

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL  
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E  
SANEAMENTO - PPGRHS**

**Avaliação Qualitativa das Águas no  
Sistema da Macrodrenagem da Bacia do  
Tabuleiro do Martins – Maceió/AL.**

**José Adriano Rocha de Sá Filho**

Maceió, AL - 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL  
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E  
SANEAMENTO - PPGRHS**

**Avaliação Qualitativa das Águas no  
Sistema da Macrodrenagem da Bacia do  
Tabuleiro do Martins – Maceió/AL.**

**José Adriano Rocha de Sá Filho**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosângela Sampaio Reis**

Maceió, AL  
Fevereiro/2010

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

S111a Sá Filho, José Adriano Rocha de.  
Avaliação qualitativa das águas no sistema de macrodrenagem da  
bacia do Tabuleiro dos Martins – Maceió/AL / José Adriano Rocha de Sá  
Filho, 2010.  
**139 f. : il.**

Orientadora: Rosângela Sampaio Reis.  
Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento)  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2010.

**Bibliografia: f. 108-115.**

Anexos: f.116-139.

**1. Drenagem urbana. 2. Macrodrenagem – Tabuleiro dos Martins  
(Maceió, AL). 3. Lagoas de retenção. 4. Lagoas – Poluição. I. Título.**

CDU: 626.86



Universidade Federal de Alagoas – UFAL  
Centro de Tecnologia – CTEC  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamentos – PPGRHS  
Campus A. C. Simões, Av. Lourival de Melo Mota, S/N  
Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 – Maceió – Alagoas  
Tel/Fax: (82) 3214-1279  
E-mail: ppgrhs@yahoo.com  
Homepage://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs



AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS NO SISTEMA DA  
MACRODRENAGEM DA BACIA DO TABULEIRO DO MARTINS  
MACEIÓ-AL

**JOSÉ ADRIANO ROCHA DE SÁ FILHO**

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 09 de fevereiro do ano de 2010.

Banca Examinadora:

**Profa. Dra. Rosângela Sampaio Reis**  
Orientadora – CTEC/UFAL

**Profa. Dra. Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira**  
CTEC/UFAL

**Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral**  
CTG/UFPE

## **DEDICATÓRIA**

A minha mãe Emília e a minha esposa Roseane pelo amor e carinho, e a minha filha Júlia, que foi a fonte de inspiração que precisava para concluir esse trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À Prof. Doutora Rosângela Sampaio Reis, pelo incentivo, orientação e paciência com que acolheu todas as minhas dúvidas.

À Prof. Doutora Selêude Wanderley que me apoiou e estimulou na realização deste trabalho.

À Prof. Doutora Cleuda Custódio, por acreditar na concretização deste trabalho.

Às Professoras Doutoras Ivete Vasconcelos e Rita de Cássia Avelino do Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL e ao mestrando João de Lima, pelo auxílio durante a realização das análises.

À técnica em laboratório Margarida Pereira, que sempre esteve disponível para ajudar no que fosse preciso.

Aos meus amigos Luciano Moraes, Fernando Rebouças e Adriana Sarmento, pelo estímulo em todas as fases desse trabalho.

Aos amigos Rodolpho Lima Pedroza e Luciano Lima pelo apoio na criação de figuras contidas no trabalho.

A minha amiga Belinha, pelo apoio indispensável.

Ao pescador Sebastião Severiano da Silva, que em dias de chuva e sol, sempre se fez presente nas coletas, colaborando com sua sabedoria e experiência.

Enfim, a todos que contribuíram na concepção e conclusão desse estudo.

## **Avaliação Qualitativa das Águas no Sistema da Macrodrenagem da Bacia do Tabuleiro do Martins – Maceió/AL.**

José Adriano Rocha de Sá Filho

### **RESUMO**

Os problemas de infra-estrutura existentes na cidade de Maceió, resultaram em freqüentes enchentes, principalmente na área mais baixa da bacia do Tabuleiro do Martins, causando impactos negativos, sobretudo os decorrentes da carga poluidora carregada pelo escoamento superficial. Em razão disso, nesta região foi posto em prática o projeto da Macrodrenagem composta por três lagoas de retenção, das quais as lagoas 1 e 2 eram interligadas por canais a lagoa 3, e esta ao rio Jacarecica. Objetivando conhecer as características limnológicas do sistema que compõe a Macrodrenagem da bacia do Tabuleiro do Martins, para posterior avaliação dos impactos negativos, foi feito o diagnóstico básico sobre os aspectos físico-químicos: temperatura da água e do ar, cor verdadeira, turbidez, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, fixos e voláteis, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrito, fósforo total e cloreto; e biológicos: coliformes totais e termotolerantes. Para isso, foram realizadas coletas no período de junho a novembro de 2007, em sete pontos de amostragem, dos quais três se localizavam na Lagoa 1; um nas Lagoas 2 e 3; outro no curso d'água formado pelos excedentes de águas acumuladas nas referidas lagoas; além da descarga da empresa *Coca-cola* na lagoa 1. Ainda, foi feita uma caracterização geral da bacia, enfatizando os aspectos climáticos e de uso e ocupação do solo. Essas variáveis foram analisadas estatisticamente e correlacionadas com os limites estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 274/2000 e 357/2005, e pelo Decreto 6200/1985. Os estudos realizados demonstraram que as águas pluviais também serviam

para o escoamento de esgotos, indicando que as lagoas de retenção estavam ambientalmente ameaçadas, com muitos dos seus parâmetros limnológicos fora dos padrões estabelecidos pela legislação analisada. Os usos múltiplos dos corpos hídricos estudados foram inviabilizados pelos altos índices de coliformes termotolerantes, DBO<sub>5</sub> e fósforo total, e baixos de oxigênio dissolvido, enquanto a descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* apresentou todas as concentrações de DQO elevadas, superiores ao valor máximo estabelecido para emissão dos efluentes líquidos industriais no Estado de Alagoas.

**Palavras-chaves:** Macrodrenagem do Tabuleiro, lagoas de retenção, poluição em lagoas.



## **Qualitative Evaluation of the Waters in the System of Macrodrenagem of the Basin of the Tabuleiro do Martins - Maceió/AL.**

José Adriano Rocha de Sá Filho

### **ABSTRACT**

The purpose of this research is to show the problems of infrastructure in the city of Maceió, resulting in frequent flooding, mainly in the lower area of the basin of the Tabuleiro do Martins, causing negative impacts, particularly those that comes from by the pollutant load carried by the runoff. As a result, this region was put into practice the Macrodrenagem project, compounding three detention lagoons, including the lagoons 1 and 2 were connected by watercourses with the lagoon 3, and that with the river Jacarecica. Order to know the limnological characteristics of the system that makes up the Macrodrenagem of the basin of Tabuleiro do Martins, for further assessment of negative impacts, a basic diagnosis was made by the physical-chemical aspects: water temperature and air, true color, turbidity, total dissolved solids, total suspended solids, fixed and volatile, pH, conductivity, dissolved oxygen, DBO<sub>5</sub>, DQO, ammonia nitrogen, nitrite, total phosphorus and chloride, and biological: total coliforms and thermotolerants. For this, samples were collected from June to November 2007 in seven sampling points, which three were located in the lagoon 1; one on the lagoons 2 and 3, another in the course of water formed by the excess water accumulated in these lagoons, in addition to the discharge of "Coca-cola" in the lagoon 1. In addition to was made a general characterization of the basin, emphasizing the climate and the aspects climates and the use and land use. These variables were statistically analyzed and correlated with the limits established by CONAMA 274/2000 and 357/2005, and the Decree 6200/1985. The studies made have shown that rainwater also served for disposal of sewage, indicating that the detention lagoons were environmentally threatened with many of its limnological parameters out of the standards established by the analyzed legislation. The multiple uses of water bodies studied were inviable by the high levels of thermotolerants coliforms,

DBO<sub>5</sub> and total phosphorus, and low of dissolved oxygen, while the discharge of the soft drinks manufactures “Coca-cola” showed all the concentrations of DQO higher than the maximum value established for issue of industrial wastewater in Alagoas State.

**Key-words:** Macrodrenagem of the Tabuleiro, detention lagoons, lagoons pollution.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| <b>LISTA DE FIGURAS</b>                   |     |
| <b>LISTA DE TABELAS</b>                   |     |
| <b>LISTA DE SIGLAS</b>                    |     |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>                  |     |
| <b>AGRADECIMENTOS</b>                     | i   |
| <b>RESUMO</b>                             | ii  |
| <b>ABSTRACT</b>                           | iii |
| <br>                                      |     |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                       | 1   |
| <br>                                      |     |
| <b>2 OBJETIVOS</b>                        | 4   |
| 2.1 Objetivo Geral                        | 4   |
| 2.2 Objetivos Específicos                 | 4   |
| <br>                                      |     |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>            | 5   |
| 3.1 Poluição das Águas                    | 5   |
| 3.2 Parâmetros de qualidade das águas     | 7   |
| 3.2.1 Parâmetros físicos                  | 9   |
| 3.2.2 Parâmetros químicos                 | 12  |
| 3.2.3 Parâmetros biológicos               | 18  |
| 3.3 Estado Trófico das Lagoas             | 19  |
| 3.4 Legislação Ambiental Incidente        | 21  |
| <br>                                      |     |
| <b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> | 22  |
| 4.1 Aspectos Gerais                       | 22  |
| 4.2 Geologia                              | 24  |
| 4.3 Caracterização Climática              | 25  |
| 4.3.1 Temperatura do ar                   | 25  |
| 4.3.2 Evaporação                          | 26  |
| 4.3.3 Umidade relativa do ar              | 27  |
| 4.3.4 Insolação                           | 27  |
| 4.3.5 Dados pluviométricos                | 28  |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.4      | Uso e ocupação do solo                              | 33        |
| 4.5      | Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante      | 34        |
| 4.6      | Lagoas de Detenção                                  | 35        |
| 4.6.1    | Lagoa 1   | 38        |
| 4.6.2    | Lagoa 2   | 40        |
| 4.6.3    | Lagoa 3   | 41        |
| 4.7      | Bacia do Rio Jacarecica                             | 44        |
| <b>5</b> | <b>METODOLOGIA</b>                                  | <b>47</b> |
| 5.1      | Fatores Climatológicos e Hidrológicos               | 49        |
| 5.1.1    | Temperatura do Ar                                   | 49        |
| 5.1.2    | Vazão   | 49        |
| 5.2      | Meio Físico   | 49        |
| 5.3      | Fatores Abióticos e Bióticos                        | 49        |
| 5.4      | Índice do Estado Trófico (IET)                      | 51        |
| 5.5      | Análise Estatística                                 | 51        |
| <b>6</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>                      | <b>53</b> |
| 6.1      | Valores Admissíveis dos Parâmetros                  | 53        |
| 6.2      | Poluição nas Lagoas de Detenção                     | 53        |
| 6.3      | Análise Estatística dos Resultados                  | 59        |
| 6.3.1    | Temperatura do ar e da água                         | 59        |
| 6.3.2    | pH  | 61        |
| 6.3.3    | Transparência, Turbidez e Sólidos Suspensos Totais  | 62        |
| 6.3.4    | Sólidos Suspensos Fixos e Voláteis                  | 67        |
| 6.3.5    | Coliformes Totais e Termotolerantes                 | 70        |
| 6.3.6    | Cor verdadeira                                      | 74        |
| 6.3.7    | DQO e DBO <sub>5</sub>                              | 76        |
| 6.3.8    | Fósforo total                                       | 79        |
| 6.3.9    | Sólidos Dissolvidos Totais e Condutividade Elétrica | 81        |
| 6.3.10   | Oxigênio Dissolvido                                 | 86        |
| 6.3.11   | Descarga da fábrica <i>Coca-cola</i>                | 88        |
| 6.3.12   | Descarga da macrodrenagem                           | 89        |
| 6.3.13   | Nitrogênio amoniacal e Nitrito                      | 90        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 6.3.14 Cloreto                      | 92  |
| 6.4 Índice de Estado Tráfico        | 94  |
| 6.5 Discussão                       | 97  |
| <b>7 CONCLUSÕES</b>                 | 104 |
| <b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> | 108 |
| <b>9 ANEXOS</b>                     | 116 |

## LISTA DE FIGURAS

|            |   |   |    |
|------------|---|---|----|
| Figura 1   | - | Localização das lagoas de detenção da Bacia do Tabuleiro na cidade de Maceió  | 22 |
| Figura 2   | - | Mapa de Maceió, com destaque para a área da Bacia do Tabuleiro  | 23 |
| Figura 3   | - | Mapa de Clima de Alagoas  | 25 |
| Figura 4   | - | Variação sazonal da temperatura média   | 26 |
| Figura 5   | - | Variação sazonal da evaporação média  | 26 |
| Figura 6   | - | Variação sazonal da umidade relativa do ar média  | 27 |
| Figura 7   | - | Variação sazonal da insolação média   | 28 |
| Figura 8   | - | Mapa de precipitação na região de estudo  | 28 |
| Figura 9   | - | Médias climatológicas históricas de Maceió  | 29 |
| Figura 10  | - | Distribuição Diária das Precipitações no mês de junho/2007  | 30 |
| Figura 11  | - | Distribuição Diária das Precipitações no mês de julho/2007  | 30 |
| Figura 12  | - | Distribuição Diária das Precipitações no mês de agosto/2007   | 31 |
| Figura 13  | - | Distribuição Diária das Precipitações no mês de setembro/2007   | 31 |
| Figura 14  | - | Distribuição Diária das Precipitações no mês de outubro/2007  | 32 |
| Figura 15  | - | Distribuição Diária das Precipitações no mês de novembro/2007   | 32 |
| Figura 16  | - | Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Tabuleiro  | 33 |
| Figura 17  | - | Curvas de nível na Bacia do Tabuleiro, com indicação da área onde está instalado o Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante | 34 |
| Figura 18  | - | Localização das lagoas de detenção e da descarga da Macrodrenagem do Tabuleiro em áreas de cota mais baixa no terreno             | 37 |
| Figura 19  | - | Relação de distância (comprimento cartográfico) entre as lagoas estudadas e o ponto de descarga na bacia do rio Jacarecica        | 38 |
| Figura 20a | - | Indicação da embarcação durante coleta no ponto 1 da lagoa 1, no dia 11 de junho de 2007  | 39 |
| Figura 20b | - | Indicação da embarcação durante coleta no ponto 2 da lagoa 1, no dia 11 de junho de 2007  | 39 |

|            |   |   |    |
|------------|---|---|----|
| Figura 21  | - | Indicação da embarcação durante coleta no ponto 3 da lagoa 1, no dia 11 de junho de 2007  | 39 |
| Figura 22a | - | Lagoa 2 completamente coberta com vegetação   | 41 |
| Figura 22b | - | Córrego em direção à tubulação de descarga interligada a lagoa 3, sendo este o local de coleta de água  | 41 |
| Figura 23a | - | Visão geral da vegetação na lagoa 3   | 42 |
| Figura 23b | - | Areia empilhada na lagoa 3  | 42 |
| Figura 24a | - | Água canalizada escoando da lagoa 1 para a lagoa 3  | 43 |
| Figura 24b | - | Água canalizada escoando da lagoa 1 para a lagoa 3  | 43 |
| Figura 25  | - | Tubulação de descarga na lagoa 3, com água proveniente da lagoa 2   | 43 |
| Figura 26a | - | Canal na lagoa 3 com escoamento de água direcionado para a entrada do túnel interligado à localidade denominada Grota da Alegria, situada próximo ao rio Jacarecica | 44 |
| Figura 26b | - | Visão aproximada da entrada de água no túnel construído para transpor as águas da bacia do Tabuleiro para o rio Jacarecica  | 44 |
| Figura 27a | - | Descarga das águas provenientes da bacia do Tabuleiro do Martins  | 46 |
| Figura 27b | - | Córrego na bacia do rio Jacarecica, com a água proveniente da lagoa 3 (local da coleta de água)   | 46 |
| Figura 28  | - | Indicação dos pontos de amostragem em relação às coordenadas geográficas  | 48 |
| Figura 29a | - | Grande quantidade de lixo nas margens da lagoa 1, em 17 de agosto de 2007   | 55 |
| Figura 29b | - | Grande quantidade de lixo nas margens da lagoa 1, em 17 de agosto de 2007   | 55 |
| Figura 30a | - | Descarga de esgoto em tubulação situada na região sudoeste da lagoa 1, em 31 de outubro de 2007   | 55 |
| Figura 30b | - | Descarga de esgoto em tubulação situada na região sudoeste da lagoa 1, em 31 de outubro de 2007   | 55 |
| Figura 31a | - | Turbidez da água na lagoa 1, em 17 de agosto de 2007  | 56 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 31b | - Tubulação para descarga de efluentes na lagoa 1, situada a oeste desta  | 56 |
| Figura 32a | - Indicação da tubulação de descarga da fábrica <i>Coca-cola</i> , em 3 de agosto de 2007   | 56 |
| Figura 32b | - Por outro ângulo, tubulação de descarga da fábrica <i>Coca-cola</i> e plantas aquáticas cobrindo o espelho d'água da lagoa 1, em 17 de agosto de 2007   | 56 |
| Figura 33a | - Descarga de águas residuárias da fábrica <i>Coca-cola</i> , no dia 17 de agosto de 2007   | 57 |
| Figura 33b | - Descarga de águas residuárias da fábrica <i>Coca-cola</i> , no dia 31 de agosto de 2007   | 57 |
| Figura 34  | - Vegetação cobrindo toda a superfície da lagoa 2, no dia 27 de junho de 2007   | 57 |
| Figura 35a | - Vegetação cobrindo o espelho d'água da lagoa 3  | 58 |
| Figura 35b | - Pilhas de areia nas margens do canal de descarga da lagoa 3   | 58 |
| Figura 36  | - Lixo obstruindo uma das tubulações de captação de água da lagoa 3, em julho de 2007   | 58 |
| Figura 37  | - Dois pontos de despejo de água na lagoa 3   | 59 |
| Figura 38  | - Temperatura do ar (°C) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta  | 60 |
| Figura 39  | - Temperatura da água (°C) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta  | 60 |
| Figura 40  | - pH da água ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta, bem como o limite recomendado pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000 | 62 |
| Figura 41  | - Profundidade <i>Secchi</i> (cm) ao longo do período de amostragem nos pontos de coleta 1, 2 e 3 da lagoa 1  | 63 |
| Figura 42  | - Turbidez da água (uT) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta   | 64 |
| Figura 43  | - Diagramas de caixa comparativos de turbidez (uT) nos locais de coleta   | 65 |
| Figura 44  | - SST (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta  | 66 |



|           |   |  |    |
|-----------|---|--|----|
| Figura 45 | - | Diagramas de caixa comparativos de sólidos suspensos totais (mg/L) nos locais de coleta                                    | 67 |
| Figura 46 | - | SSF (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta   | 68 |
| Figura 47 | - | SSV (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta   | 69 |
| Figura 48 | - | Diagramas de caixa comparativos de sólidos suspensos fixos (mg/L) nos locais de coleta                                     | 69 |
| Figura 49 | - | Diagramas de caixa comparativos de sólidos suspensos voláteis (mg/L) nos locais de coleta                                  | 70 |
| Figura 50 | - | Coliformes totais [Log(N° de organismos/100mL)] ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta          | 71 |
| Figura 51 | - | Diagramas de caixa comparativos de coliformes totais (NMP/100mLx10 <sup>3</sup> ) nos locais de coleta                     | 72 |
| Figura 52 | - | Coliformes termotolerantes [Log(N° de organismos/100mL)] ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta | 72 |
| Figura 53 | - | Diagramas de caixa comparativos de coliformes termotolerantes (NMP/100mLx10 <sup>3</sup> ) nos locais de coleta            | 73 |
| Figura 54 | - | Coliformes termotolerantes [Log(N° de organismos/100mL)] ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta | 74 |
| Figura 55 | - | Cor verdadeira (mg PtCo/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta                               | 75 |
| Figura 56 | - | Diagramas de caixa comparativos da cor verdadeira (mg PtCo/L) nos locais de coleta   | 76 |
| Figura 57 | - | DQO (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta   | 77 |
| Figura 58 | - | DBO <sub>5</sub> (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta                                  | 78 |
| Figura 59 | - | Diagramas de caixa comparativos da DQO (mg/L) nos locais de coleta   | 78 |
| Figura 60 | - | Diagramas de caixa comparativos da DBO <sub>5</sub> (mg/L) nos locais de coleta  | 79 |
| Figura 61 | - | Fósforo (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta   | 80 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 62 | - Diagramas de caixa comparativos de fósforo total (mg/L) nos locais de coleta  | 80 |
| Figura 63 | - SDT (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta, bem como linha horizontal indicando o valor máximo recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 | 81 |
| Figura 64 | - Diagramas de caixa comparativos de SDT (mg/L) nos locais de coleta  | 82 |
| Figura 65 | - Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta   | 83 |
| Figura 66 | - Diagramas de caixa comparativos de condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos locais de coleta   | 84 |
| Figura 67 | - Relação entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais na lagoa 1  | 85 |
| Figura 68 | - Relação entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais na lagoa 3  | 86 |
| Figura 69 | - Oxigênio dissolvido (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta  | 87 |
| Figura 70 | - Diagramas de caixa comparativos de oxigênio dissolvido (mg/L) nos locais de coleta  | 88 |
| Figura 71 | - Vazão efluente da fábrica de refrigerantes da <i>Coca-cola</i> na lagoa 1 ao longo do período de amostragem   | 89 |
| Figura 72 | - Vazão da macrodrenagem, efluente da lagoa 3   | 90 |
| Figura 73 | - Amônia (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta   | 91 |
| Figura 74 | - Diagramas de caixa comparativos de amônia (mg/L) nos locais de coleta   | 91 |
| Figura 75 | - Cloreto (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta  | 93 |
| Figura 76 | - Diagramas de caixa comparativos de cloreto (mg/L) nos locais de coleta  | 93 |
| Figura 77 | - Índice do Estado Trófico do fósforo total   | 94 |
| Figura 78 | - Índice do Estado Trófico determinado com o disco de <i>Secchi</i>   | 95 |

