímnio e hipolímnio (metalímnio). A ocorrência de hipolímnio anaeróbio, mesmo em horários não-estratificados termicamente (22 e 4 h) pode ser explicada pela prevalência do efeito da decomposição da matéria orgânica trazida para dentro da LM pelas chuvas, sobre as concentrações de oxigênio dissolvido da água, em relação ao efeito da possível mistura entre as águas do epilímnio e hipolímnio.

### **3.2 - Estratificação química da coluna d'água**

No período de observação de 24 h, agrupando-se os resultados das 3 campanhas limnológicas realizadas, a alcalinidade e a condutividade elétrica da água de fundo sofreram pequenas variações, tendo como referência a água sub-superficial (Figura 4). A condutividade elétrica da água de fundo variou entre 686 e 688  $\mu\text{S}/\text{cm}$  das 16 h do dia inicial às 16 h do dia seguinte.

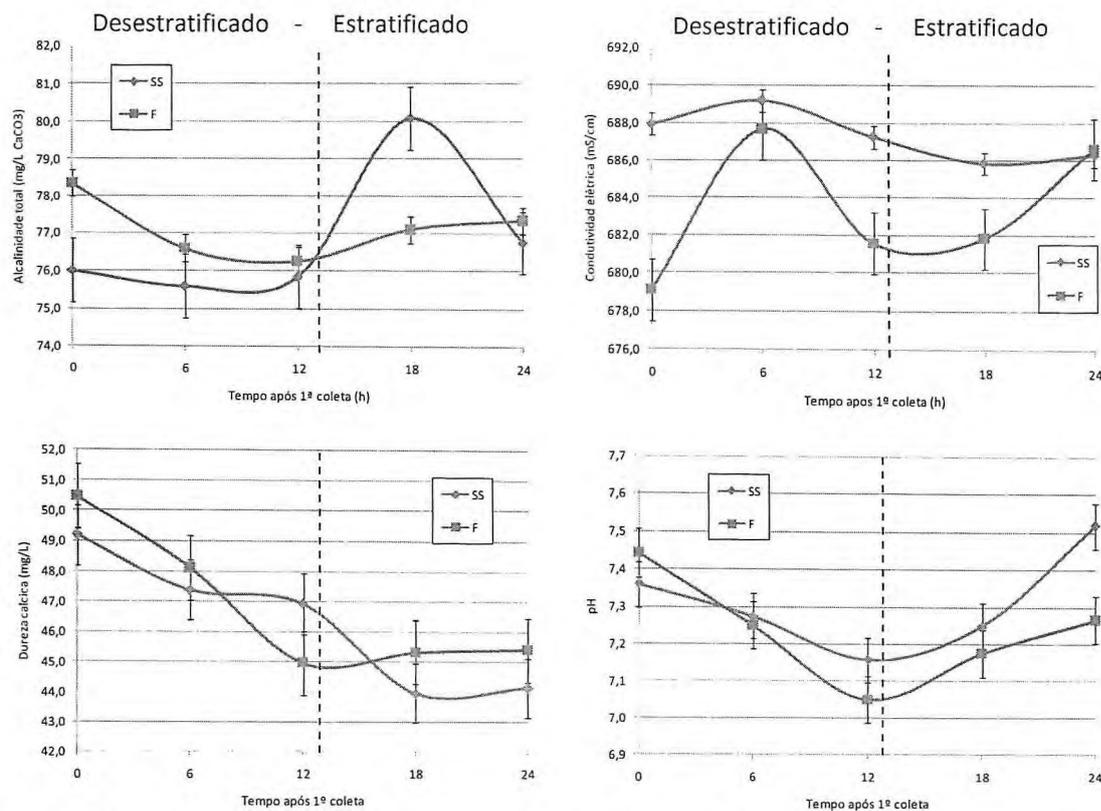


Figura 4 – Variação média em horas da alcalinidade total, dureza cálcica, condutividade elétrica e pH após a 1ª coleta. SS – Água Subsuperficial, F – Água de Fundo

A água de fundo, diferentemente da água subsuperficial, está menos sujeita aos efeitos provocados pelas alterações atmosféricas, tais como ventos, chuvas e exposição ao sol (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO. 2002).

Por isso, era de se esperar menores alterações das variáveis limnológicas da água de fundo, no ciclo de 24 h, em relação à água subsuperficial (controle).