Figura 79 - IETmédio da média ponderada entre a profundidade de *Secchi* e o fósforo total 96

## LISTA DE TABELAS

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Tabela 1  | - População dos bairros que possuem território na bacia do Tabuleiro do Martins.   | 24  |
| Tabela 2  | - Resumo da lagoa 1  | 39  |
| Tabela 3  | - Resumo da lagoa 2  | 40  |
| Tabela 4  | - Resumo da lagoa 3  | 42  |
| Tabela 5  | - Localização dos pontos de amostragem   | 48  |
| Tabela 6  | - Metodologia utilizada na obtenção das variáveis limnológicas   | 52  |
| Tabela 7  | - Valores admissíveis dos parâmetros analíticos determinados   | 54  |
| Tabela 8  | - Valores mínimos e máximos das temperaturas do ar e da água nos diferentes locais de coleta   | 60  |
| Tabela 9  | - Média e desvio padrão da turbidez nos diferentes locais de coleta  | 63  |
| Tabela 10 | - Média e desvio padrão dos sólidos suspensos totais, da turbidez e das medidas feitas com o disco de <i>Secchi</i> na lagoa 1                 | 67  |
| Tabela 11 | - Média e desvio padrão dos coliformes totais e termotolerantes  | 73  |
| Tabela 12 | - Média e desvio padrão dos sólidos dissolvidos totais e da condutividade na lagoa 1   | 82  |
| Tabela 13 | - Média e desvio padrão dos sólidos dissolvidos totais e da condutividade nas lagoas 2 e 3, bem como na DMD e DFCC                             | 83  |
| Tabela 14 | - Concentração de nitrito nas amostras da descarga da macrodrenagem  | 92  |
| Tabela 15 | - Estatística descritiva dos Índices de Estado Trófico   | 95  |
| Tabela 16 | - Valores mínimos, máximos e a média de oxigênio dissolvido, com indicação da classe correspondente, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 | 101 |
| Tabela 17 | - Valores médios do OD, DBO <sub>5</sub> , DQO e fósforo nas lagoas 1, 2 e 3, bem como na DMD  | 101 |
| Tabela 18 | - Resumo da classificação dos corpos hídricos estudados, considerando-se os valores médios dos parâmetros                                      | 103 |

## LISTA DE SIGLAS

|                  |   |  |
|------------------|---|--|
| ANR              | - | Análise Não Realizada  |
| C                | - | Conforme   |
| CEPRAM           | - | Conselho Estadual de Proteção Ambiental do Estado de Alagoas |
| CETESB           | - | Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental              |
| CONAMA           | - | Conselho Nacional de Meio Ambiente                           |
| CNR              | - | Coleta Não Realizada   |
| DBO <sub>5</sub> | - | Demanda Bioquímica de Oxigênio em cinco dias                 |
| DFCC             | - | Descarga na Fábrica <i>Coca-cola</i>                         |
| DMD              | - | Descarga da Macrodrenagem                                    |
| DS               | - | Disco de <i>Secchi</i>                                       |
| DQO              | - | Demanda Química de Oxigênio                                  |
| IET              | - | Índice de Estado Trófico                                     |
| IBGE             | - | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística              |
| ln               | - | Logaritmo neperiano  |
| MNR              | - | Medição Não Realizada  |
| NC               | - | Não conforme   |
| NMP              | - | Número Mais Provável   |
| NR               | - | Não referenciado   |
| OD               | - | Oxigênio Dissolvido  |
| pH               | - | Potencial Hidrogeniônico                                     |
| PT               | - | Fósforo Total  |
| SC               | - | Sem classificação  |
| SDT              | - | Sólidos Dissolvidos Totais                                   |
| SEINFRA          | - | Secretaria de Infra-estrutura de Alagoas                     |

|        |   |   |
|--------|---|---|
| SEMARH | - | Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos |
| SSF    | - | Sólidos Suspensos Fixos                                   |
| SSV    | - | Sólidos Suspensos Voláteis                                |
| SST    | - | Sólidos Suspensos Totais                                  |
| UFAL   | - | Universidade Federal de Alagoas                           |
| UNEP   | - | United Nations Environment Programme                      |
| uT     | - | Unidade de Turbidez                                       |

## LISTA DE SIMBOLOS

|                 |   |                     |
|-----------------|---|---------------------|
| Km <sup>2</sup> | - | Quilômetro quadrado |
| n°              | - | Número              |
| hab             | - | Habitante           |
| %               | - | Porcentagem         |
| mm              | - | Milímetro           |
| h               | - | Hora                |
| min             | - | Minuto              |
| C°              | - | Graus centígrados   |
| m <sup>3</sup>  | - | Metro cúbico        |
| s               | - | Segundo             |
| g               | - | Gramma              |
| μ               | - | Micro               |
| s               | - | Siemens             |
| cm              | - | Centímetro          |
| Pt              | - | Platina             |
| Co              | - | Cobalto             |
| N               | - | Nitrogênio          |
| Cl              | - | Cloro               |
| NH <sub>4</sub> | - | Amônia              |
| P               | - | Fósforo             |

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização descontrolada e não planejada na cidade de Maceió, modificou o uso do solo, causando problemas de infra-estrutura, como o aumento do escoamento superficial e a diminuição da infiltração no solo, que resultaram em freqüentes enchentes nessa cidade, principalmente na área mais baixa da bacia do Tabuleiro do Martins, onde está instalado o Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante, o que gerou impactos negativos, sobretudo os decorrentes da carga poluidora carregada pelo escoamento superficial.

Os resíduos sólidos gerados na cidade e os esgotos sem tratamento, passam a ser despejados, com as águas das chuvas, no sistema público de captação de águas pluviais, em razão da inexistência ou de serem precários os sistemas de coleta e de tratamento dos resíduos sólidos e líquidos, o que pode ser agravado pela existência de áreas em processos de erosão e assoreamento.

Objetivando atenuar os efeitos dos períodos chuvosos na cidade de Maceió foram desenvolvidos projetos de drenagem urbana, com destaque para a Macrodrenagem do Tabuleiro do Martins, composta por três bacias de detenção interligadas por canais, construídas para armazenar as águas resultantes do escoamento superficial, que são transpostas para o rio Jacarecica. As lagoas reduzem os efeitos negativos das vazões de pico dos hidrogramas de cheia, além de aumentar o tempo de transferência do volume de água precipitada para jusante.

Nas bacias de detenção da Macrodrenagem do Tabuleiro do Martins, são lançadas as águas da chuva sujeitas à poluição, bem como, são despejadas diretamente as águas residuárias de indústrias e esgotos de unidades habitacionais circunvizinhas, desprovidas de saneamento.

As lagoas de detenção, quando não tem mais a capacidade de reestabelecer o equilíbrio do ambiente aquático (autodepuração) após impactos decorrentes do lançamento de cargas poluidoras, passam a acumular águas poluídas, gerando prejuízos para o ecossistema aquático e para os usos múltiplos dos recursos hídricos nesses mananciais, bem como nos ambientes



que recebem águas efluentes das lagoas de retenção, que nesse caso são direcionadas para o rio Jacarecica.

O monitoramento é um processo essencial à implementação dos instrumentos de gestão das águas, pois permite a obtenção de informações estratégicas, acompanhamento das medidas efetivadas, atualização dos bancos de dados e o direcionamento das decisões. É imprescindível aos instrumentos de gestão uma sólida base de dados, sob pena de tentar-se gerenciar o que não se conhece (MAGALHÃES JR, 2000 *apud* FREIRE *et al.*, 2001).

As intervenções em bacias hidrográficas que caracterizam as ações sobre os recursos hídricos precisam fundamentalmente considerar o todo da unidade bacia hidrográfica, sob pena de essas intervenções simplesmente transferirem problemas de uma região para outras (ALCOFORADO; CIRILO, 2001). Ou seja, a constatação de poluição nas águas das lagoas da Macrodrenagem do Tabuleiro do Martins implicaria na transferência do problema para a bacia do rio Jacarecica, à jusante, comprometendo a vida de todos os seres vivos que dele dependem, incluindo-se a população ribeirinha que sobrevive da pesca e usa a água para outros fins domésticos.

O conhecimento da qualidade da água nas lagoas de retenção existentes na Bacia do Tabuleiro do Martins, pode ser efetivamente útil para gestão dos recursos hídricos, visto que pode subsidiar posteriores medidas de mitigação e controle dos impactos negativos sobre a qualidade da água armazenada nos corpos d'água estudados.

O conceito de Promoção de Saúde proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS), desde a Conferência de Ottawa, em 1986, é visto como o princípio orientador das ações de saúde em todo o mundo. Assim sendo, parte-se do pressuposto de que um dos mais importantes fatores determinantes da saúde são as condições ambientais (SENNA JÚNIOR, 2005).

No caso das lagoas, a necessidade de conhecer-se a magnitude e natureza dos impactos antrópicos negativos sobre a qualidade de suas águas torna-se ainda mais crucial e urgente, já que o regime lântico é propulsor de fenômenos como a eutrofização e salinização (FREIRE; PAULINO, 2001).

Os estudos realizados com relação à qualidade das águas pluviais são bem significativos nos países desenvolvidos. No Brasil, a preocupação maior é

dada à quantidade das águas, em razão das inundações causadas pela crescente aglomeração das grandes cidades, como também devido ao desconhecimento dos importantes poluentes que podem ser encontrados nessas águas (GOMES *et al.*, 2001). Segundo Esteves (1998), o reconhecimento da importância da água para a humanidade está proporcionando o aumento de publicações sobre o estudo de ambientes aquáticos no Brasil.

Estudos limnológicos podem fazer proposições para a eliminação de fontes poluidoras, contribuindo para a estabilidade do ecossistema e para a melhoria da qualidade da água utilizada pela população.

As freqüentes entradas de efluentes nos corpos d'água podem promover a extinção de alguns componentes dos ecossistemas aquáticos devido as suas fragilidades, pois sua distribuição espacial e temporal pode ser alterada em função da periodicidade das chuvas e de outros fenômenos que influenciam o ciclo hidrológico (GOMES; BICUDO, 2001). Logo, o conhecimento do ecossistema baseado em investigações sistemáticas de variáveis ambientais permite descrevê-lo, no que diz respeito a sua estrutura e funcionamento, podendo evidenciar as complexas interações entre os vários componentes de ecossistema (ESTEVES, 1998), bem como identificar a origem dos poluentes quando o ambiente se encontra fora dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental.

Portanto, o conhecimento das características da qualidade das águas das lagoas de retenção que compõem o sistema de Macrodrenagem da Bacia do Tabuleiro do Martins e que efluem para o rio Jacarecica é fundamental para a adoção de medidas que reduzam ou eliminam os impactos negativos que surgem não apenas nos rios e lagoas de retenção, mas também no solo e nas águas subterrâneas. Como também, poderá contribuir no aprofundamento da discussão do saneamento e dos problemas de saúde causados pelo impacto das doenças de veiculação hídrica.

Assim, no presente estudo é feito o diagnóstico básico sob os aspectos físicos, químicos e biológicos das águas e, conseqüentemente, do grau de poluição, sendo determinado a freqüência e duração da degradação da qualidade da água, quando possível.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo desse trabalho foi analisar a qualidade da água nas lagoas de retenção do sistema de drenagem da Bacia do Tabuleiro, para posterior avaliação dos impactos negativos gerados nessas lagoas e à jusante, em consequência da transposição das águas para o rio Jacarecica.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a qualidade da água nas lagoas de retenção da Bacia do Tabuleiro, estabelecendo relação entre o valor dos parâmetros determinados com o estabelecido pela legislação vigente;
- Avaliar as consequências da descarga no rio Jacarecica das águas captadas na macrodrenagem da Bacia do Tabuleiro;
- Subsidiar as decisões tomadas pelos gestores da Bacia do Tabuleiro, determinando os tipos necessários de ação para a manutenção da qualidade da água nos padrões adequados definidos por lei.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Poluição das Águas

Poluição é uma condição do entorno dos seres vivos (ar, água, solo) que lhes possa ser danosa (SANCHEZ, 2006).

A poluição das águas pode ser térmica, através da descarga de efluentes a altas temperaturas; física, caracterizada pela descarga de material em suspensão; biológica, que é a descarga de bactérias patogênicas e vírus; e poluição química, que pode ocorrer por deficiência de oxigênio, toxidez e eutrofização (ZAMPIERON, 2009).

O uso intenso da água e a poluição gerada contribuem para agravar a sua escassez, resultando na necessidade do acompanhamento das alterações da qualidade da água (BRAGA, 1999).

As fontes de poluentes da água são divididas em pontuais ou difusas. Cargas pontuais de poluentes são introduzidas por lançamentos facilmente identificáveis e individualizados, como os despejos de esgoto de uma indústria. Já os poluentes difusos são lançados de forma distribuída e não é fácil identificar como são produzidos, como no caso dos poluentes associados à drenagem pluvial urbana (GALILEU, 2009).

Segundo Von Sperling (1996) os principais fenômenos e agentes poluidores da água são os seguintes:

a) Fenômenos poluidores:

- Contaminação – introdução de substâncias que provocam alterações prejudiciais ao uso do ambiente aquático;
- Assoreamento – aporte de material mineral a um corpo d'água;
- Eutrofização – superfertilização do ambiente aquático em decorrência da presença de nutrientes;
- Acidificação – abaixamento do pH do meio;
- Alterações hidrológicas – retirada de água de rios.

b) Agentes poluidores:

- Matéria orgânica biodegradável;
- Sólidos em suspensão;
- Nutrientes;
- Patogênicos;
- Matéria orgânica não biodegradável (pesticidas e detergentes);
- Metais pesados.

Os lagos e reservatórios são muito vulneráveis à contaminação por escoamento ou descarga de nutrientes vegetais, petróleo, pesticidas e substâncias tóxicas por ser lenta a renovação e a troca de água, que pode levar de um a cem anos, em comparação com vários dias ou várias semanas, como ocorre em cursos de água (MILLER JR, 2005). Além disso, a diluição de poluentes em lagos e reservatórios é menos eficaz do que em cursos d'água.

As doenças infecciosas vinculadas a água são classificadas por Cairncross e Feachem (1983) em quatro grupos, conforme o mecanismo de transmissão:

- 1) doenças de transmissão hídrica: adquiridas pela ingestão de água contaminada por organismos patogênicos;
- 2) doenças relacionadas com a higiene pessoal e doméstica: quando a quantidade de água é mais importante que a qualidade;
- 3) doenças adquiridas pelo contato com água que contém hospedeiros aquáticos: quando o patogênico passa parte de seu ciclo de vida na água, em hospedeiros aquáticos;
- 4) doenças transmitidas por insetos vetores: adquiridas pela picada de insetos infectados que se reproduzem na água ou vivem próximos a coleções de água.

Já de acordo com Hespanhol (2006), o modo de propagação das doenças infecciosas associadas à água é classificado em quatro categorias básicas:

- a) com suporte na água: organismos patogênicos carregados na água que é consumida por uma pessoa ou animal, causando infecção. Exemplo: cólera e febre tifóide;
- b) associada à higiene: infecções causadas por falta de água e de melhores hábitos de higiene. Exemplo: sarna, tracoma e desintéria bacilar (*Shigella spp.*);
- c) de contato com a água ou com base na água: infecções transmitidas por animal invertebrado aquático que vive na água ou que passa uma parte de seu ciclo de vida em moluscos aquáticos ou outros animais aquáticos. Exemplo: esquistossomose;
- d) associadas a vetores desenvolvidos na água: infecções transmitidas por organismos patogênicos, através de insetos desenvolvidos na água ou que picam nas proximidades da água. Exemplo: malária, febre amarela e dengue.

### **3.2 Parâmetros de qualidade das águas**

O grau de poluição das águas é medido através de características físicas, químicas e biológicas, que são identificadas por parâmetros de qualidade físicos, químicos e biológicos. A seguir são listados parâmetros usualmente analisados em águas de lagoas e reservatórios:

- a) Parâmetros físicos: temperatura da água e do ar, cor verdadeira, turbidez, transparência e sólidos;
- b) Parâmetros químicos: pH, condutividade, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrito, fósforo e cloreto.
- c) Parâmetros biológicos: bactérias coliformes.

A avaliação da qualidade de uma água deve ser feita considerando-se os diversos parâmetros apresentados, que devem ser agrupados de forma a

contemplar as características mais relevantes da qualidade da água, conforme mostrado abaixo, segundo Von Sperling (1996):

- Grau de mineralização:
  - Condutividade, alcalinidade e dureza;
- Poluição orgânica:
  - Demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), oxigênio dissolvido e amônia;
- Presença de nutrientes:
  - Nitrogênio e fósforo;
- Presença de poluentes significativos:
  - Metais pesados, detergentes, pesticidas, compostos organossintéticos;
- Contaminação fecal:
  - Bactérias coliformes;
- Aspecto físico:
  - Série de sólidos, cor e turbidez;
- Padrão de circulação:
  - Temperatura e oxigênio dissolvido.

Segundo Peláez-Rodríguez (2001) as características dos parâmetros físico-químicos considerados nesse estudo podem ser:

- Variáveis que indicam o balanço mineral:
  - Condutividade, turbidez, material inorgânico dissolvido, material inorgânico dissolvido e cloreto;
- Variáveis que caracterizam a quantidade de matéria orgânica:
  - Demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e sólidos orgânicos em suspensão;
- Variáveis indicadoras de eutrofização:
  - Nitrogênio amoniacal, nitrito e fósforo total;
- Outras variáveis:
  - Temperatura, pH e oxigênio dissolvido.

As características físicas, químicas e biológicas da água são as seguintes, segundo Piveli e Kato (2005):

- Aspectos estéticos - cor e turbidez em excesso, odor e sabor objetáveis, presença de sólidos em suspensão ou material flutuante sólido ou líquido (óleos) visíveis;
- Aspectos fisiológicos ou organolépticos - sais dissolvidos e outros constituintes microbiológicos (bactérias e algas) e químicos, inorgânicos e orgânicos, que conferem a água características como excessiva salinidade, patogenicidade, toxicidade ou riscos à saúde quando ingeridos;
- Aspectos ecológicos - pH, temperatura, matéria orgânica biodegradável, oxigênio dissolvido, nitrogênio e fósforo, importantes para a sustentação e equilíbrio da comunidade aquática;
- Aspectos econômicos - dureza em excesso (presença de cálcio e magnésio), que provoca incrustações em instalações e tubulações; excesso de boro e alumínio, que inviabilizam o uso da água para irrigação de diversas culturas e causam esterilidade e salinização dos solos; e águas agressivas, que provocam corrosão de tubulações e equipamentos.

As finalidades de utilização dos parâmetros avaliados são esclarecidas a seguir:

### 3.2.1 Parâmetros físicos:

#### a) Temperatura da água

Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam em geral temperaturas na faixa de 20 a 30°C, que exercem influência na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias (VON SPERLING, 1996).



Os corpos de água naturais sofrem variações de temperatura sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, diminui a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura.

O retardamento ou aceleração da atividade biológica, o crescimento e reprodução dos peixes e plantas, a absorção de oxigênio e a precipitação de compostos, são exemplos da influência do aumento da temperatura.

#### b) Cor verdadeira

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico, como os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos.

Segundo Di Bernardo (2002), a cor verdadeira é medida com o sobrenadante de amostra de água filtrada com membrana de 0,45 µm, pois com a amostra em seu estado natural ocorre a interferência de microorganismos e de partículas coloidais e suspensas, que determinam a cor aparente da água.

#### c) Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, decorrente da presença de materiais em suspensão, finamente divididos ou em estado coloidal e de organismos microscópicos (BRAGA *et al.*, 2005)

A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação aquática, afetando o desenvolvimento de plantas, prejudica a condição estética da água e pode aumentar a proteção física de microorganismos, diminuindo a eficiência de tratamentos.

#### d) Sólidos

Os sólidos podem ser originados de processos erosivos por ação da chuva, organismos, detritos, além do lançamento de lixo e esgoto no corpo d'água. A presença de sólidos na água eleva a turbidez, o que dificulta a entrada de luz no meio líquido.

Quanto ao tamanho os sólidos são classificados em suspensão e dissolvidos e com relação à natureza em fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos. A seguir são definidos os tipos de sólidos:

- Sólidos em Suspensão: material particulado não dissolvido, encontrado suspenso no corpo d'água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas. Segundo Davies-Colley *et al.* (1992), os sólidos suspensos são os mais importantes poluentes de águas doces, pois além da degradação estética do corpo d'água, ocorre o impacto ecológico, tendo em vista que a redução da penetração da luz no ambiente aquático afeta a produção de alimentos e a estrutura respiratória da biota;
- Sólidos Orgânicos Dissolvidos: resultam da decomposição de matéria vegetal, principalmente os ácidos húmico e fúlvico, e da agricultura, do fabrico de papel, bem como de resíduos domésticos e industriais;
- Sólidos Inorgânicos Dissolvidos: incluem sais causadores de dureza derivados de estratos rochosos. Os bicarbonatos de cálcio e magnésio dão origem a dureza temporária, enquanto os sulfatos e cloretos provocam dureza permanente;
- Sólidos Suspensos voláteis: representam a estimativa da matéria orgânica nos sólidos (SPERLING, 1996);
- Sólidos Suspensos fixos: representam a matéria inorgânica ou mineral (SPERLING, 1996).

Os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática quando se sedimentam no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem

alimentos ou os leitos de desova de peixes, podendo, ainda, reter bactérias e resíduos orgânicos, promovendo decomposição anaeróbia.

### 3.2.2 Parâmetros químicos:

#### a) pH

O pH (potencial hidrogeniônico) é usado para expressar o grau de acidez ou basicidade do meio líquido, através da determinação da concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ). A escala de pH é constituída de números que abrangem a faixa de 0 a 14. Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam condições ácidas, enquanto valores de 7 a 14 indicam condições alcalinas.

Mudanças do valor do pH na água podem ser de origem natural, através da dissolução de rochas e da fotossíntese, ou antropogênica, com despejos domésticos e industriais. O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de compostos químicos, além de alterar o grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (VON SPERLING, 1996).

Segundo Wetzel (1983) o pH é importante para as comunidades aquáticas por determinar a forma de carbonato inorgânico disponível para a fotossíntese.

Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

#### b) Condutividade

Condutividade é a capacidade de uma substância em conduzir corrente elétrica, sendo expressa em microSiemens por centímetro ( $\mu S/cm$ ) e é usada como medida da qualidade da água não tratada ou de grau primário.

A condutividade elétrica de uma solução é dependente da temperatura, pois aumenta cerca de 2% a cada  $^{\circ}C$ , e do pH. Um corpo d'água rico em compostos húmicos e com pH baixo pode apresentar altos valores de condutividade elétrica da água sem apresentar concentrações adequadas de

íons importantes (ESTEVES, 1998).

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e permite estimar a quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes na água (DI BERNARDO, 2002).

Os valores de condutividade elétrica podem oferecer as seguintes informações (ESTEVES, 1988):

- a) magnitude da concentração iônica;
- b) processos importantes nos ecossistemas aquáticos, como a produção primária (redução dos valores) e decomposição (aumento dos valores);
- c) ajudam a detectar fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos;
- d) auxiliam a avaliação das diferenças geoquímicas nos afluentes do rio principal ou de um lago.

Segundo Von Sperling (1996), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### c) Oxigênio dissolvido (OD)

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como poluição orgânica e eutrofização, pois as águas poluídas apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido. Segundo Senna Júnior (2005), durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio.

Para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio de 2 a 5 mg/L, de acordo com o grau de exigência de cada organismo (VON SPERLING, 1996). Em geral, ao nível do mar e à temperatura de 20°C, a concentração de saturação é de 9.2 mg/l.

Esteves (1998) afirma que o efeito da concentração de matéria

orgânica sobre a dinâmica de oxigênio em lagos rasos se manifesta, periodicamente, durante os períodos de chuvas ou, eventualmente, por ocasião de fortes ventos e/ou chuvas frias, fortes e duradouras.

#### d) Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO)

Os corpos d'água normalmente são habitados por muitos tipos de bactérias que se alimentam de matéria orgânica, e que são responsáveis pelo consumo de toda a carga poluidora que lhe é lançada, sendo assim as principais responsáveis pela autodepuração da água.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é medida, em geral, em miligramas por litro (mg/l), durante um período de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C, no processo de estabilização da matéria orgânica carbonácea biodegradável presente em 1 litro de esgoto. Por ser determinada nesse tempo, é indicada pela sigla DBO<sub>5</sub>.

Segundo Sperling (1996), a DBO retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar a matéria orgânica carbonácea, através de processos bioquímicos, indicando, indiretamente a quantidade de carbono orgânico biodegradável. Os esgotos domésticos possuem uma DBO<sub>5</sub> em torno de 300 mg/l.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (SENNÁ JÚNIOR, 2005).

#### e) Demanda Química do Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, obtida através do agente químico dicromato de potássio em meio ácido. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, pois este parâmetro mede apenas a fração biodegradável, enquanto aquele não diferencia a matéria orgânica biodegradável da matéria orgânica não-

biodegradável. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

Sperling (1996) mostra que para uma relação baixa DQO/DBO a fração biodegradável é alta e, sendo esta relação elevada, a fração inerte (não biodegradável) também é elevada.

Para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO<sub>5</sub> varia em torno de 1,7 a 2,4. Já para os esgotos industriais essa relação pode variar amplamente. Sendo o efluente resultante de tratamento biológico, a referida relação geralmente é superior a 3,0 (SPERLING, 1996).

f) Compostos de Nitrogênio (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico)

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago (ESTEVES, 1998). Já a principal fonte antropogênica dos composto de nitrogênio na água são os esgotos sanitários, pois lançam nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela uréia na água. Os efluentes industriais também contribuem com a descarga de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

Apesar dos ecossistemas terrestres serem vulneráveis ao excesso de nitrogênio, os sistemas aquáticos são os que mais sofrem, porque são os receptores finais do excedente do nitrogênio (LIMA, 2008).

Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Caso as análises de uma amostra de água de um rio poluído demonstrarem predominância das formas reduzidas (nitrogênio orgânico e amoniacal), significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes.

Os compostos de nitrogênio quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com outros nutrientes, provocam a fertilização do meio, possibilitando o crescimento dos seres vivos que os utilizam, resultando no tipo

de poluição denominada eutrofização.

- Amônia (nitrogênio amoniacal)

A amônia pode acumular-se ou transformar-se em nitrito e/ou nitrato pela ação de bactérias aeróbias (nitrificação). O processo inverso, desnitrificação, também é possível quando ocorre a redução dos nitratos à amônia ou até a nitrogênio via ações microbianas e sob certas condições físico-químicas.

A menor concentração de nitrogênio amoniacal permitida em relação a um maior valor de pH (CONAMA, 2005), ocorre devido à predominância do gás amoníaco em relação ao íon amônio, quando valores elevados de pH são observados, existindo ainda a possibilidade de demanda de oxigênio dissolvido do meio para a nitrificação.

A forma não ionizada da amônia mesmo em baixas concentrações pode afetar o sistema nervoso central dos peixes, reduzindo sua capacidade de consumir oxigênio. Muitas espécies de peixes não suportam concentrações acima de 5 mg/L.

- Nitrogênio Total *Kjeldahl* (NTK)

O nitrogênio Total *Kjeldahl* é a soma do nitrogênio orgânico com o nitrogênio em forma de amônia, tratando-se da forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos, razão pela qual é um importante parâmetro químico de qualidade das águas (SPERLING, 1996).

- Nitrato

Os nitratos são uma das maiores fontes naturais de íons na água (DI BERNARDO, 2002). Muitas bactérias em condições anaeróbicas são capazes de utilizar nitrato como aceptor de hidrogênio, utilizando-o como “transportador de oxigênio”, reduzindo-o a nitrogênio molecular ou amônia, o que possibilita as bactérias oxidarem o substrato mesmo na ausência de oxigênio molecular (ESTEVES, 1998).

Segundo Lima (2008), o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) possui grande mobilidade, o

que possibilita a sua remoção das camadas superiores do solo para a água subterrânea. O nitrato também tem ação na produção de nitrosaminas no estômago do homem, que são substâncias tidas como sendo cancerígenas.

- Nitrito

O nitrito é formado durante a decomposição da matéria orgânica. Em águas superficiais a presença de nitritos pode indicar a decomposição parcial de matéria orgânica, descarga excessiva oriunda de estação de tratamento de água ou poluição industrial.

Esteves (1998) afirma que a concentração de nitrito em lagos é baixa, quando comparada com as concentrações de nitrogênio amoniacal e de nitrato, assumindo valores significativos apenas em lagos poluídos. O nitrito representa a fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e o nitrato (forma mais oxidada), que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

Segundo Lima (2008), no organismo humano o nitrato se converte em nitrito que, por sua vez, combina-se com a hemoglobina para formar metemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio no sangue, podendo causar, principalmente em crianças e idosos, cianose intensa (metahemoglobinemia), e levar à morte.

g) Fósforo

O fósforo é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento das plantas aquáticas. Segundo Sperling (1996) a presença do fósforo na natureza está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas).

Formas que pode ser encontrado na natureza, segundo Von Sperling (1996):

Orgânico:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{solúvel (matéria orgânica dissolvida)} \\ \text{particulado (biomassa de microorganismos).} \end{array} \right.$



Inorgânico:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{solúvel (sais de fósforo)} \\ \text{particulado (compostos minerais, como apatita)}. \end{array} \right.$

O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos. É o principal fator limitante da produtividade de ambientes aquáticos (ESTEVES, 1998). Concentrações elevadas de fósforo podem contribuir para a proliferação de algas e acelerar o processo de eutrofização. Em águas naturais não poluídas as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 a 0,05 mg/L (VON SPERLING, 1996).

#### h) Cloreto

As descargas de esgotos sanitários são fontes importantes de cloreto. Cada pessoa expele através da urina cerca 6g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L. Segundo Esteves (1998), o íon cloreto no meio aquático dificilmente atua como fator limitante, tendo como principal função a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extra celulares.

Teores elevados de cloretos conferem sabor salino às águas, podendo interferir na coagulação, sendo prejudicial a pessoas portadoras de moléstia cardíaca ou renal, quando as concentrações forem elevadas (DI BERNARDO, 2002). Os níveis de cloretos podem afetar, ainda, a saúde dos peixes quando usados no tratamento para prevenir a toxicidade do nitrito.

### 3.2.3 Parâmetros biológicos:

#### a) Bactérias Coliformes

A quantidade de bactérias do grupo coliforme presente na água é considerado o critério mais importante na avaliação da qualidade da água, quanto a contaminação de origem fecal (FELLENBERG, 1980). Esses organismos sendo do grupo *Escherichia Coli*, habitam exclusivamente o intestino humano e de animais de sangue quente.

Os coliformes representam 1/3 a 1/5 do peso das fezes humanas, possuindo resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais (SPERLING, 1996). As bactérias coliformes termotolerantes podem crescer em meio contendo agentes tensoativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° a 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído (C ONAMA, 2005).

Os coliformes termotolerantes são indicadores de organismos originários do trato intestinal humano e de animais, enquanto o grupo de coliformes totais pode ser encontrado em amostras de águas e solo poluídos e não poluídos, bem como em fezes humanas e de animais de sangue quente (SPERLING, 1996).

### 3.3 Estado Trófico das Lagoas

A Eutrofização é um processo natural e lento que pode ser acelerado por ações antrópicas na bacia contribuinte, tais como descargas de efluentes domésticos, descargas industriais e atividades agrícolas, que, segundo Esteves (1998) causa profundas mudanças qualitativas e quantitativas no meio aquático e aumento da produtividade.

O aumento da concentração de nutrientes implica no aumento da densidade de algas, no surgimento de novas espécies e no desaparecimento de outras. Nos meses mais quentes do ano, os lagos eutrofizados artificialmente apresentam altas densidades populacionais de algas, sobretudo as algas azuis (cianofíceas) dos gêneros *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Anabaena* e *Aphanizomenon* (CARVALHO, 2004).

Os efeitos da eutrofização são mostrados a seguir, conforme UNEP-ILEC (2001) *apud* Pedrosa (2008):

- Anóxia (ausência de oxigênio dissolvido), que causa a morte de peixes e de invertebrados e também resulta na liberação de gases tóxicos com odores desagradáveis;
- Florescimento de algas e crescimento incontrolável de outras plantas aquáticas;

- Produção de substâncias tóxicas por algumas espécies de cianofíceas;
- Altas concentrações de matéria orgânica, as quais, tratadas com cloro, podem criar compostos carcinogênicos;
- Deterioração do valor recreativo de um lago ou de um reservatório devido à diminuição da transparência da água;
- Acesso restrito à pesca e a atividades recreativas devido ao acúmulo de plantas aquáticas;
- Menor número de espécies e diversidade de plantas e animais (biodiversidade);
- Alterações na composição de espécies daquelas mais importantes para as menos importantes (em termos econômicos e valor protéico);
- Depleção de oxigênio, particularmente nas camadas mais profundas, durante o outono em lagos e reservatórios de regiões temperadas;
- Diminuição da produção de peixes causada por depleção significativa de oxigênio na coluna de água e nas camadas mais profundas de lagos e reservatórios.

Leal (2006) afirma que a tipologia de lagos a partir do estado trófico é feita com base em vários parâmetros concomitantemente, como por exemplo: produção primária do fitoplâncton, concentração de clorofila, concentração de nutrientes, biomassa e diversidade do plâncton e concentração de matéria orgânica do sedimento. Considera ainda, que o mais utilizado Índice de Estado Trófico (IET) para estimar o estado trófico dos sistemas aquáticos lacustres é o proposto por Carlson (1977), que foi modificado por Toledo Jr. (1983), por ter sido inicialmente aplicado para lagos temperados. Este índice relaciona as concentrações de fósforo total, clorofila a, ortofosfato e a profundidade do disco de *Secchi*. As equações de Carlson são mostradas a seguir:

$$\text{IET (DS)} = 10\left(6 - \frac{0,64 + \ln\text{DS}}{\ln 2}\right) \quad (1)$$

$$\text{IET (PT)} = 10\left(6 - \frac{\ln(80,32/\text{PT})}{\ln 2}\right) \quad (2)$$

### 3.4 Legislação Ambiental Incidente

A seguir são listadas as resoluções e decretos que serviram de referência para o estudo dos parâmetros determinados em campo e no laboratório.

- Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº 274/2000, que dispõe sobre os critérios de balneabilidade das águas brasileiras;
- Decreto Estadual nº 6200/1985 (Anexo B), que estabelece padrões de emissão para os efluentes líquidos industriais no Estado de Alagoas;
- Decreto Estadual nº 3766/1978 (Anexo C), que enquadra os cursos d'água do Estado de Alagoas na classificação estabelecida pela Portaria nº GM-0013 de 15 de janeiro de 1976 do Ministério do Interior, estabelecendo, para o rio Jacarecica, a classe 1 (art. 2º);
- Resolução Normativa do CEPRAM nº 033/1982, que aprovou o projeto de drenagem das águas pluviais do conjunto Salvador Lyra, com destinação ao vale do rio Jacarecica, bem como a pavimentação e drenagem superficial de águas pluviais do conjunto (inciso IV) e determinou que fossem efetivadas providências no sentido da imediata recuperação das fossas do conjunto e corrigido o lançamento das águas servidas nas galerias de água pluvial (inciso V).

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Aspectos Gerais

O Estado de Alagoas está situado na região Nordeste do Brasil, conforme mostra a figura 1, limitando-se ao norte com o Estado de Pernambuco, ao sul com Sergipe, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com os Estados de Pernambuco e Bahia. Possui 27.767,66 Km<sup>2</sup> de área, tendo como capital a cidade de Maceió, localizada entre as latitudes 9°34'05" S e 9°45' 05" S, com área de 510,65 Km<sup>2</sup> e população atual estimada em 797.759 habitantes (IBGE, 2009c).



FIGURA 1 – Localização das lagoas de detenção da Bacia do Tabuleiro na cidade de Maceió.

A bacia do Tabuleiro do Martins está localizada a noroeste do município de Maceió e engloba, total ou parcialmente, oito bairros, quais sejam: Amélia Rosa, Antares, Benedito Bentes, Cidade Universitária, Clima Bom, Santa Lúcia, Santos Dumont e Tabuleiro do Martins. A figura 2 mostra os bairros que compõem a cidade de Maceió, com destaque para os que têm o seu território, no todo ou em parte, na bacia do Tabuleiro do Martins.

Segundo Peplau (2005), a área dessa bacia é de aproximadamente 50 Km<sup>2</sup>, com cotas variando de 115m no norte–noroeste e menos de 70 metros na parte mais baixa. As características físicas da área da bacia a definem como endorreica, pois as águas se acumulam no seu interior. A vegetação se enquadra na categoria da Floresta Tropical Chuvosa.

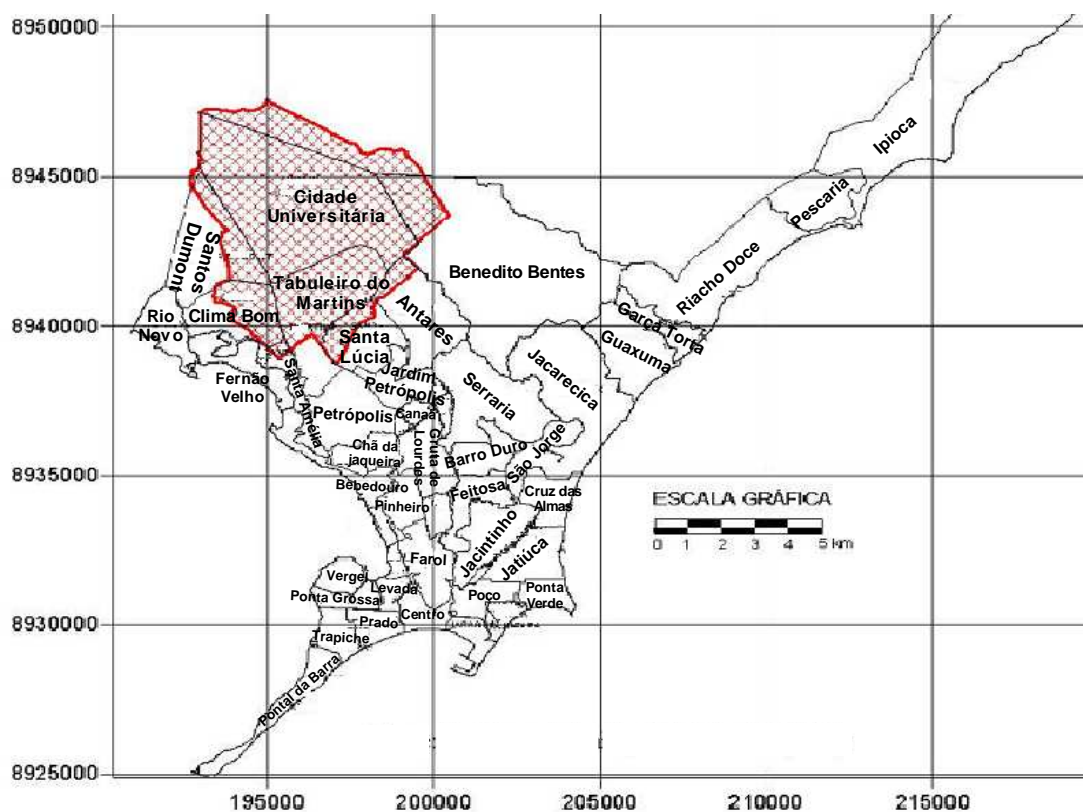


Figura 2 – Mapa de Maceió, com destaque para a área da Bacia do Tabuleiro. Fonte: adaptado de FERREIRA NETO, 2005 *apud* SOUZA, 2006.

A partir de 2000, quando ocorreu o abairramento da zona urbana, respaldado na Lei nº 4.952 (MACEIÓ, 2000), a cidade de Maceió passou a ser composta por 49 bairros. Até então, tudo que existia na parte alta da cidade era chamado de Tabuleiro do Martins, que incorporava o bairro Benedito Bentes, atualmente o de maior área territorial de Maceió.

De acordo com O Jornal (2009b), nessa bacia existem três bairros entre os cinco primeiros no quesito tamanho: Benedito Bentes (24.627 Km<sup>2</sup>),

Cidade Universitária (20.383 Km<sup>2</sup>) e Tabuleiro do Martins (8.568 Km<sup>2</sup>). A população referente a cada bairro é mostrada na tabela 1.

Tabela 1 – População dos bairros que possuem território na bacia do Tabuleiro do Martins.

| <b>Bairro</b>        | <b>População (hab.)</b> |
|----------------------|-------------------------|
| Amélia Rosa          | 8.236                   |
| Antares              | 9.193                   |
| Benedito Bentes      | 67.964                  |
| Cidade Universitária | 52.269                  |
| Clima Bom            | 47.858                  |
| Santa Lúcia          | 18.844                  |
| Santos Dumont        | 13.792                  |
| Tabuleiro do Martins | 55.818                  |

Fonte: Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2009c).

## 4.2 Geologia

Segundo estudo realizado por Agra *et al.* (2002), a cidade de Maceió possui três aquíferos subterrâneos porosos, responsáveis por cerca de mais de 80% do abastecimento d'água de sua população, todos inseridos na bacia sedimentar de Alagoas e localizados na área de influência direta do projeto de macrodrenagem do Tabuleiro do Martins, distribuídos em aquíferos aluvionares quaternários, aquífero barreiras e o aquífero barreiras/marituba.

Na área em estudo a predominância absoluta é da formação barreiras. Nela existem dois compartimentos distintos caracterizados geologicamente pelo grupo barreiras: a) Tabuleiro – pequeno planalto com altitudes entre 40 e 70 metros, localizado próximo a Lagoa Mundaú e a orla marítima de Maceió, que definem superfícies dissecadas pela rede de drenagem natural, formando áreas aplainadas, nas quais ocorrem depressões fechadas que formam bacias de acúmulo de águas pluviais; b) Encosta – zona de transição entre o tabuleiro e a orla marítima, que apresenta taludes naturais abruptos com declividade

ente 15 a 45%, de onde demandam cabeceiras de drenagens naturais de vales encaixados como o córrego do Jacarecica (ALAGOAS, 1998b).

### 4.3 Caracterização Climática

O município de Maceió está situado na região Ambiental Litoral do Estado de Alagoas e, de acordo com a classificação de *Köppen*, a área pode ser classificada como do tipo As', possuindo um clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa a partir de abril com término em agosto (ALAGOAS, 1998a). Os ventos que sopram na cidade de Maceió são os alísios de Sudeste a Leste e os de retorno de Nordeste, ambos com velocidades variando de fraca a moderada, cujo valor oscila de 4,8 km/h a 7,9 km/h.