Os elevados valores observados de condutividade elétrica da água ( $> 600 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), tanto para água subsuperficial como para água de fundo, indicam que a LM está bastante eutrofizada, provavelmente por receber grande entrada de poluição difusa (escoamento superficial urbano) e efluentes domésticos.

A dureza cálcica da água de fundo caiu das 16h às 4 da manhã. A partir daí, tendeu a estabilização. A dureza cálcica da água subsuperficial, entretanto, caiu durante todo o período de observação (16<sub>i</sub> – 16<sub>f</sub>). O pH da água de fundo também foi reduzido das 16h até as 4h da manhã. Em seguida, o pH se elevou até às 16h do dia seguinte. O mesmo comportamento foi observado para o pH da água sub-superficial. O pH da água subsuperficial esteve um pouco acima (+ 0,1) do pH médio da água de fundo (Figura 4).

No intervalo de 16 às 4h da madrugada, a coluna d'água foi lentamente se desestratificando, tanto térmica como quimicamente para oxigênio dissolvido. Com a entrada de oxigênio na água de fundo, acelerou-se a decomposição aeróbia dos detritos orgânicos no fundo, que provavelmente se encontravam em grande concentração. Tal intensificação aumentou a liberação de CO<sub>2</sub> para água que, por ter reação ácida com a molécula de água (KUBITZA. 1998), baixou o pH da água. Portanto, o provavelmente grande acúmulo de detritos orgânicos no fundo da LM impediu que a mesma apresentasse elevação no pH da água de fundo durante o período de desestratificação da coluna d'água, como esperado. Ao contrário, no intervalo de 4h da manhã até as 16h do dia seguinte, o aquecimento das águas superficiais estratificou térmica e quimicamente a coluna d'água. Esse processo levou à redução na concentração de oxigênio dissolvido no fundo. Com menor disponibilidade de oxigênio na água, houve menor taxa de decomposição da matéria orgânica, com menor acidificação da água. Desse modo, o pH da água apresentou discreta recuperação (aumento) nesse período.

A queda na dureza cálcica da água de fundo no período de desestratificação térmica foi inesperada. Era de se esperar, ao contrário do observado, aumento na concentração de cálcio solúvel na água com a elevação na concentração de CO<sub>2</sub> na água de fundo. O CO<sub>2</sub> livre age sobre depósitos calcários localizados nos sedimentos, solubilizando o carbonato de cálcio dos mesmos em bicarbonato e cálcio. É a ação do chamado "CO<sub>2</sub> agressivo" sobre o carbonato (ESTEVEZ. 1998). Pode-se supor que a bacia hidráulica (leito) da LM é pobre em rochas e solo calcário ou que a mesma está abaixo de grande camada de detritos orgânicos, que impedem a liberação de cálcio e bicarbonato para água.

Durante a formação da estratificação térmica na LM, ou seja, no intervalo de 4h da manhã até as 16h do dia seguinte, verificou-se elevação na concentração de amônia total e decréscimo nas concentrações de nitrito e fósforo reativo, tanto na água de fundo como na água sub-superficial. Por outro lado, as variações na concentração de ferro solúvel na água de fundo e sub-superficial, com o decorrer da estratificação térmica, não foram claras (Figura 5).