Os climas e as suas características no Estado de Alagoas são exibidos na figura 3.

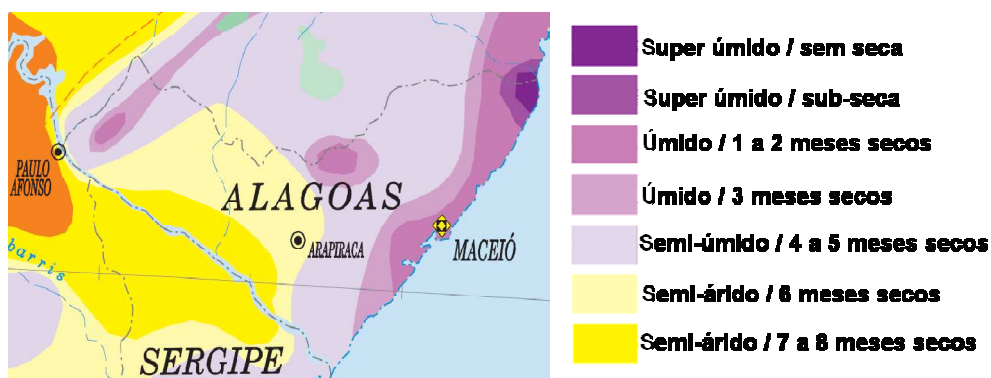


Figura 3 – Mapa de Clima de Alagoas. Fonte: adaptado de IBGE (2002a).

#### 4.3.1 Temperatura do ar

A variação sazonal da temperatura média é de 23,7°C a 26,7°C, conforme mostra a figura 4.



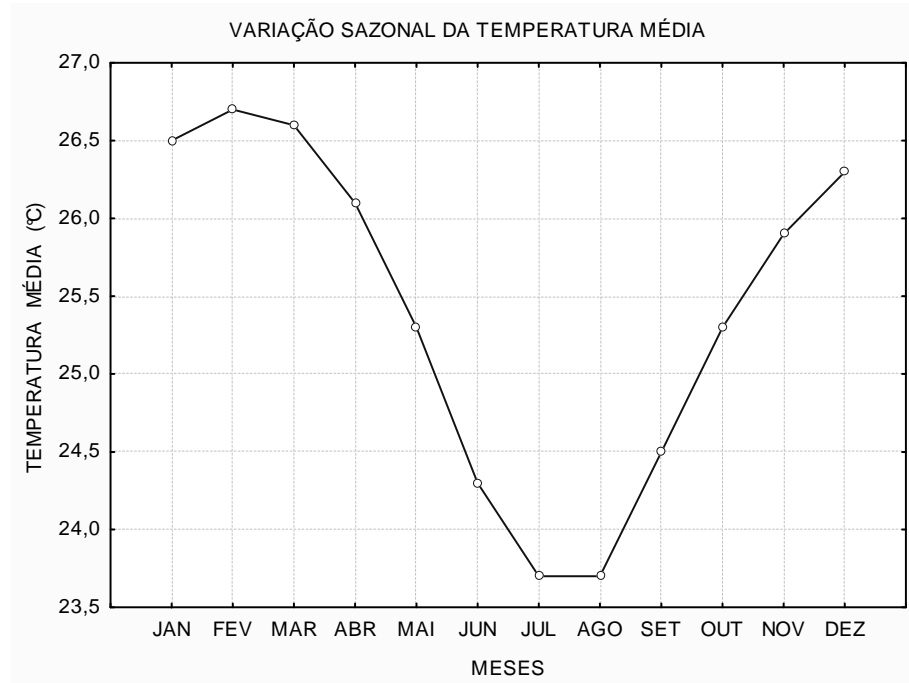


Figura 4 – Variação sazonal da temperatura média. Fonte: adaptado de ALAGOAS (2008).

#### 4.3.2 Evaporação

A evaporação em Alagoas supera anualmente 1.100mm, com maiores índices nos meses de verão e média superior a 90mm (figura 5).

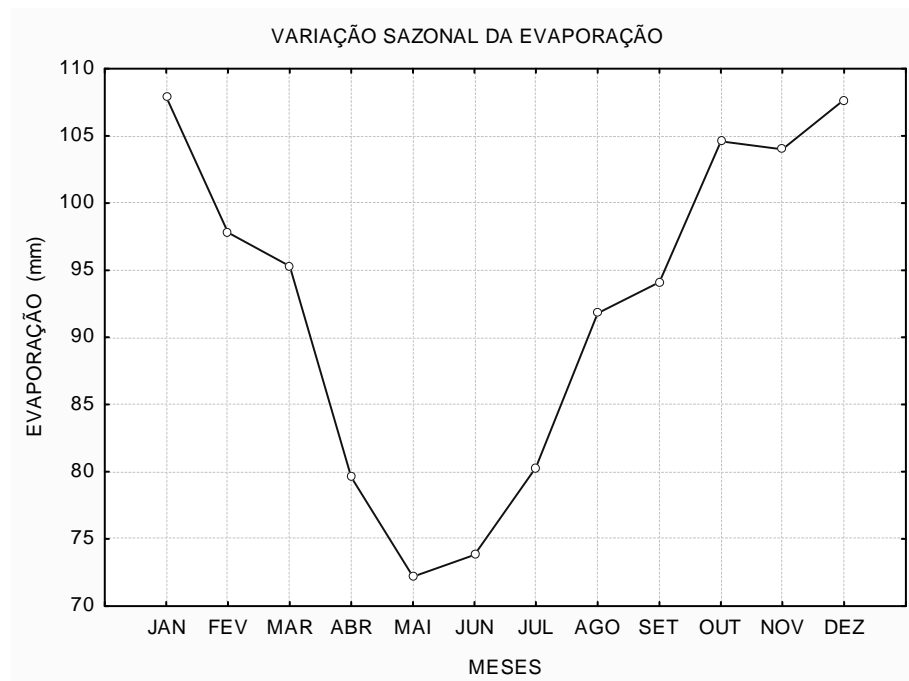


Figura 5 – Variação sazonal da evaporação média. Fonte: adaptado de ALAGOAS (2008).

### 4.3.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar apresenta um valor médio superior a 78%, chegando a mais de 81% nos meses mais úmidos, conforme mostra a figura 6.

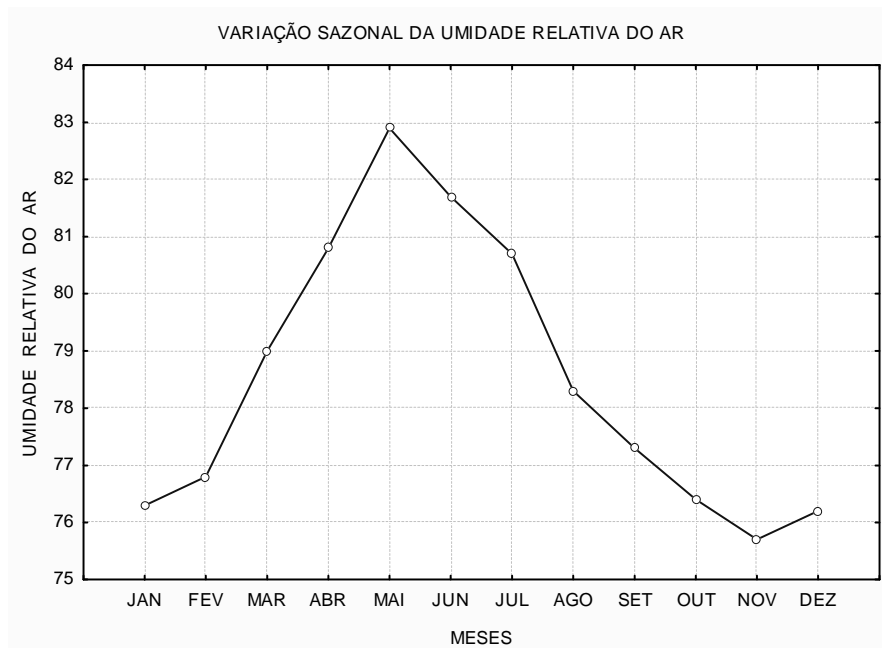


Figura 6 – Variação sazonal da umidade relativa do ar média. Fonte: adaptado de ALAGOAS (2008).

### 4.3.4 Insolação

A média de insolação no Estado é superior a 220 horas mensais. A figura 7 mostra a variação anual da insolação na área de estudo.

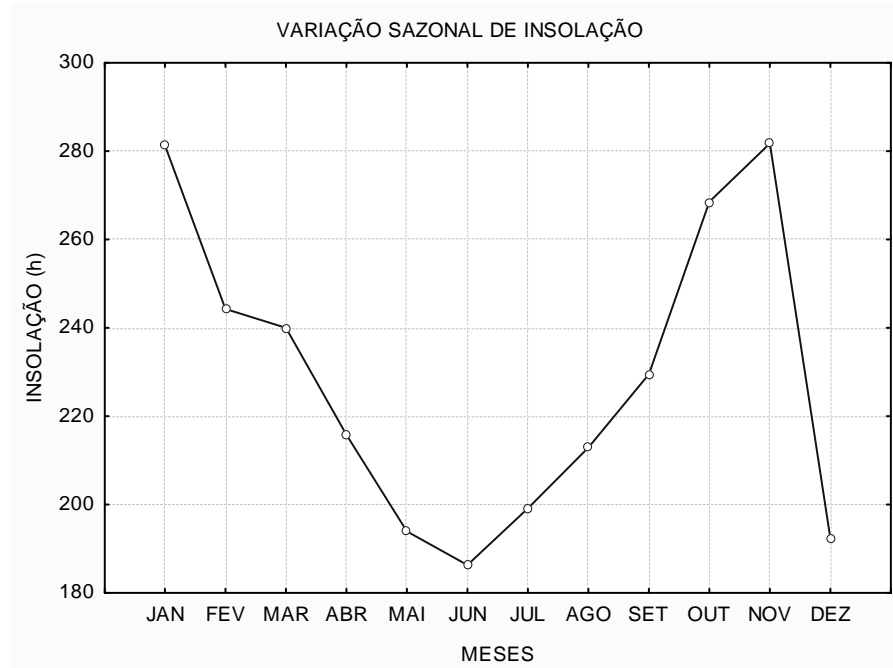


Figura 7 – Variação sazonal da insolação média. Fonte: adaptado de ALAGOAS (2008).

#### 4.3.5 Dados pluviométricos

A precipitação anual em Alagoas supera os 1.600mm. Na capital Maceió os índices mais elevados de pluviometria atingem um total anual superior a 1.900mm (AGRA *et al.*, 2002), conforme exhibe a figura 8.

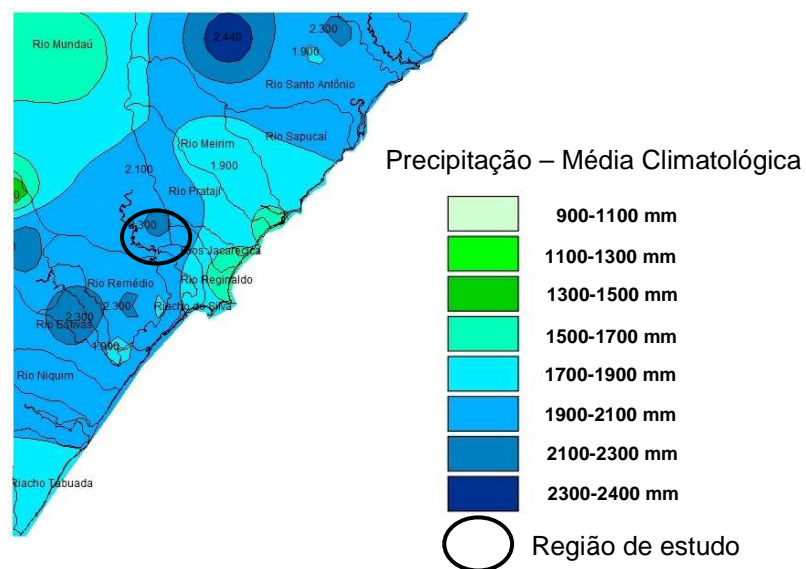


Figura 8 – Mapa de precipitação, com detalhe da região de estudo. Fonte: adaptado de ALAGOAS (2008).

O período mais intenso de chuva ocorre nos meses de maio a julho, conforme exibe o gráfico das normais climatológicas de Maceió (figura 9), do Núcleo de Meteorologia e Recursos Hídricos de Alagoas.

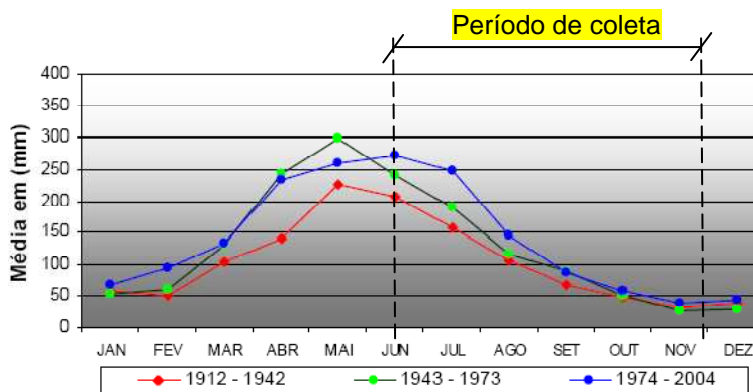
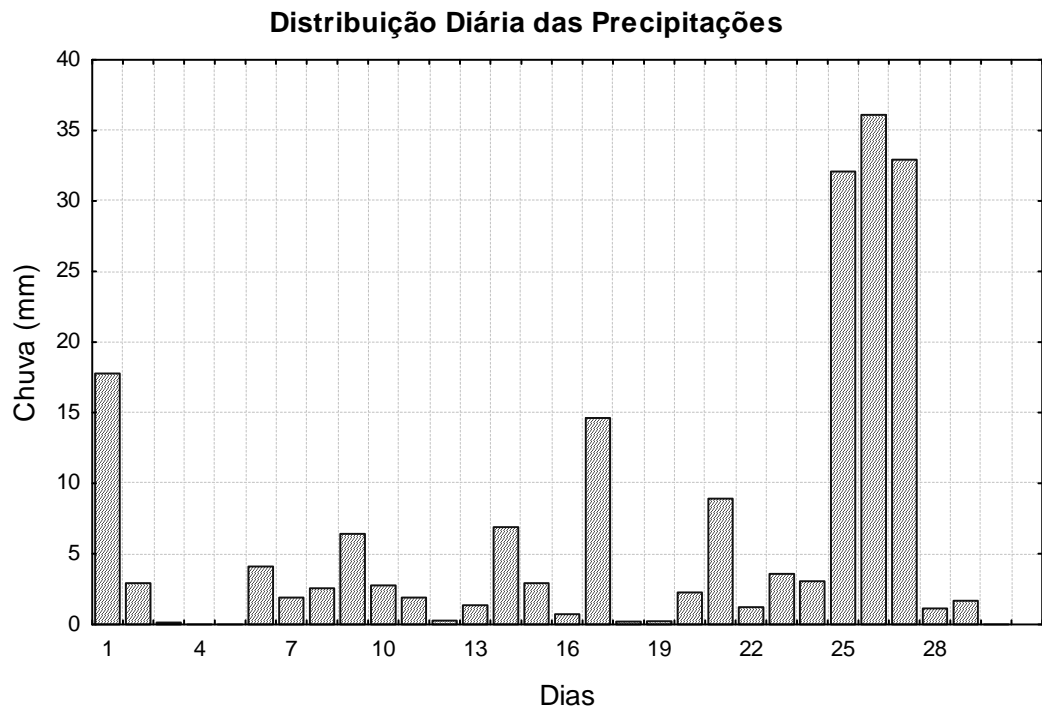


Figura 9 – Médias climatológicas históricas de Maceió – AL (ALAGOAS, 2008), com indicação do período de coleta.

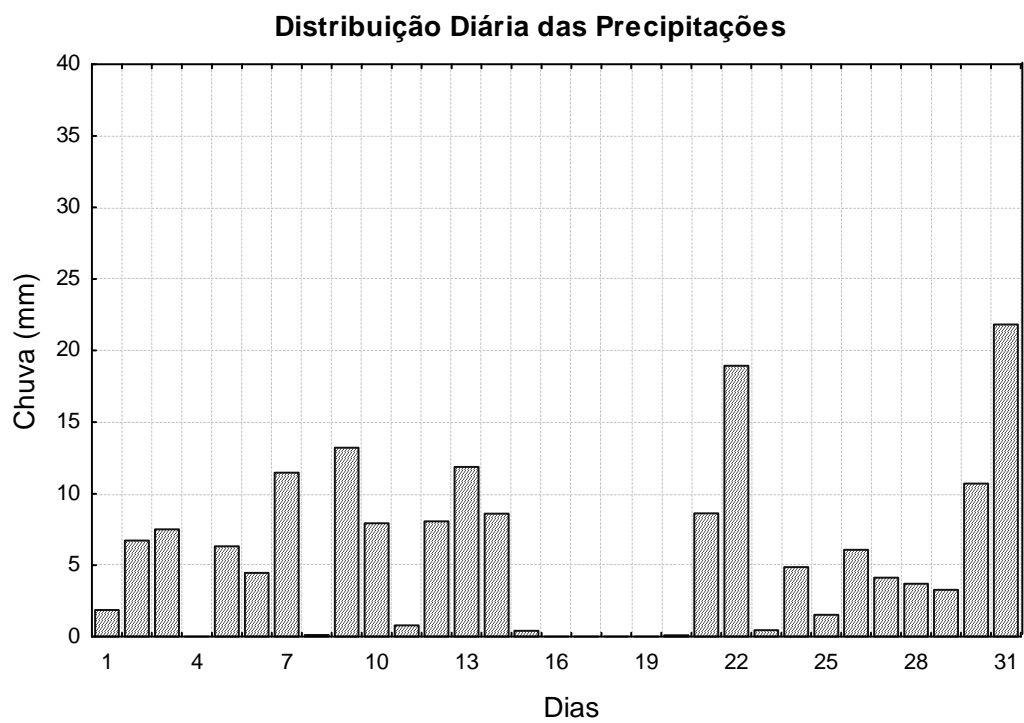
As figuras 10 a 15 mostram a distribuição diária das precipitações na região estudada, nos meses do ano de 2007 em que foram realizadas as coletas, de acordo com a média dos dados obtidos nos postos Riacho Doce - Base Experimental Peixe Boi, Jacarecica e Usina Cachoeira – COBEL, conforme ALAGOAS (2008).

As maiores precipitações foram registradas no mês de junho, com destaque para as ocorridas nos dias 25, 26 e 27, superiores a 30mm. A partir do mês de setembro verificou-se a existência de maior número de dias sem ocorrência de precipitação, conforme mostram as figuras 13, 14 e 15.



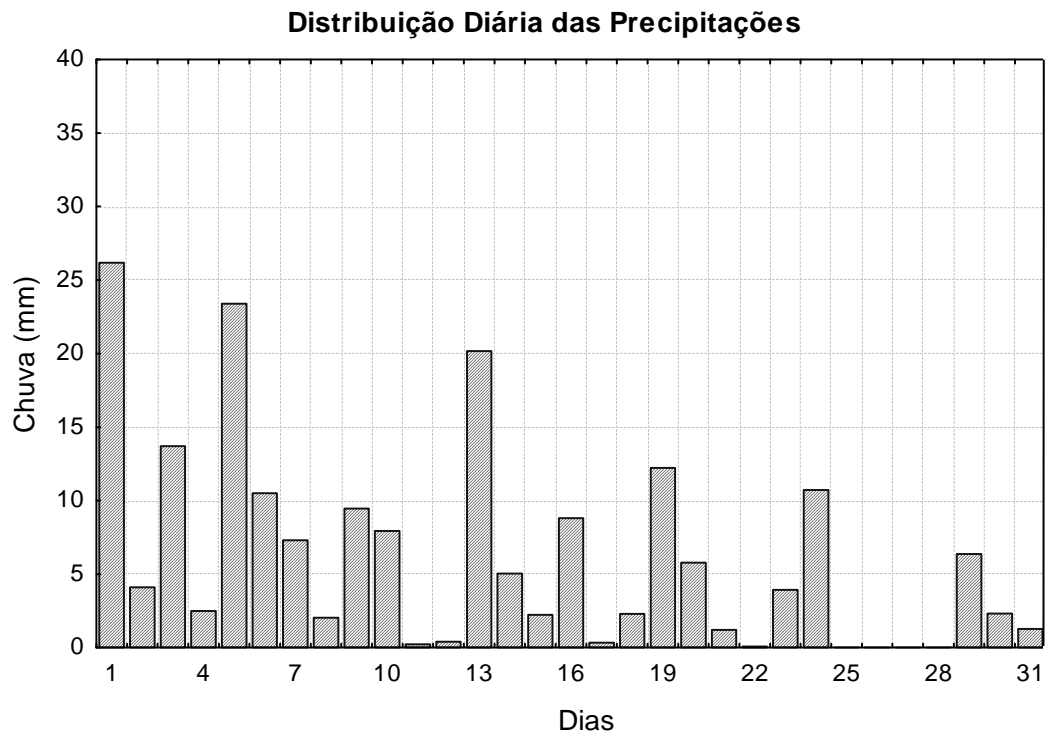
**Junho/2007**

Figura 10 – Distribuição Diária das Precipitações no mês de junho/2007. Fonte: ALAGOAS (2008).