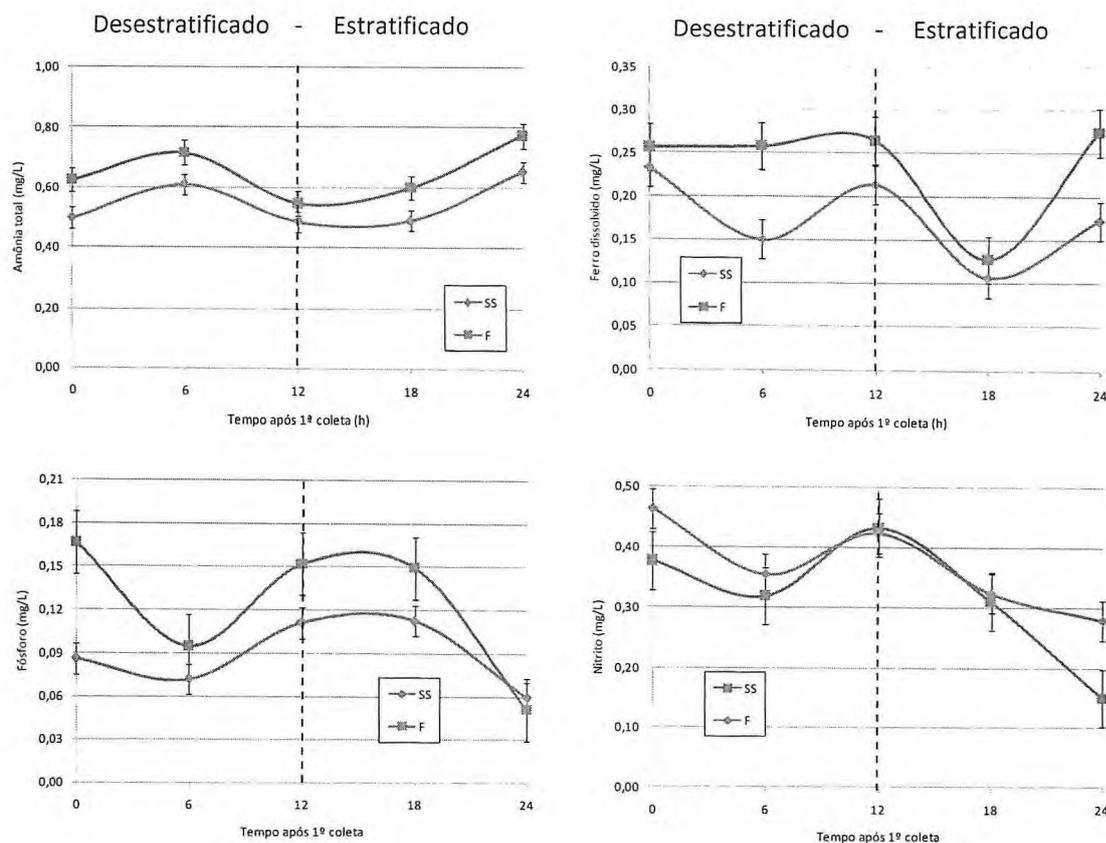


Figura 5 – Variação média da quantidade de amônia total, ferro, fósforo e nitrito após a 1ª coleta. SS – Água Subsuperficial, F – Água de Fundo

Com a diminuição na concentração de oxigênio dissolvido na água de fundo, durante o intervalo de tempo em que se estabeleceu a estratificação térmica na LM, houve desaceleração ou mesmo interrupção do processo de nitrificação bacteriana. Com isso, a amônia não é transformada em nitrato, acumulando-se no meio. Em meio anaeróbico ou com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, há acúmulo tanto de amônia, como de nitrito na água (AZEREDO; OLIVEIRA. 1996). Desse modo, a diminuição na concentração de nitrito com o avanço da estratificação térmica é de difícil explicação. Uma possibilidade é a ocorrência de redução química de nitrito à amônia, o que ajudaria a explicar o comportamento observado de ambos compostos.

Durante o dia, o fitoplâncton absorve ativamente fósforo da água para seu crescimento. Além disso, o aumento na concentração de oxigênio dissolvido na água no epilímnio pela fotossíntese pode provocar co-precipitação do fósforo com compostos metálicos, principalmente com o hidróxido de ferro (NETO *et al.* 2001). Ao contrário do observado, era de se esperar elevação na concentração de fósforo na água de fundo com a consolidação da estratificação térmica. Exceto pela 3ª campanha limnológica realizada, em

que se verificou anoxia no fundo, as concentrações de oxigênio dissolvido no hipolímnio da LM sempre estiveram acima de 4 mg/L. Nessa condição, a barreira oxidada do sedimento que impede a passagem de íons para coluna d'água pode não ter se desfeito, não permitindo o enriquecimento do hipolímnio com fosfato do sedimento.

### 3.3 – Composição química da água de fundo da Lagoa da Maraponga

Apenas no horário inicial de 16h, tanto a alcalinidade total como a dureza cálcica da água de fundo foram significativamente maiores que aquelas observadas para água de sub-superfície. A condutividade elétrica da água de fundo foi significativamente menor que a condutividade elétrica da água de sub-superfície em dois horários do período de estratificação térmica, às 16h (inicial) e 10h; e em um horário de desestratificação, às 4h da madrugada. O pH da água de fundo foi significativamente menor que o pH da água sub-superficial nos horários de 10h e final de 16h (período de estratificação térmica). Nos horários de 22 e 4h, não houve diferença significativa entre o pH da água de fundo e água sub-superficial (período de desestratificação térmica; Tabela 1).

Respostas opostas de condutividade elétrica foram obtidas no presente trabalho. Verificou-se menor condutividade elétrica da água de fundo, em relação à subsuperfície, tanto para horários de estratificação, como de desestratificação. Das duas respostas obtidas, a que tem apoio na literatura é a segunda, ou seja, diminuição na condutividade elétrica da água de fundo em período de desestratificação. Quando as concentrações de oxigênio dissolvido são maiores no hipolímnio, pode ocorrer a precipitação de compostos metálicos para os sedimentos, com a co-precipitação de diferentes íons (MARTINS; SPERLING. 1997). Essa remoção de íons do hipolímnio faz cair a condutividade elétrica da água de fundo. O oposto ocorrerá no período de estratificação química, com a formação de hipolímnio anaeróbio. Nessa condição, os compostos metálicos se solubilizam e há elevação na condutividade elétrica da água por seu enriquecimento com íons provenientes dos sedimentos.

A redução no pH da água de fundo, nos horários de estratificação térmica, foi provavelmente causado pela reação ácida do CO<sub>2</sub> livre com a molécula de água, como referido anteriormente.

Não se observou diferenças significativas entre as concentrações de compostos nitrogenados inorgânicos da água subsuperficial e de fundo (amônia e nitrito), tanto para os horários de estratificação como desestratificação. Por outro lado, verificou-se aumento significativo na concentração de fósforo reativo na água de fundo, em relação à água subsuperficial, nos horários de desestratificação térmica de 22h e 4h; e no horário de estratificação de 10h.

Tabela 1 – Valores da média e ANOVA P da alcalinidade total, dureza cálcica, condutividade elétrica e pH em coletas nictimerais durante os meses de fevereiro, março e abril na Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará).

Profundidade	Hora da coleta				
	16 i	22	4	10	16 f
Alcalinidade total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )					
Subsuperficial	76 ± 0,47	75,6 ± 0,50	75,8 ± 0,88	80,1 ± 2,08	76,8 ± 2,08
Fundo	80,9 ± 2,82	76,6 ± 1,13	76,3 ± 1,37	77,1 ± 2,69	77,3 ± 2,28
ANOVA P	0,014	ns	ns	ns	ns
Dureza cálcica (mg/L CaCO <sub>3</sub> )					
Subsuperficial	49,2 ± 0,62	47,4 ± 2,20	46,9 ± 0,74	44,0 ± 2,37	45,1 ± 1,17
Fundo	50,5 ± 0,59	48,1 ± 1,60	45 ± 2,63	45,3 ± 1,00	45,4 ± 1,05
ANOVA P	0,023	ns	ns	ns	ns
Condutividade elétrica (mS/cm)					
Subsuperficial	687,9 ± 2,91	689,2 ± 1,48	687,3 ± 3,68	685,8 ± 1,45	686,3 ± 2,38
Fundo	679,1 ± 2,64	687,7 ± 1,78	681,6 ± 1,45	681,8 ± 0,79	686,6 ± 0,79
ANOVA P	0,004	ns	0,028	0,003	ns
pH					
Subsuperficial	7,36 ± 0,083	7,28 ± 0,032	7,16 ± 0,032	7,25 ± 0,043	7,52 ± 0,104
Fundo	7,44 ± 0,140	7,25 ± 0,019	7,08 ± 0,212	7,18 0,017	7,27 ± 0,072
ANOVA P	ns	ns	ns	0,017	0,007

A concentração de ferro solúvel na água de fundo no horário final de 16h foi significativamente maior que o verificado para água subsuperficial. Por outro lado, o mesmo foi observado no horário de 22h, quando a LM se encontrava desestratificada termicamente (Tabela 2).

Com a redução na concentração de oxigênio dissolvido no hipólímnio, era de se esperar maiores concentrações de amônia e nitrito na água de fundo nos horários de estratificação (16<sub>i</sub>, 16<sub>f</sub> e 10h). Sendo compostos reduzidos (NH<sub>3</sub>; amônia) ou parcialmente oxidados (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; nitrito), amônia e nitrito se concentram na água em condições anaeróbias ou hipóxicas (ESTEVEZ. 1998) Como o mesmo não ocorreu no presente trabalho, é de se supor que a estratificação térmica ocorrida nos horários mais quentes do dia não foi forte o suficiente para prevenir a mistura das massas de água superficial (mais oxigenada), com a de

fundo (menos oxigenada). É importante lembrar que a profundidade da LM estudada no presente trabalho (2,0 m) é relativamente pequena, sendo esse um ecossistema considerado raso. Nessa condição, os ventos têm maior capacidade de realizar a mistura das massas d'água. Apesar disso, como os resultados da Tabela 2 consideram os resultados médios obtidos nas três campanhas realizadas, os resultados obtidos podem estar mascarando o quadro esperado para as concentrações de amônia e nitrito na água de fundo, como anteriormente referido. Se considerássemos apenas os resultados da 3ª campanha, por exemplo, que foi aquela realizada em período chuvoso, no qual se verificou pela primeira vez água anóxica no fundo, provavelmente observaríamos mais amônia e nitrito no hipolímnio, em relação ao epilímnio.