**Julho/2007**

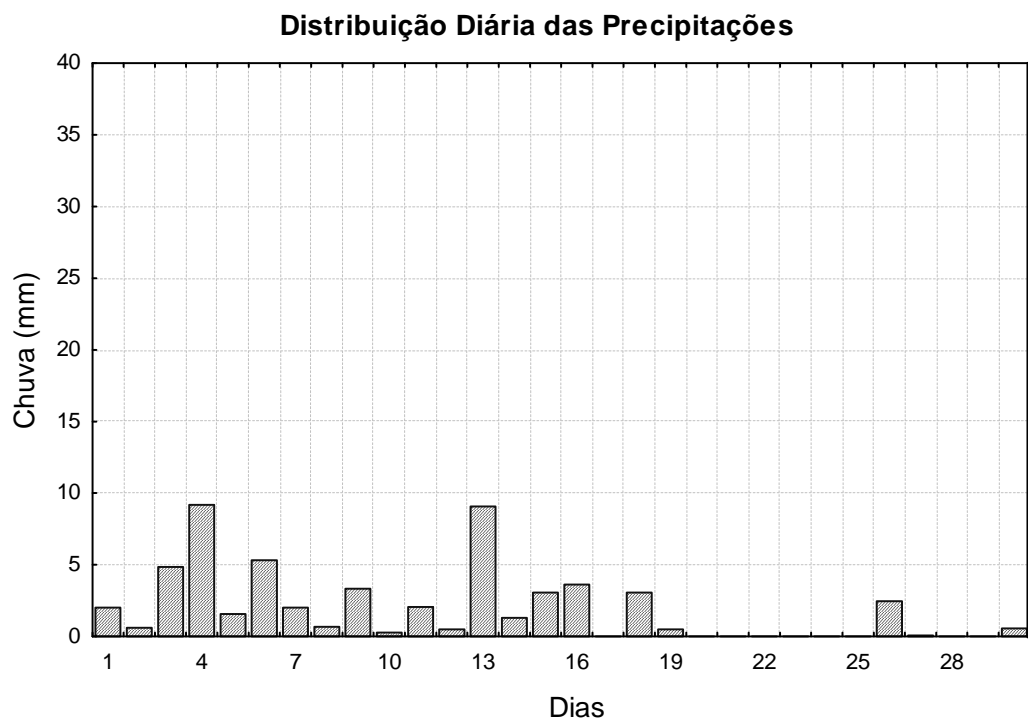
Figura 11 – Distribuição Diária das Precipitações no mês de julho/2007. Fonte: ALAGOAS (2008).



**Agosto/2007**

Figura 12 – Distribuição Diária das Precipitações no mês de agosto/2007.

Fonte: ALAGOAS (2008).



**Setembro/2007**

Figura 13 – Distribuição Diária das Precipitações no mês de setembro/2007.

Fonte: ALAGOAS (2008).

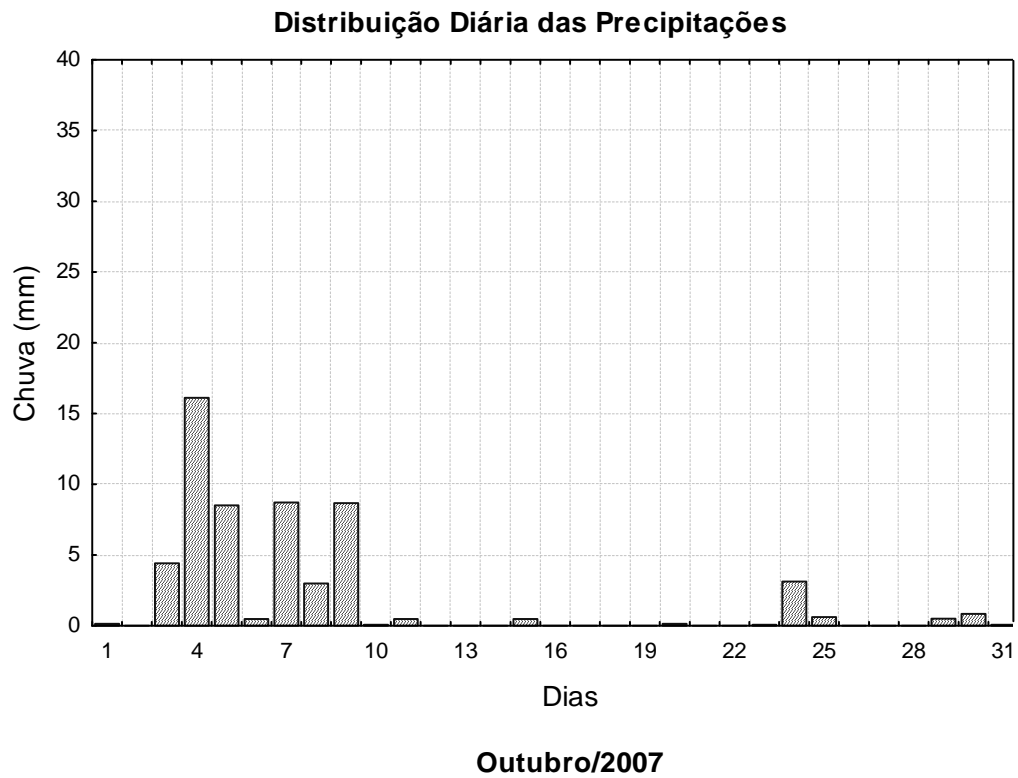


Figura 14 – Distribuição Diária das Precipitações no mês de outubro/2007.  
Fonte: ALAGOAS (2008).

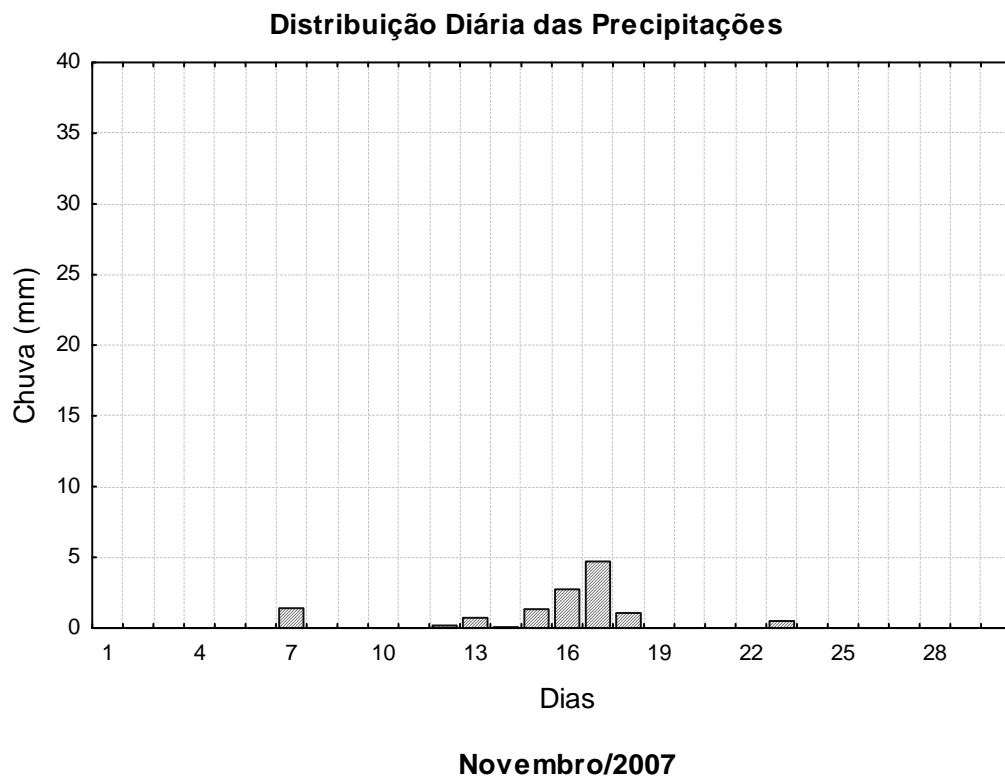


Figura 15 – Distribuição Diária das Precipitações no mês de novembro/2007.  
Fonte: ALAGOAS (2008).

#### 4.4 Uso e ocupação do solo

Na bacia do Tabuleiro do Martins existem diversos loteamentos e conjuntos habitacionais, estabelecimentos comerciais e de serviços, centros de saúde e escolas, inclusive o campus da Universidade Federal. Parte dos conjuntos ou loteamentos possui fossas coletivas para atender às demandas dos moradores. Nos demais domicílios, segundo ALAGOAS (1998b), as soluções são individuais, alguns instalam fossas, em geral rudimentares, enquanto muitos despejam as águas servidas diretamente nas ruas, que se misturam com as águas pluviais, formando córregos de esgotos. Além disso, é comum a presença de lixo exposto pelas ruas. A figura 16 mostra o uso e ocupação do solo na bacia do Tabuleiro.

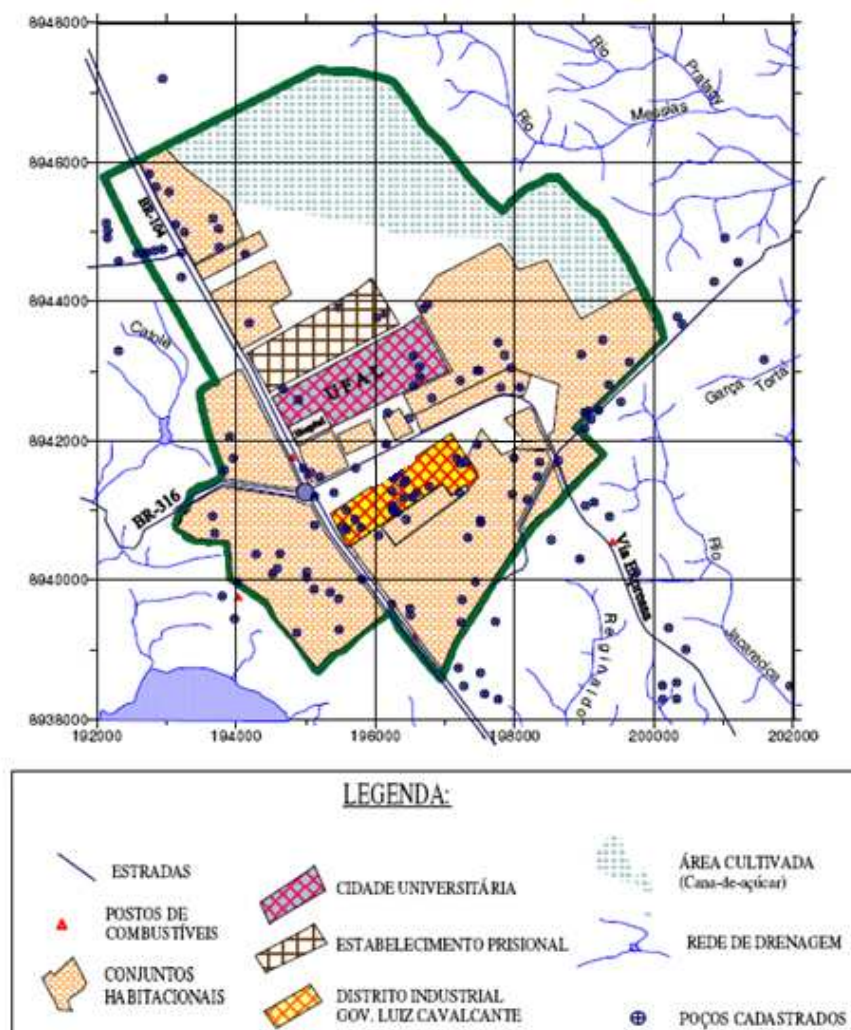


Figura 16 – Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Tabuleiro. Fonte: adaptado de FERREIRA NETO, 2005 *apud* SOUZA, 2006.



#### 4.5 Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante

Localiza-se na região de menor cota topográfica da bacia do Tabuleiro do Martins, ocupa uma área de 224 hectares, sendo dividida em 496 lotes e módulos que variam de 1250 a 4500 metros quadrados (ALAGOAS, 2003). Foi implantado em 1964 com a finalidade de impulsionar a ocupação na área. Atualmente possui 80 empresas que geram 3.600 empregos diretos (O JORNAL, 2009a), caracterizando-se pela grande diversidade de indústrias de pequeno e médio porte, tais como indústrias de alimentos, indústria química, indústria de concreto, indústria farmacêutica e de equipamentos mecânicos. A maioria dessas empresas não gera líquidos nos seus processos industriais, o efluente resulta apenas do processo de lavagem de máquinas e utensílios.

Nessa bacia o gradiente topográfico é de cerca de 5m/Km. A figura 17 mostra a localização Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante na região com curvas de nível de menor valor.

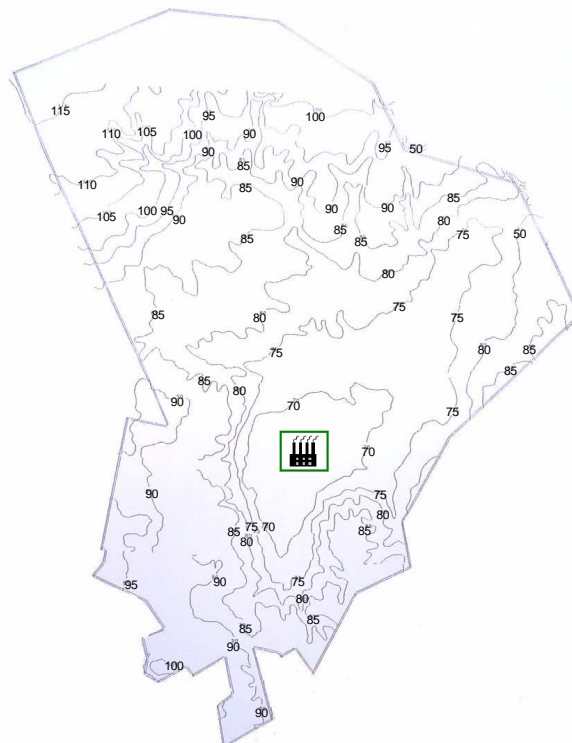


Figura 17 – Curvas de nível na Bacia do Tabuleiro, com indicação da área onde está instalado o Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante. Fonte: adaptado de ALAGOAS (1998a).

#### 4.6 Lagoas de Detenção

Os sistemas de drenagem, segundo IBGE (2002b), previnem inundações e alagamentos em áreas mais baixas e têm por objetivo o desenvolvimento do sistema viário e o escoamento rápido das águas por ocasião das chuvas visando à segurança e ao conforto da população.

O processo de urbanização, gera a impermeabilização do solo, dificultando a infiltração das águas das chuvas, acelerando o escoamento superficial, a acumulação das águas e transbordamentos de cursos d'água, causando empoçamentos, inundações, erosões e assoreamentos. Assim, faz-se necessário que se implante o sistema de drenagem urbana, constituído por um sistema de microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é composta por estruturas coletoras iniciais de águas pluviais, como bueiros e dutos de ligação. A macrodrenagem é relativa aos canais e galerias localizadas nos fundos de vale, representando os grandes troncos coletores. Depois de captadas e conduzidas pelos componentes do sistema de drenagem, as águas das chuvas se encontram nos pontos finais do sistema de drenagem, chamados de pontos de lançamento ou corpos receptores. Segundo IBGE (2002b), o uso de lagoas de acumulação ou detenção, é uma das principais alternativas para minimização dos problemas gerados pela urbanização. Porém, verifica-se que somente 7,5% dos municípios brasileiros usam tais lagoas.

De acordo com Pedrosa (1998), a adoção de lagoas de detenção como solução para conter as enchentes tem as seguintes vantagens e desvantagens:

- a) Vantagens:
- Custo de construção reduzido, quando comparado com outras medidas convencionais;
  - Custo de operação e manutenção reduzidos;
  - Facilidade de administrar a construção e a manutenção;
  - Possibilidade de utilizar a área adjacente da bacia para lazer, através da construção de quadras esportivas, parques, local de pesca, entre outros;

- Capacidade de acomodação de diferentes ampliações de vazões provocadas pela urbanização, dentro da própria região que gerou o escoamento, fazendo com que as conseqüências das urbanizações a montante sejam menos sentidas a jusante;
- Reduz problemas com inundações localizadas;
- Reduz os custos do sistema de drenagem, devido a redução das dimensões das galerias a jusante da bacia;
- Minora problemas com erosão nos pequenos tributários, devido a redução das vazões;
- Aumenta o tempo de resposta do escoamento superficial.

b) Desvantagens:

- Dificuldade de encontrar local para construir a bacia. A construção de reservatórios em áreas urbanas só é possível graças a uma característica marcante das enchentes urbanas que é ter pequeno volume. Assim, lagoas de pequenas dimensões podem ser suficientes para a tarefa de reduzir o pico do hidrograma, contudo, a dificuldade de encontrar áreas disponíveis e propícias é muito comum;
- O custo de aquisição dos terrenos pode ser alto;
- Custos de manutenção devido aos sedimentos e lixos;
- Quando nas águas pluviais se mistura o esgoto cloacal, as lagoas de detenção tornam-se inadequadas ambientalmente, caso não tenham tempo de residência suficiente a fim de evitar a geração de sulfetos.

Baseados em dados pluviométricos diários da região de Maceió e no fato de que o sistema de esgotamento de águas pluviais operava com capacidade de vazão baixa, em razão do crescimento da região e da impermeabilização do solo, foi idealizado em 1998 pelo Estado, com o apoio do governo federal, o projeto de Macrodrenagem do Tabuleiro, que previa a utilização de lagoas de detenção para a captação da água das chuvas, sendo duas localizadas no Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante e outra no

conjunto Graciliano Ramos, todas providas de dispositivo de descarga e situadas no bairro Tabuleiro do Martins.

As vazões afluentes nas lagoas de retenção, oriundas de sua bacia contribuinte, possuem valores relativamente elevados face às vazões efluentes, de modo a permitir que parte do volume escoado fique acumulado nessas lagoas por um determinado tempo (ALAGOAS, 1998c). A figura 18 mostra as lagoas de retenção e a descarga da Macro drenagem da Bacia do Tabuleiro, localizadas em cotas mais baixas do terreno, que são representadas pela tonalidade escura na figura.



Figura 18 – Localização das lagoas de retenção e da descarga da Macro drenagem do Tabuleiro em áreas de cota mais baixa no terreno.

A localização geográfica das lagoas de retenção e do ponto de descarga da Macro drenagem do Tabuleiro onde foram realizadas coletas é mostrada na figura 19, onde pode ser observada a distância mais próxima entre

as referidas lagoas, em comprimento cartográfico, e da lagoa 3 em relação ao ponto considerado da descarga da macrodrenagem.



Figura 19 – Relação de distância (comprimento cartográfico) entre as lagoas estudadas e o ponto de descarga na bacia do rio Jacarecica.

#### 4.6.1 Lagoa 1

Lagoa localizada no Polo Multissetorial Governador Luiz Cavalcante, limitada ao norte pela avenida Menino Marcelo, a leste por via secundária interligada a avenida Distrito Industrial Governador Luís Cavalcante, situada na parte sul, e a oeste com a fábrica de refrigerantes *Coca-cola*, sendo, por esta proximidade, denominada de lagoa da *Coca-cola*. Apresenta as medidas de projeto indicadas na tabela 2.

A vegetação no local era ruderal, como a jurubeba, *Solanum paniculata*; o bem-me-quer, *Wedelia palusosa*; o camará, *Lantana camara*; a *Clitoria sp*, a mamona; o capim-de-burro, *Cynodon dactylon* e a aroeira *Schinus terebentifolius*. As aves observadas na lagoa foram a rolinha-fogo-pagou (granívora) e o bem-ti-vi (insetívora) (ALAGOAS, 1998b).

As figuras 20a, 20b e 21 mostram a lagoa 1 conforme se encontrava no mês de junho de 2007, bem como os pontos onde foram realizadas as coletas.

Tabela 2 – Resumo da lagoa 1.

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Cota de fundo      | 61,80m                   |
| Cota de Saída      | 62,50m                   |
| Cota de Chegada    | 59,00m                   |
| Nível máximo       | 68,00m                   |
| Volume útil máximo | 865.000m <sup>3</sup>    |
| Área na cota 66m   | 174.267,54m <sup>2</sup> |

Fonte: adaptado de Alagoas (1999).



a)



b)

Figuras 20a e 20b – a) indicação da embarcação durante coleta no ponto 1 da lagoa 1, no dia 11 de junho de 2007; b) indicação da embarcação durante coleta no ponto 2 da lagoa 1, no dia 11 de junho de 2007.



Figura 21 – Indicação da embarcação durante coleta no ponto 3 da lagoa 1, no dia 11 de junho de 2007.

#### 4.6.2 Lagoa 2

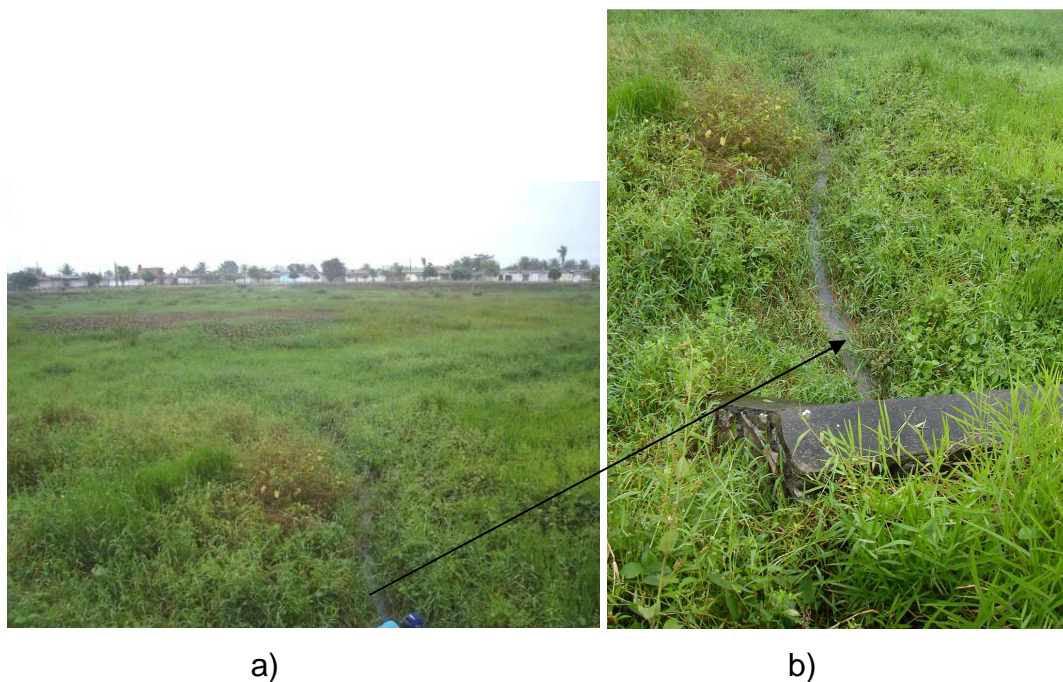
Lagoa localizada em área urbana do conjunto Graciliano Ramos, limitada a leste pela avenida Fernando Couto Malta e guarnecida em todo o seu perímetro por cerca de arame farpado. Durante todas as coletas era possível visualizar apenas vegetação na superfície, tendo sido constatado na sua região sudeste o córrego que canalizava as águas para o sistema de descarga interligado a lagoa 3 (figuras 22a e 22b). Essa lagoa de retenção apresentava as seguintes medidas de projeto, conforme indicado na tabela 3.

Tabela 3 – Resumo da lagoa 2.

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| Cota de fundo       | 71,00m                   |
| Cota de Saída       | 71,00m                   |
| Cota de Chegada     | 59,00m                   |
| Nível máximo        | 78,50m                   |
| Volume útil máximo  | 1.056.000m <sup>3</sup>  |
| Área na cota 74,50m | 150.695,76m <sup>2</sup> |

Fonte: adaptado de Alagoas (1999).

Foram identificadas as seguintes espécies vegetais na lagoa 2: carqueja, *Borreiria verticilata*; a jurubeba, *Solanum paniculata*; e a mamona, *Ricinus comunis*. Já no seu entorno foram constatadas árvores frutíferas como a goiaba, *Psidium guajava*; a mangueira, *Mangifera indica*; e o coqueiro, *Cocos nucifera* (ALAGOAS, 1998c).



Figuras 22a e 22b – a) lagoa 2 completamente coberta com vegetação; b) córrego em direção à tubulação de descarga interligada a lagoa 3, sendo este o local de coleta de água.

#### 4.6.3 Lagoa 3

Lagoa localizada em área urbana do conjunto Salvador Lira, limitada a sudoeste pela rua Carlos Gomes de Barros. Durante as coletas constatou-se que toda a área correspondente a região oeste da lagoa era coberta com vegetação (figura 23), enquanto na área do lado oposto existia pouca vegetação rasteira e areia empilhada em vários pontos. Essa lagoa de detenção apresentava as seguintes medidas de projeto, conforme indicado na tabela 4.



Tabela 4 – Resumo da lagoa 3.

|                    |  |
|--------------------|--|
| Cota de fundo      | 1º patamar – 59,00m<br>2º patamar – 61,50m |
| Cota de Saída      | 59,50m                                     |
| Nível máximo       | 68,00m                                     |
| Volume útil máximo | 1.085.000m <sup>3</sup>                    |

Fonte: adaptado de Alagoas (1999).



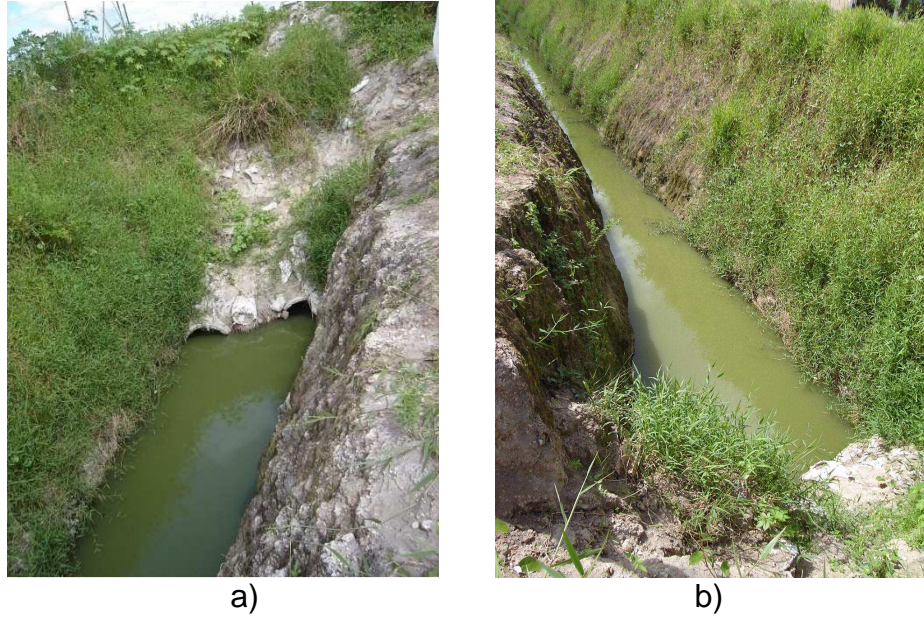
a)



b)

Figuras 23a e 23b – a) visão geral da vegetação na lagoa 3; b) areia empilhada na lagoa 3.

As águas da lagoa 1 escoavam para a lagoa 3 em tubulações e valas (figuras 24a, 24b e 25), efluindo em ponto situado a noroeste desta lagoa, enquanto a descarga dos excedentes líquidos da lagoa 2 escoava em túnel com 450 metros de extensão e 1,70 metros de diâmetro, construído até a avenida Menino Marcelo, sendo complementado deste ponto até a região nordeste da lagoa 3 por manilha de concreto com 1,00 metro de diâmetro (figura 24) (ALAGOAS, 1998c).



Figuras 24a e 24b – Água canalizada escoando da lagoa 1 para a lagoa 3.



Figuras 25 – Tubulação de descarga na lagoa 3, com água proveniente da lagoa 2.

As águas acumuladas na lagoa 3 escoam através de túnel até a localidade denominada Grota da Alegria, onde forma um riacho até o rio Jacarecica (figuras 26a e 26b).



a)



b)

Figuras 26a e 26b – a) canal na lagoa 3 com escoamento de água direcionado para a entrada do túnel (indicado) interligado à localidade denominada Grota da Alegria, situada próximo ao rio Jacarecica; b) visão aproximada da entrada de água no túnel construído para transpor as águas da bacia do Tabuleiro para o rio Jacarecica.

#### 4.7 Bacia do Rio Jacarecica

A bacia do rio Jacarecica pertence ao município de Maceió, ocupa uma área de aproximadamente 25,65km<sup>2</sup> e seu canal principal possui 13 km de extensão (PEPLAU, 2005), estando compreendida entre as coordenadas geográficas 9°32'33" e 9°37'56" de latitude Sul, 35°41'06" e 35°45'00" de longitude Oeste, possuindo extensão geográfica até o limite do bairro Benedito Bentes, sendo limitada ao norte pelas bacias do Riacho Doce, Guaxuma e Garça Torta; ao sul com a bacia do riacho Reginaldo; a leste com a bacia do riacho Guaxuma e o Oceano Atlântico; e a oeste com a bacia do Rio Pratagi (GUIMARÃES JÚNIOR, 1995).

O rio Jacarecica é perene, com padrão de distribuição dendrítica, desenvolvendo-se através de vales que recortam os tabuleiros, sendo formado por córregos com alta carga de poluição de esgotos domésticos. Situa-se a

oeste da bacia do Tabuleiro do Martins, tem sua nascente localizada próximo à área urbana de Maceió, entre os conjuntos residenciais Moacir Andrade, Henrique Equelman e Benedito Bentes II (GUIMARÃES JR., 1995), que é ocupada por população de baixa renda, sem sistema de saneamento adequado, vivendo em condições precárias e sujeita a doenças de veiculação hídrica.

O clima dominante, pela classificação de *Köppen*, é o tropical quente e úmido do tipo As', com chuvas de outono e inverno. A irregularidade na distribuição anual das precipitações é a principal característica climática da área, com o total anual das chuvas variando entre 1400mm e 1700mm, com 60% ocorrendo nos meses de abril, maio e junho. O trimestre mais seco corresponde aos meses de outubro, novembro e dezembro. Apresenta uniformidade térmica durante o ano, com temperaturas médias mensais variando entre 23°C e 26°C (GUIMARÃES JR., 1995).

Nessa bacia está inserido o bairro Jacarecica, pertencente à região administrativa 1, com 5.093 habitantes, segundo IBGE (2009c).

A atividade agrícola predominante na bacia do rio Jacarecica é a cana-de-açúcar, com grande ocorrência nos tabuleiros. No litoral, e em algumas áreas isoladas dos tabuleiros e das encostas, destaca-se o coqueiro e algumas culturas de árvores frutíferas como cajueiro, a mangueira e a jaqueira (AGRA *et al.*, 2002).

A bacia do rio Jacarecica recebe a água excedente do sistema da Macrodrenagem do Tabuleiro na localidade denominada Grota da Alegria (figuras 27a e 27b), onde forma um córrego com escoamento direcionado para o rio Jacarecica. Antes do desemboque nessa localidade o escoamento ocorre em um túnel de 2.150 metros de extensão e 3,00 metros de diâmetro, com vazão máxima de 25,00m<sup>3</sup>/s (ALAGOAS, 1998d).



a)



b)

Figuras 27a e 27b – a) descarga das águas provenientes da bacia do Tabuleiro do Martins; b) córrego na bacia do rio Jacarecica, com a água proveniente da lagoa 3 (local da coleta de água).

## 5 METODOLOGIA

As coletas foram realizadas quinzenalmente, no período da manhã, durante os meses de junho a novembro de 2007. Sendo sete os pontos de amostragem, dos quais três pontos se localizavam na Lagoa 1 (P1, P2 e P3), cujas coletas foram realizadas em canoa alugada; um ponto na Lagoa 2 (P4), próximo da entrada da tubulação que conduzia água para a lagoa 3, pois existia grande concentração de plantas aquáticas cobrindo todo o espelho d'água; e um ponto na lagoa 3 (P5), na entrada do túnel de descarga do sistema da Macro drenagem do Tabuleiro – DMD.

Além das lagoas de retenção, também foi realizada uma coleta no ponto (P6), situado no córrego formado pelas águas efluentes da lagoa 3, na localidade denominada Grota da Alegria, com ocupação urbana no alto curso do rio Jacarecica, local este de grandes declividades, caracterizado pela falta de infra-estrutura urbana; além da tubulação de descarga de águas residuárias provenientes da empresa *Coca-cola* (P7), que eram despejadas na lagoa 1, sendo, neste caso, iniciada a coleta a partir do mês de agosto de 2007. Ver localização dos pontos de amostragem na figura 28 e na tabela 05.

Na lagoa 2, as coletas tiveram início no dia 27 de junho, sendo suspensas a partir do mês de setembro, em razão de não existir mais vazão para a lagoa 3. Enquanto a coleta na lagoa 3 teve início no dia 27 de junho e a da descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* - DFCC, iniciou-se no dia 17 de agosto.

O valor dos parâmetros estudados foi comparado com o limite estabelecido pela Resolução do CONAMA nº. 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e pela Resolução CONAMA nº 274/2000, que revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. Já os valores de efluentes líquidos industriais emitidos nas lagoas foram comparados com o que estabelece o Decreto Estadual nº6200/1985 (Anexo B).

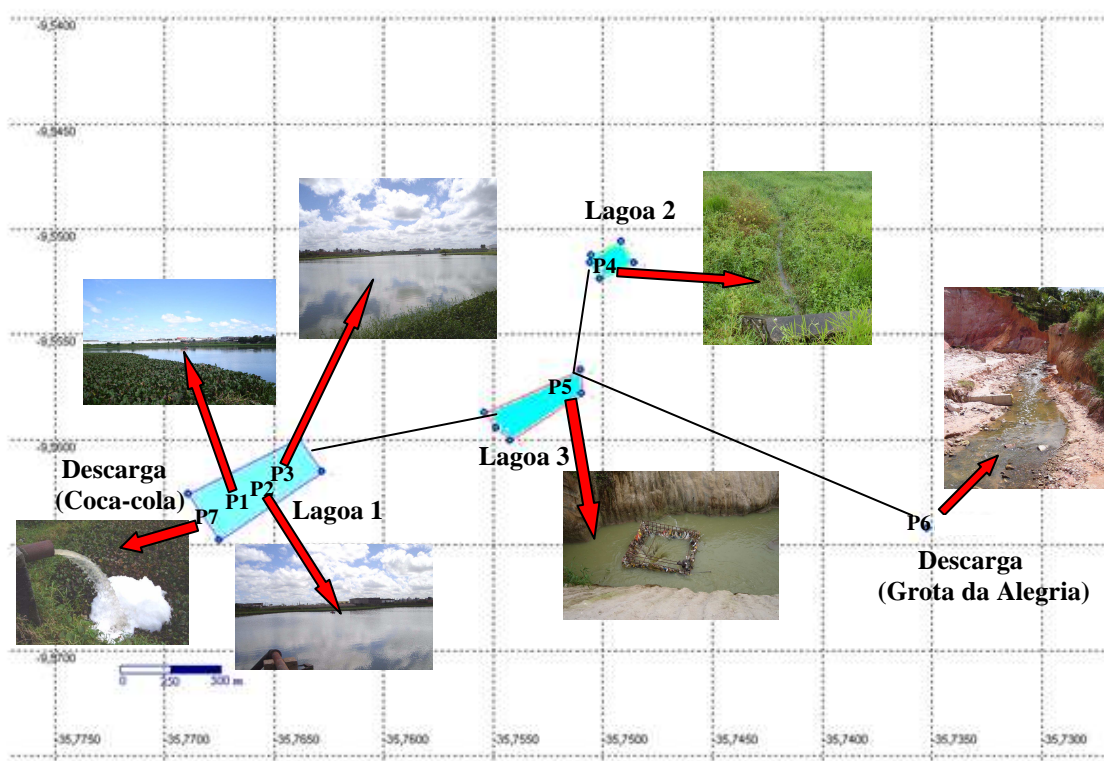


Figura 28 - Indicação dos pontos de amostragem em relação às coordenadas geográficas.

Tabela 5 - Localização dos pontos de amostragem.

| PONTO | LOCAL   | LATITUDE    | LONGITUDE    |
|-------|---|-------------|--------------|
| 1     | Lagoa 1   | 9°33'46,12" | 35°46'0,1"   |
| 2     | Lagoa 1   | 9°33'44,08" | 35°45'56,41" |
| 3     | Lagoa 1   | 9°33'41,91" | 35°45'53,27" |
| 4     | Lagoa 2   | 9°33'7,3"   | 35°44'59,15" |
| 5     | Lagoa 3   | 9°33'26,17" | 35°45'4,27"  |
| 6     | Descarga do sistema da macrodrenagem do Tabuleiro | 9°33'51,36" | 35°44'6,57"  |
| 7     | Descarga da empresa Coca-Cola                     | 9°33'48,97" | 35°46'4,81"  |

## **5.1 Fatores Climatológicos e Hidrológicos**

### **5.1.1 Temperatura do Ar**

As medidas de temperatura do ar foram obtidas com termômetro de mercúrio.

### **5.1.2 Vazão**

A vazão no ponto de descarga da empresa *Coca-cola* foi baseada na medição direta do volume de água escoado, com o emprego de um recipiente com capacidade para 20 litros e de um cronômetro digital. Já a vazão da descarga da Macro drenagem do Tabuleiro baseou-se na medição da velocidade do escoamento em um curso d'água, usando-se o método dos flutuadores, sendo empregado cronômetro digital, balizas, trena e filetes de madeira.

## **5.2 Meio Físico**

Os estudos do meio físico se basearam na análise dos documentos de órgãos oficiais e estudos acadêmicos, referenciados na bibliografia consultada, e em visitas de campo para observação das características do local.

## **5.3 Fatores Abióticos e Bióticos**

A avaliação da qualidade das águas coletadas foi realizada no Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL, de acordo com a metodologia indicada na 20ª Edição do "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater". Na figura 6 estão indicados os métodos analíticos e equipamentos utilizados.

O valor da temperatura da água, bem como da quantidade de oxigênio dissolvido, foi obtido diretamente no local de amostragem, utilizando-se, respectivamente, termômetro de mercúrio INCOTERM e oxímetro LUTRON – DO – 5510.



A transparência da água foi avaliada pela profundidade de desaparecimento do disco de *Secchi*, com 0,20m (vinte centímetros) de diâmetro, enquanto a turbidez foi determinada em laboratório pelo método Nefelométrico, com o emprego de turbidímetro da marca *Polilab*, modelo AP 1000 II; a cor verdadeira foi indicada pelo colorímetro da marca *Policontrol*, modelo *Nessler Quanti 200*; enquanto o valor do pH (potencial Hidrogeniônico) através de peagômetro digital.

Foram feitas duas coletas em cada ponto de amostragem, com uso de frascos de vidro com tampa, específicos para a determinação da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). A análise dessa característica química foi procedida determinando-se a concentração de oxigênio consumido para oxidação da matéria orgânica, provocada, principalmente pela atividade microbiana, expressa em mg/L, por titrimetria de oxi-redução. Para tanto, foi usada vidraria apropriada, aerador e estufa incubadora.

O nitrito foi determinado pelo método Colorimétrico da Diazotização, com emprego do Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M, no comprimento de onda  $\lambda = 543$  nm, após filtração da amostra e uso de indicador padrão de nitrito. Os sólidos suspensos totais, fixos e voláteis foram determinados pelo método Gravimétrico, realizado com filtração em membrana de porosidade e 1,2  $\mu$ m, enquanto os sólidos dissolvidos foram determinados pelo método Gravimétrico, sem filtração. Já a condutividade, usando-se um condutivímetro com eletrodo e solução padrão de condutividade.

Método Argentométrico (Método de Mohr) foi o empregado na análise dos cloretos, onde também foi usada solução indicadora de cromato de potássio e padrão de nitrato de prata em titulação, além de vidraria apropriada; para o nitrogênio amoniacal, foi usado o método de *Kjedahl*, empregando-se destilação no destilador de nitrogênio TECNAL TE-036/1, com uso de soluções de fenolftaleína, indicadora mista para nitrogênio amoniacal, hidróxido de sódio e ácido bórico a 2%, seguida de titulação volumétrica com ácido sulfúrico.

A DQO (Demanda Química de Oxigênio) foi determinada pelo método Colorimétrico, oxidando-se a matéria orgânica, sob condições definidas de agentes oxidantes, empregando-se solução de ácido sulfúrico mais nitrato de prata e solução de dicromato de potássio mais sulfato de mercúrio. Após a digestão, as amostras foram lidas no Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M, em

absorbância, com comprimento de onda de 620 nm. O fósforo total foi determinado pelo método do Ácido Ascórbico, sendo a leitura feita em Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M no comprimento de onda  $\lambda = 880$  nm. Já as bactérias coliformes total e termotolerantes foram detectadas usando-se o método Quanti-Tray/2000, com o emprego de estufa incubadora, aparelho selador de cartelas, aparelho para contagem de bactérias coliformes e cartelas com o nutriente *Colilert*.

#### 5.4 Índice do Estado Trófico (IET)

O estado trófico das lagoas foi estimado considerando-se os valores do fósforo total e da profundidade do disco de *Secchi*, com o emprego das equações 1 e 2 do IET de Carlson (1977), modificado para corpos d'água tropicais por Toledo Jr. *et al.* (1983) *apud* Leal (2006), que são mostradas a seguir:

$$\text{IET (DS)} = 10\left(6 - \frac{0,64 + \ln\text{DS}}{\ln 2}\right) \quad (1)$$

$$\text{IET (PT)} = 10\left(6 - \frac{\ln(80,32/\text{PT})}{\ln 2}\right) \quad (2)$$

Onde:

IET (DS) = Índice de estado trófico para o disco de *Secchi*;

IET (PT) = Índice de estado trófico para o fósforo total.

Segundo Mercante & Tucci-Moura (1999) *apud* Leal (2006), os ambientes aquáticos são classificados em três graus de trofia:

- Ambiente oligotrófico (pouco produtivo): IET < 44
- Ambiente mesotrófico (medianamente produtivo): 44 < IET < 54
- Ambiente eutrófico (muito produtivo): IET > 54

#### 5.5 Análise Estatística

Os dados coletados foram plotados em gráficos elaborados no programa *Statistica Release 7*, onde também foi feita toda a análise estatística do banco de dados.