A hipótese de que o padrão de estratificação térmica da LM, apesar de diário, tal como esperado para EACs tropicais, está sujeito a freqüentes alterações, é reforçado pelos resultados de fósforo reativo e de ferro solúvel da água de fundo (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores da média e ANOVA P da amônia total, nitrito, fósforo reativo e ferro dissolvido em coletas nictimerais durante os meses de fevereiro, março e abril na Lagoa da Maraponga (Fortaleza, Ceará).

Profundidade	Hora da coleta				
	16	22	4	10	16
	Amônia total (mg/L)				
Sub-superficial	0,497 ± 0,113	0,609 ± 0,095	0,485 ± 0,033	0,491 ± 0,061	0,654 ± 0,123
Fundo	0,624 ± 0,049	0,714 ± 0,107	0,547 ± 0,107	0,600 ± 0,069	0,0774 ± 0,070
ANOVA P	ns	ns	ns	ns	ns
	Nitrito (mg/L)				
Sub-superficial	0,377 ± 0,025	0,32 ± 0,056	0,433 ± 0,106	0,312 ± 0,61	0,151 ± 0,035
Fundo	0,463 ± 0,068	0,356 ± 0,047	0,402 ± 0,122	0,326 ± 0,009	0,279 ± 0,104
ANOVA P	ns	ns	ns	ns	ns
	Fósforo reativo (mg/L)				
Sub-superficial	0,086 ± 0,015	0,072 ± 0,007	0,111 ± 0,010	0,113 ± 0,015	0,059 ± 0,016
Fundo	0,161 ± 0,026	0,095 ± 0,009	0,152 ± 0,013	0,15 ± 0,008	0,156 ± 0,125
ANOVA P	<0,001	0,006	0,003	0,005	ns
	Ferro dissolvido (mg/L)				
Sub-superficial	0,233 ± 0,111	0,15 ± 0,25	0,213 ± 0,053	0,106 ± 0,52	0,173 ± 0,039
Fundo	0,317 ± 0,101	0,258 ± 0,053	0,265 ± 0,081	0,127 ± 0,52	0,274 ± 0,47
ANOVA P	ns	0,010	ns	ns	0,016

Foi observado significativamente maiores concentrações fósforo reativo e de fósforo solúvel na água de fundo tanto no período de estratificação, como nos horários de desestratificação.

Segundo a literatura especializada (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI. 2008), a formação de hipolímnio anaeróbio reduz grande parte de compostos químicos metálicos

presentes nos sedimentos, tais como o hidróxido de ferro, fazendo com que haja elevação de íons dissolvidos na água, tais como fosfato e ferro solúvel. Portanto, as significativamente maiores concentrações de fósforo reativo na água de fundo no horário de 10h e de ferro solúvel no horário final de 16h confirmam os resultados obtidos por MARTINS; SPERLING. As significativamente maiores concentrações de fósforo reativo nos horários de 22 e 4h; e de ferro solúvel no horário de 22h sugerem que muito embora possa ter havido aporte de oxigênio na camada anaeróbia proveniente da camada superficial da água, a provavelmente elevada demanda por oxigênio dissolvido na água exercido pela matéria orgânica em decomposição, como indicado pelas leituras de condutividade elétrica superiores de 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , impediram a ocorrência de concentrações elevadas de oxigênio na água de fundo. Desse modo, não se verificou o fenômeno de precipitação de compostos metálicos, nem a co-precipitação de fosfatos (OLIVEIRA; SCHMIDT; de FREITAS. 2010)