Tabela 6 - Metodologia utilizada na obtenção das variáveis limnológicas.

| Variável   | Metodologia/Equipamentos  |
|--|---|
| Transparência  | Profundidade de desaparecimento do disco de <i>Secchi</i> .   |
| Turbidez (uT)  | Nefelométrico – Turbidímetro POLILAB – AP 1000 II.  |
| pH (unidade de pH)                                       | Potenciométrico – Peagâmetro com eletrodo combinado ANALION.  |
| Condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )              | Condutivímetro com eletrodo e solução padrão de condutividade.  |
| Cor verdadeira (mg Pt Co/L)                              | Colorímetro POLICONTROL – NESSLER QUANTI 200.   |
| Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )                       | Leitura direta – Termómetro de mercúrio INCOTERM.   |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)                               | Sonda com membrana seletiva de oxigênio – LUTRON – DO – 5510.   |
| Coliformes total e termotolerantes (NMP/100 mL)          | Quanti-Tray/2000.   |
| Fósforo total (mg P/L)                                   | Método do Ácido ascórbico após digestão com persulfato – $\lambda = 880 \text{ nm}$ – Espectofotómetro QUIMIS Q-108U2M.             |
| DQO (mg/L)   | Colorimétrico - $\lambda = 620 \text{ nm}$ - Espectofotómetro QUIMIS Q-108U2M.  |
| DBO (mg/L)   | Frascos padrões – incubação de 5 dias a $20^{\circ}\text{C}$ – Titulação.   |
| Nitrogênio amoniacal (mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | Método <i>Kjedahl</i> - Destilação seguida de titulação volumétrica com ácido sulfúrico – Destilador de nitrogênio TECNAL TE-036/1. |
| Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)                          | Método argentométrico (Método de Mohr).   |
| Nitrito (mg N/L)   | Método colorimétrico da Diazotização - $\lambda = 543 \text{ nm}$ - Espectofotómetro QUIMIS Q-108U2M.                               |
| Sólidos totais e dissolvidos (mg/L)                      | Gravimétrico – Filtração em membrana. Porosidade e $1,2 \mu\text{m}$ .  |

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Valores Admissíveis dos Parâmetros

Foram analisados estatisticamente parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade de água, considerando os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, Resolução CONAMA n° 274/2000 e Decreto Estadual n°6200/1985 (Anexo B), conforme mostra a tabela 7.

Os parâmetros analisados foram os seguintes:

- **Parâmetros físicos-químicos:** temperatura da água e do ar, cor verdadeira, turbidez, transparência, sólidos dissolvidos totais - SDT, sólidos suspensos totais - SST, sólidos suspensos fixos - SSF, sólidos suspensos voláteis - SSV, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrito, fósforo total e cloreto.
- **Parâmetros microbiológicos:** coliformes totais e termotolerantes.

Na tabela 7 estão listados apenas os parâmetros com padrões máximos e mínimos especificados.

### 6.2 Poluição nas Lagoas de Detenção

Durante a realização das coletas, observou-se que nas margens da lagoa 1 existiam resíduos sólidos, sendo constatados também moluscos gastrópodes no espelho d'água, turbidez aparente, o uso das águas para a dessedentação de animais (equinos e bovinos) e pontos de despejo de líquido, conforme mostram as figuras 29 a 33.

O pescador responsável pelo barco usado na coleta de água, Sebastião Severiano da Silva, informou que a pelo menos quatro meses, a contar do início das coletas, não se pescava peixes nas águas da lagoa 1, e que atribuía a causa desse problema à poluição do corpo d'água, o que impedia também o uso dessa lagoa para o lazer de contato primário (banho).

Tabela 7 – Valores admissíveis dos parâmetros analíticos determinados.

| Parâmetros analíticos                      | Padrões Especificados  |  |  |          | Resolução CONAMA 274/2000                  | Decreto 6200 (1985) |
|--|--|--|--|----------|--|---------------------|
|  | Resolução CONAMA 357/2005 – Água doce                                  |  |  |          |  |                     |
|  | Classe 1   | Classe 2                                 | Classe 3   | Classe 4 |  |                     |
| pH   | 6 a 9  | 6 a 9                                    | 6 a 9  | 6 a 9    | 6 a 9                                      | 9<pH>5              |
| SDT (mg/L)                                 | ≤500   | ≤500                                     | ≤500   |          |  |                     |
| Temperatura água                           |  |  |  |          |  | <400°C              |
| Cor Verdadeira (mg Pt Co/L)                | Cor natural  | ≤75                                      | ≤75  |          |  |                     |
| Turbidez (uT)                              | ≤40  | ≤100                                     | ≤100   |          |  |                     |
| OD (mg/L)                                  | ≥6   | ≥5                                       | ≥4   | >2       |  |                     |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)    | ≤200   | ≤1000                                    | ≤2500 <sup>a</sup><br>≤1000 <sup>b</sup><br>≤4000 <sup>c</sup>           |          | ≤ 1.000 <sup>d</sup><br>≤2500 <sup>e</sup> |                     |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                    | ≤3   | ≤5                                       | ≤10  |          |  | <60                 |
| DQO (mg/L)                                 |  |  |  |          |  | <150                |
| Fósforo Total (mg P/L)                     | ≤0,02  | ≤0,03 <sup>f</sup><br>≤0,05 <sup>g</sup> | ≤0,05 <sup>h</sup><br>≤0,075 <sup>i</sup>                                |          |  |                     |
| Amônia (mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | (3,7→pH≤7,5)<br>(2,0→7,5<pH≤8,0);<br>(1,0→8,0<pH≤8,5);<br>(0,5→pH>8,5) |  | (13,3→pH≤7,5);<br>(5,6→7,5<pH≤8,0);<br>(2,2→8,0<pH≤8,5);<br>(1,0→pH>8,5) |          |  | ≤0,5                |
| Nitrito (mg N/L)                           | ≤1,0   | ≤1,0                                     | ≤1,0   |          |  |                     |
| Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)            | ≤250   | ≤250                                     | ≤250   |          |  |                     |

a - para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral;

b - para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral;

c - para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral;

d - quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores;

e - valor máximo obtido na última amostragem;

f – ambientes lênticos;

g - ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico;

h – ambientes lênticos;

i - ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.



a)

b)

Figuras 29a e 29b – Grande quantidade de lixo nas margens da lagoa 1, em 17 de agosto de 2007.



a)



b)

Figuras 30a e 30b – Descarga de esgoto em tubulação situada na região sudoeste da lagoa 1, em 31 de outubro de 2007.



a)



b)

Figuras 31a e 31b – a) turbidez da água na lagoa 1, em 17 de agosto de 2007; b) tubulação para descarga de efluentes na lagoa 1, situada a oeste desta.

Pode-se constatar na lagoa 1 macrófitas aquáticas formando um “tapete” sobre o espelho d’água, que se movimentavam com a ação dos ventos (figura 32b).



a)



b)

Figuras 32a e 32b – a) indicação da tubulação de descarga da fábrica *Coca-cola*, em 3 de agosto de 2007; b) por outro ângulo, tubulação de descarga da fábrica *Coca-cola* e plantas aquáticas cobrindo o espelho d’água da lagoa 1, em 17 de agosto de 2007.



a)

b)

Figuras 33a e 33b – Descarga de águas residuárias da fábrica *Coca-cola*. a) no dia 17 de agosto de 2007, e em b) no dia 31 de agosto de 2007.

Em todo o período de coleta foi constatada vegetação cobrindo toda a superfície da lagoa 2, conforme pode ser observado na figura 34.



Figuras 34 – Vegetação cobrindo toda a superfície da lagoa 2, no dia 27 de junho de 2007.

Na lagoa 3 foram constatadas pilhas de areia ao longo da margem do canal de descarga das águas, bem como vegetação aquática cobrindo todo o espelho d'água, conforme mostram as figuras 35a e 35b, referentes ao mês de outubro de 2007. Além disso, pode-se constatar despejos de águas e lixo



obstruindo uma das tubulações de captação de água da lagoa 3 (figuras 36 e 37)



a)



b)

Figuras 35a e 35b – a) vegetação cobrindo o espelho d'água da lagoa 3, e em b) pilhas de areia nas margens do canal de descarga da lagoa 3.



Figuras 36 – Lixo obstruindo uma das tubulações de captação de água da lagoa 3, em julho de 2007.



Figura 37 – Dois pontos de despejo de água na lagoa 3.

### 6.3 Análise Estatística dos Resultados

Os resultados apresentados a seguir são ilustrados por figuras e tabelas com dados estatísticos dos valores dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos determinados em campo e no Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL, que também são mostrados nas tabelas exibidas no anexo A.

#### 6.3.1 Temperatura do ar e da água

Ao longo do período de estudo pode ser observado que a temperatura do ar mais baixa (22,9°C) ocorreu durante a coleta realizada no dia 03 de agosto na lagoa 1, enquanto a mais elevada (33,8°C) deu-se no dia 28 de novembro na descarga da Macro drenagem do Tabuleiro (tabela 09 e figura 38). Também foi possível constatar que os menores valores de temperatura foram nos meses de julho e agosto, passando a crescer novamente a partir de setembro.

A temperatura na camada superficial da água nas lagoas de retenção apresentou-se mais baixa nos meses de julho e agosto (figura 39). O menor valor foi registrado nos pontos P4 e P7, no dia 17 de agosto de 2007. A tabela

08 mostra os valores mínimos e máximos da temperatura do ar e da água em cada estação de amostragem:

Tabela 08 – Valores mínimos e máximos das temperaturas do ar e da água nos diferentes locais de coleta.

| Estações de amostragem | Temperatura ar °C |        | Temperatura água °C |        |
|------------------------|-------------------|--------|---------------------|--------|
|                        | mínima            | máxima | mínima              | máxima |
| P1                     | 22,9              | 32,5   | 24,6                | 29,8   |
| P2                     | 22,9              | 32,5   | 24,5                | 30     |
| P3                     | 22,9              | 32,5   | 24,3                | 32     |
| P4                     | 24,6              | 30     | 24                  | 27,5   |
| P5                     | 24,5              | 30     | 25                  | 29     |
| P6                     | 25                | 33,8   | 25                  | 28     |
| P7                     | 24                | 32     | 24                  | 31,5   |

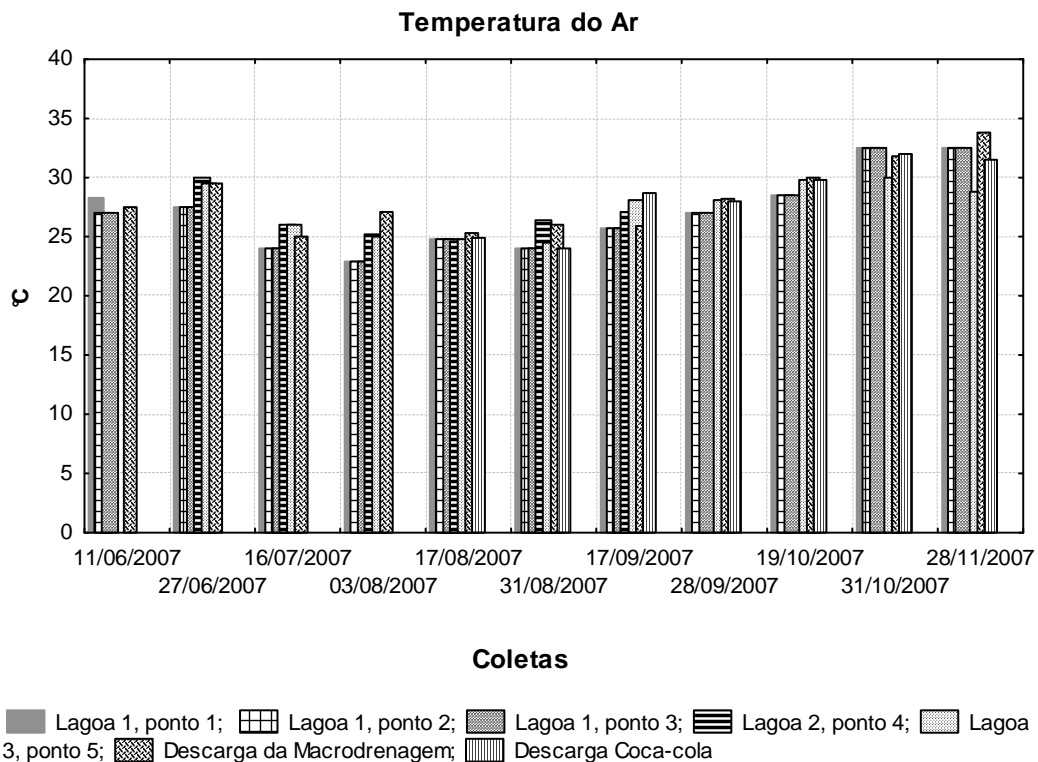


Figura 38 – Temperatura do ar (°C) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

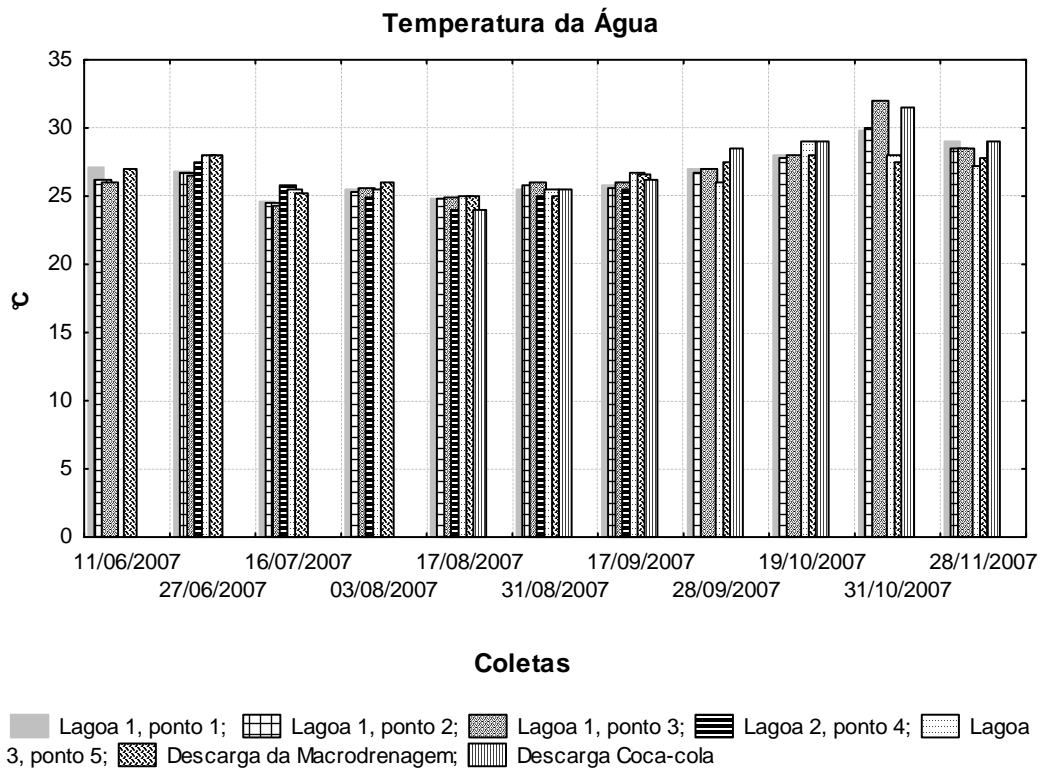


Figura 39 – Temperatura da água (°C) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

### 6.3.2 pH

Os valores de pH obtidos nesse trabalho apresentaram variação muito pequena nos pontos de coleta localizados nas lagoas de detenção e na descarga da macrodrenagem, sempre próximos da neutralidade (figura 40). Já na descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* ocorreu a maior amplitude de variação (7,35 a 8,52).

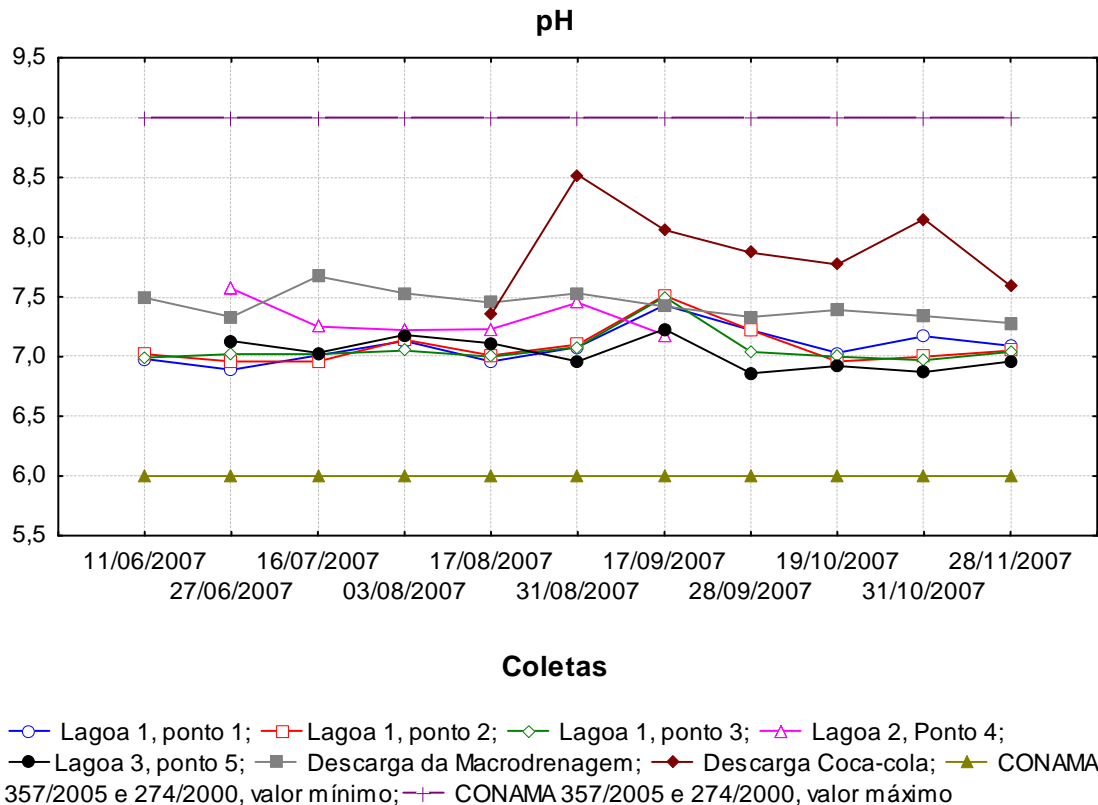


Figura 40 – pH da água ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta, bem como o limite recomendado pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000.

### 6.3.3 Transparência, turbidez e sólidos suspensos totais

A figura 41 mostra os valores das profundidades medidas com o disco de *Secchi* nos três pontos de amostragem da lagoa 1, onde pode ser observado que em cada dia de coleta a transparência da água praticamente se manteve homogênea.

Os menores desvios padrões encontrados nos pontos da lagoa 1 indicam que essa lagoa de retenção foi o corpo d'água mais homogêneo quanto à turbidez (tabela 9). A pequena altura da lâmina d'água no ponto de coleta P4 justifica a média elevada da turbidez nas amostras.

Os valores elevados de turbidez iguais a 245 uT e 140 uT (figura 42), referentes à coleta realizada nos dias 27 de junho e 17 de agosto na lagoa 2 (P4), foram decorrentes do arraste de sedimento durante a coleta, em função da lâmina d'água apresentar-se muito delgada.

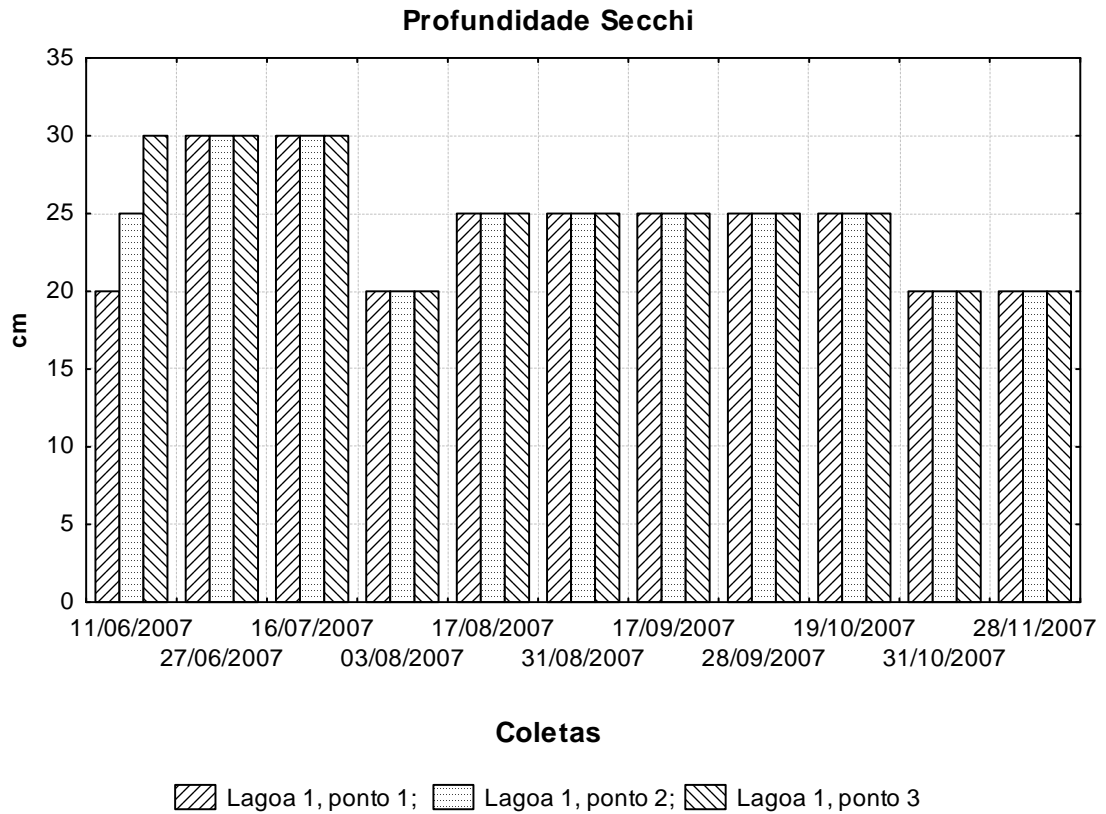


Figura 41 – Profundidade *Secchi* (cm) ao longo do período de amostragem nos pontos de coleta 1, 2 e 3 da lagoa 1.