#### 4 – CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho nos permitem concluir o que segue:

1. A Lagoa da Maraponga apresenta padrão diário de estratificação térmica. Ocorre estratificação da coluna d'água durante o dia e desestratificação noturna;
2. A estratificação térmica da Lagoa da Maraponga se dá pela diferença de poucos graus Celsius (2-3°C) entre a água superficial e a água de fundo;
3. A estratificação térmica da Lagoa da Maraponga pode ser classificada como intermitente. Durante o período de estratificação térmica, há intervalos de desestratificação que são ocasionados, provavelmente, pela entrada de ventos no local;
4. Desestratificação térmica não implica necessariamente em desestratificação química. Observou-se na Lagoa da Maraponga, em certas situações, que mesmo não havendo diferenças de temperatura entre a água subsuperficial e de fundo, as concentrações de oxigênio dissolvido eram nessas camadas de água, eram distintas entre si;
5. Fenômenos climáticos tais como chuvas e ventos alteram o padrão de estratificação térmica da Lagoa da Maraponga, podendo favorecer ou desfavorecer a estratificação da coluna d'água;
6. A profundidade a partir da qual se inicia a camada de água anaeróbia depende da intensidade da estratificação química da coluna d'água para oxigênio dissolvido.
7. Os valores obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos indicam que a lagoa da Maraponga é um reservatório que apresenta um quadro de eutrofização.

## REFERÊNCIAS

- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and waste water. APHA: Washington, 1992.
- AZEREDO J; OLIVEIRA R (1996). Estudo da nitrificação e desnitrificação heterotrófica por Alcaligenes Denitrificans. In: V Conferência Nacional Sobre a Qualidade do Ambiente. Aveiro : Universidade, 1996. vol. 2, p. 1915-1925.
- BEZERRA-NETO, J.F.; PINTO-COELHO,R.M. A estrutura térmica, o trabalho do vento ea estabilidade de um reservatório tropical raso: Lagoa do Nado, BH-MG. **BIO**, 2002. Belo Horizonte. vol.10. p.19-33 2002.
- BOZELLI, R.L.; THOMAS, S.M.; ROLAND, F.; ESTEVES, F.A. Variações nictimerais e sazonais de alguns fatores limnológicos na represa municipal de São José do Rio Preto, São Paulo. . Acta Limnológica Brasiliensia, 1992. vol. 4. p 53-66.
- COSTA, A.F. Introdução à Ecologia das Águas Doces. Recife. 1991. 297 p.
- Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias – UFC.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Interciência: Rio de Janeiro, 1998. 601 p.
- FORD, D.E. Reservoir transport processes. In: Thornton, K.W.; Kimmel, B.L.; Payne, F.E. (ed.). Reservoir limnology: ecological perspectives. New York: John Wiley & Sons, 1990. cap. 2, p.15-41.
- FORTALEZA, PREFEITURA MUNICIPAL DE. **Programa Lagoas de Fortaleza – Relatório do Mapeamento Batimétrico**. PMF/LABOMAR, 2007. 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); acessado em 07/08/2009.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes: ParteI. **Panorama da Aqüicultura**, São Paulo, 1998. vol. 8, no 45, p.10-18.
- MARGALEF, M. **Limnologia**. Barcelona. 1983. 1010 p.
- MARTINS, M. L. N; SPERLING, E.V. Dinâmica do ferro e do manganês no Hipolímnio do Reservatório Serra Azul em Minas Gerais. Rio de Janeiro. ABES, 1997. pag. 14.

MARQUES, M. G. S. M.; FERREIRA, R. L.; BARBOSA, F. A. R. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas carioca e da barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. **Revista Brasileira de Biologia**. Rio de Janeiro, 1999. p. 203-210

MIWA, A.C.P. **Avaliação do funcionamento do sistema de tratamento de esgoto de Cajati, Vale do Ribeira de Iguape (SP), em diferentes épocas do ano**. 2007. 194 f. Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

NETO, J.C; MOTA, S.B; da SILVA, F.J.A; PEDROZA, M.M. Avaliação do Tratamento de Percolado de Resíduo Domestico em Lagoa Anaeróbia no Semi-Árido Nordestino. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001.

OLIVEIRA, D.A; SCHMIDT, G.; de FREITAS, D.M. Avaliação doteor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palmas-TO. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gilda.pdf>; acessado em 03/06/2010

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI. **Águas doces no Brasil: capital ecológico**. 3ª ed. São Paulo. 2006. 768p.

TRINDADE, C.R.T.; FURLANETTO, L.M.; PALMA-SILVA C. Nycthemeral cycles and seasonal variation of limnological factors of a subtropical shallow lake (Rio Grande, RS, Brazil) - Acta Limnol. Brasiliensia, 2009. vol. 21, no. 1, p. 35-44.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA TUNDISI, T.. **Limnologia**. 1ª ed. Oficina de Textos: São Paulo. 2008. 632 p.

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