Tabela 9 – Média e desvio padrão da turbidez nos diferente locais de coleta.

| Estações de coleta | Turbidez |               |
|--------------------|----------|---------------|
|                    | Média    | Desvio Padrão |
| P1                 | 58,22    | 13,48         |
| P2                 | 55,95    | 13,39         |
| P3                 | 58,98    | 14,62         |
| P4                 | 91,33    | 85,97         |
| P5                 | 54,36    | 20,39         |
| P6                 | 47,65    | 43,98         |
| P7                 | 66,93    | 30,74         |

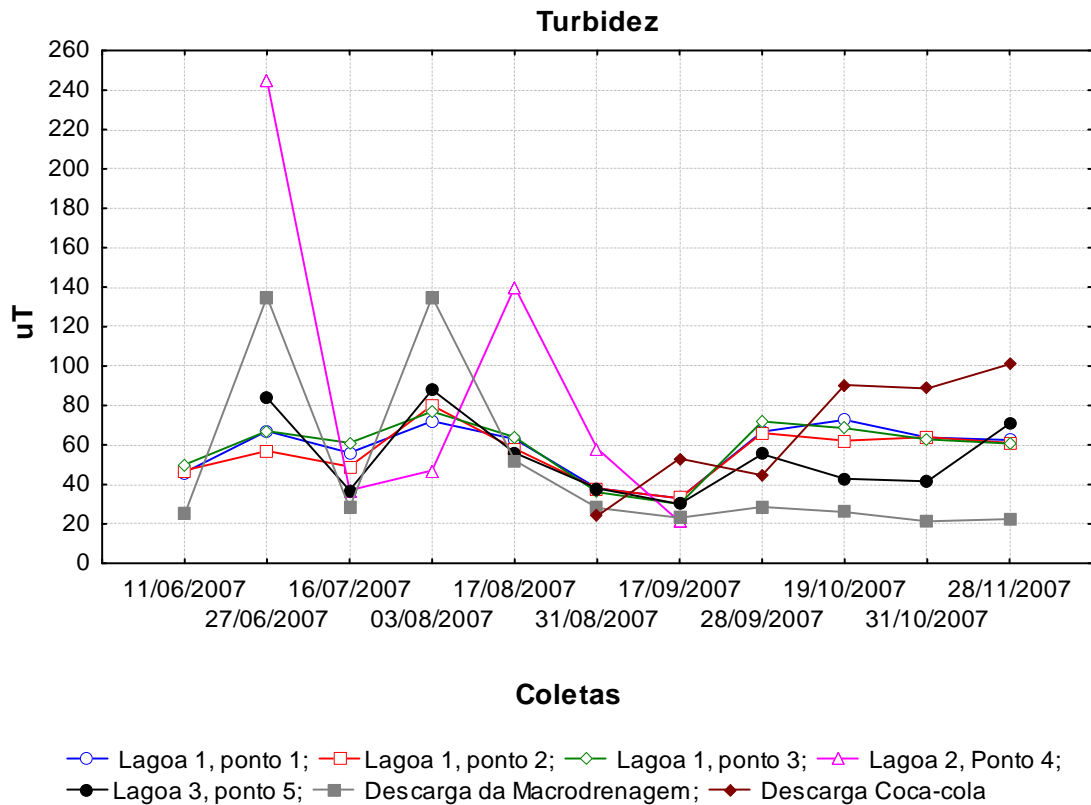


Figura 42 – Turbidez da água (uT) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

O diagrama de caixa exibido na figura 43 mostra que a distribuição da turbidez não foi simétrica na maioria dos pontos de coleta. Apenas os pontos 2 e 7 apresentaram-se razoavelmente simétricos em torno do valor central. No ponto P4 pode ser constatado uma grande amplitude interquartil e o grande comprimento da linha que se estende do quartil superior, o que indica, respectivamente, o grande desvio padrão dos dados e a grande discrepância do valor máximo em relação à mediana. Já o ponto P6, localizado na descarga da macrodrenagem, possui um *outlier* acima do quartil superior, indicando que os valores de 135 mg/L relativos às coletas realizadas nos dias 27 de junho e 03 de agosto eram elevados em relação à média dos dados. Vale salientar que esses dados elevados foram registrados em época chuvosa.

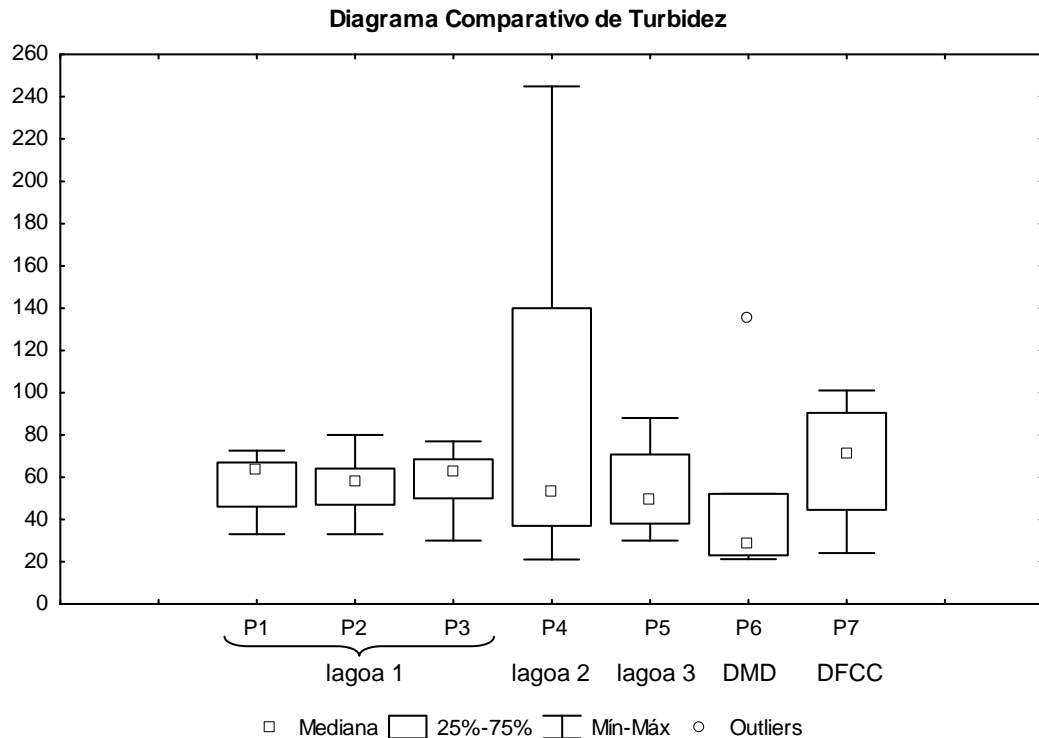


Figura 43 – Diagramas de caixa comparativos de turbidez (uT) nos locais de coleta.

O diagrama de caixa exibido na figura 45 mostra dois *outliers*, um situado acima do quartil superior (ponto P1 da lagoa 1) e outro abaixo do quartil inferior (lagoa 2), o que indicam, respectivamente, que o valor de 656 mg/L de SST, referente ao dia 03 de agosto, estava muito elevado em relação à média dos dados e que o valor de 208 mg/L do dia 17 de setembro estava abaixo da média.

O valor mínimo de SST no ponto P7 localizado na descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* era muito superior aos valores máximos nos demais pontos de coleta.

Os maiores valores de SST foram encontrados no ponto 1 (figura 44), onde a média era de 373,9 mg/L. Embora os valores tenham sido próximos nos pontos 2 e 3 (319,82 mg/L e 325,3 mg/L, respectivamente), o desvio padrão menor encontrado no ponto 3 (68,65), confirmado pela menor amplitude interquartil no diagrama de caixa, indicou que nessa região da lagoa 1 o ambiente era mais homogêneo quanto à concentração do referido parâmetro.



Os valores de turbidez e da profundidade do disco de *Secchi* nos três pontos estudados na lagoa 1 (tabela 11) mostraram, respectivamente, que a turbidez e a transparência eram semelhantes nesse corpo d'água. Segundo Esteves (1998) a profundidade de desaparecimento visual do disco de *Secchi* é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos na coluna d'água.

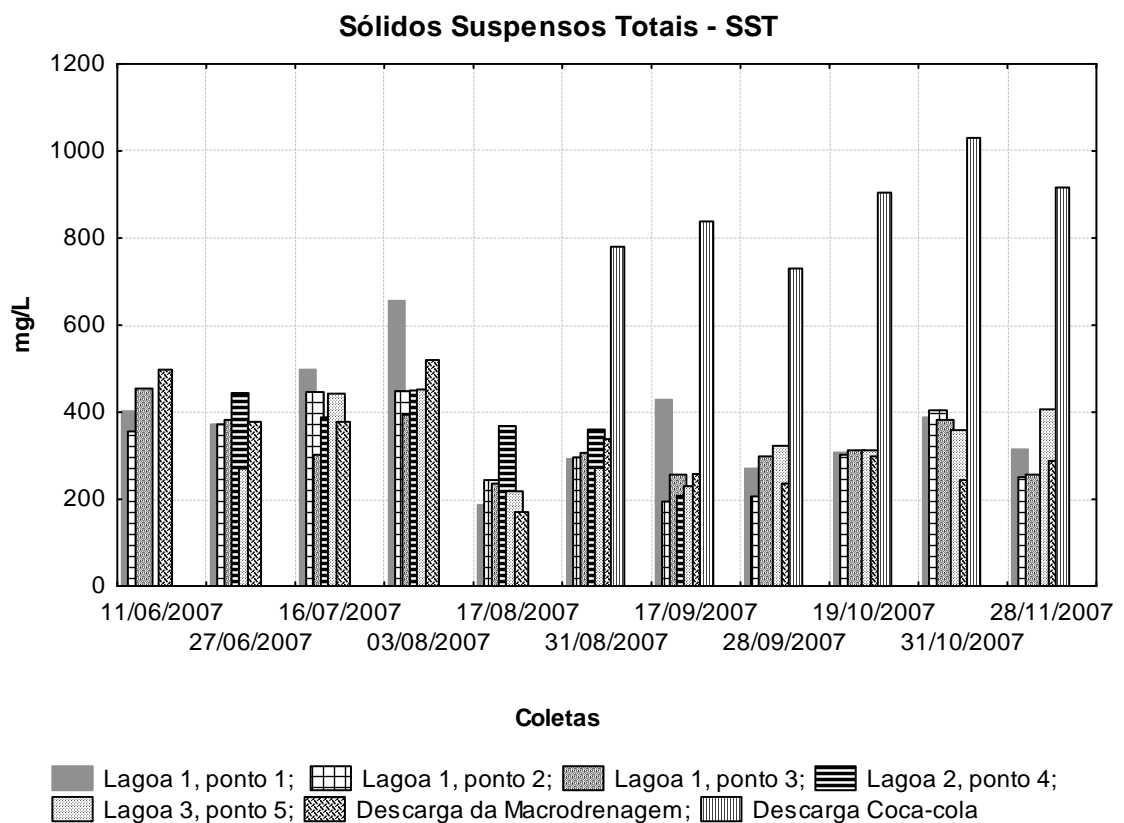


Figura 44 – SST (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

**Diagrama Comparativo de Sólidos Suspensos Totais**

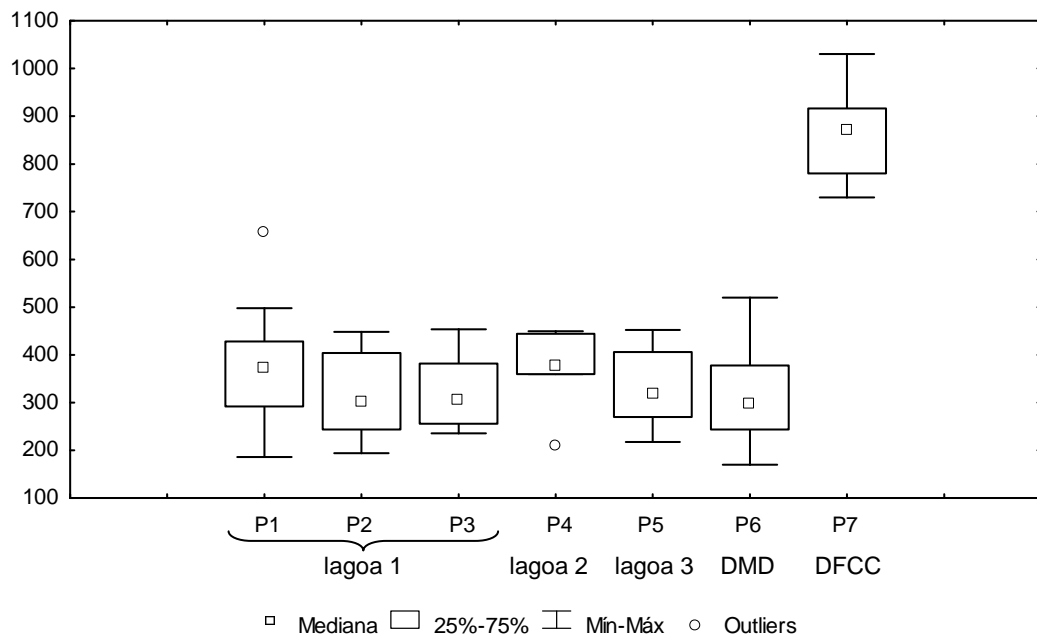


Figura 45 – Diagramas de caixa comparativos de sólidos suspensos totais (mg/L) nos locais de coleta.

Tabela 10 – Média e desvio padrão dos sólidos suspensos totais, da turbidez e das medidas feitas com o disco de *Secchi* na lagoa 1.

| Parâmetro/Lagoa 1           | Ponto 1 |               | Ponto 2 |               | Ponto 3 |               |
|-----------------------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
|                             | Média   | Desvio Padrão | Média   | Desvio Padrão | Média   | Desvio Padrão |
| SST (mg/L)                  | 373,9   | 126,4         | 319,82  | 91,52         | 325,3   | 68,65         |
| Turbidez (uT)               | 58,23   | 13,48         | 55,95   | 13,4          | 58,98   | 14,63         |
| Disco de <i>Secchi</i> (cm) | 24,09   | 3,75          | 24,55   | 3,5           | 25      | 3,87          |

#### 6.3.4 Sólidos Suspensos Fixos e Voláteis

Os maiores valores médios de SSF no ponto P1 em relação aos pontos P2 e P3, localizados na lagoa 1, podem ter ocorrido em consequência do ponto P1 se encontrar próximo do local de despejo dos efluentes da fábrica de refrigerante *Coca-cola*, que apresentavam altos índices de sólidos em suspensão (figuras 46 e 47).

Os pontos P1, P4 e P6 dos diagramas comparativos apresentaram a distribuição dos valores de sólidos suspensos fixos razoavelmente simétrica em torno do valor central. Nos diagramas de SSF todos os dados estavam distribuídos na região de amplitude interquartis (figura 46). A figura 47 mostra os valores de SSV ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

Na figura 49, referente aos sólidos suspensos voláteis, foram constatados dois *outliers*, um situado acima do quartil superior do ponto P4 (lagoa 2) e outro abaixo do quartil inferior do ponto P7 (DFCC), indicando, respectivamente, que o valor de 426 mg/L referente ao dia 27 de junho estava muito elevado em relação à média dos dados e que o valor de 172 mg/L do dia 28 de novembro estava abaixo da média.

Pode-se observar nas figuras 48 e 49 a semelhança entre amplitudes interquartis relativamente grandes nos pontos P1, P4, P6 e P7 daquela, e nos pontos P1 e P6 desta figura.

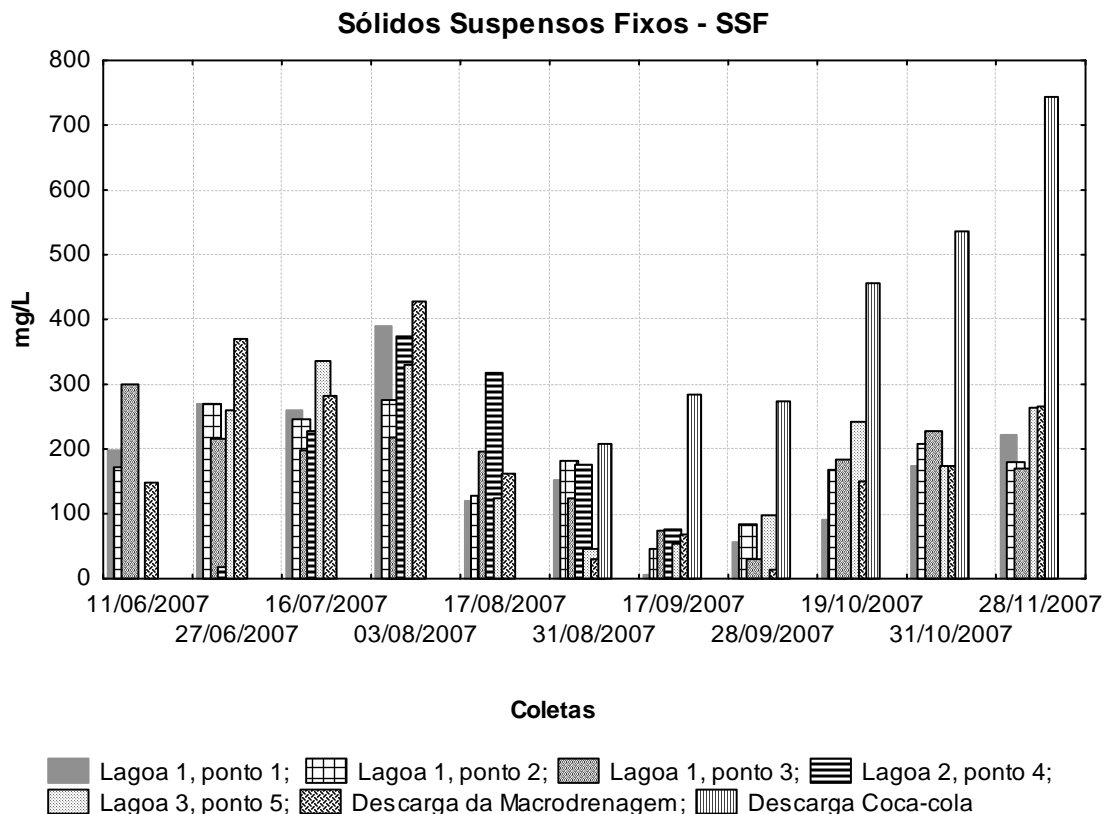


Figura 46 – SSF (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

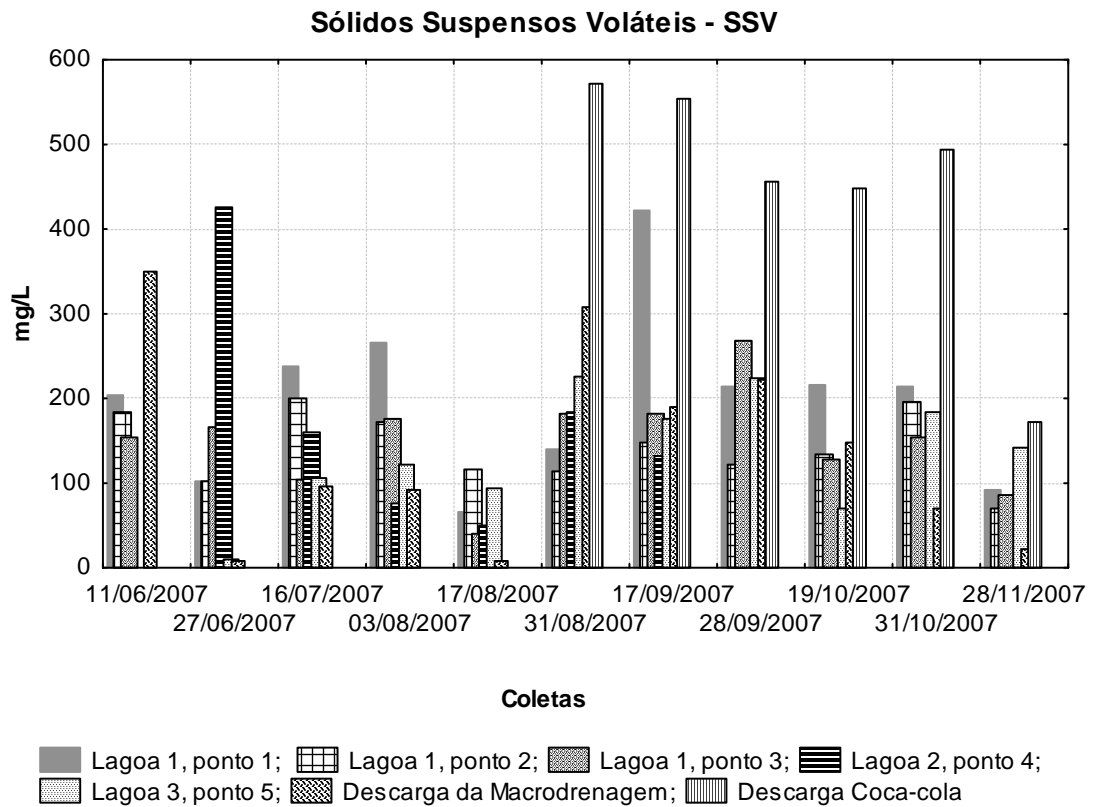


Figura 47 – SSV (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

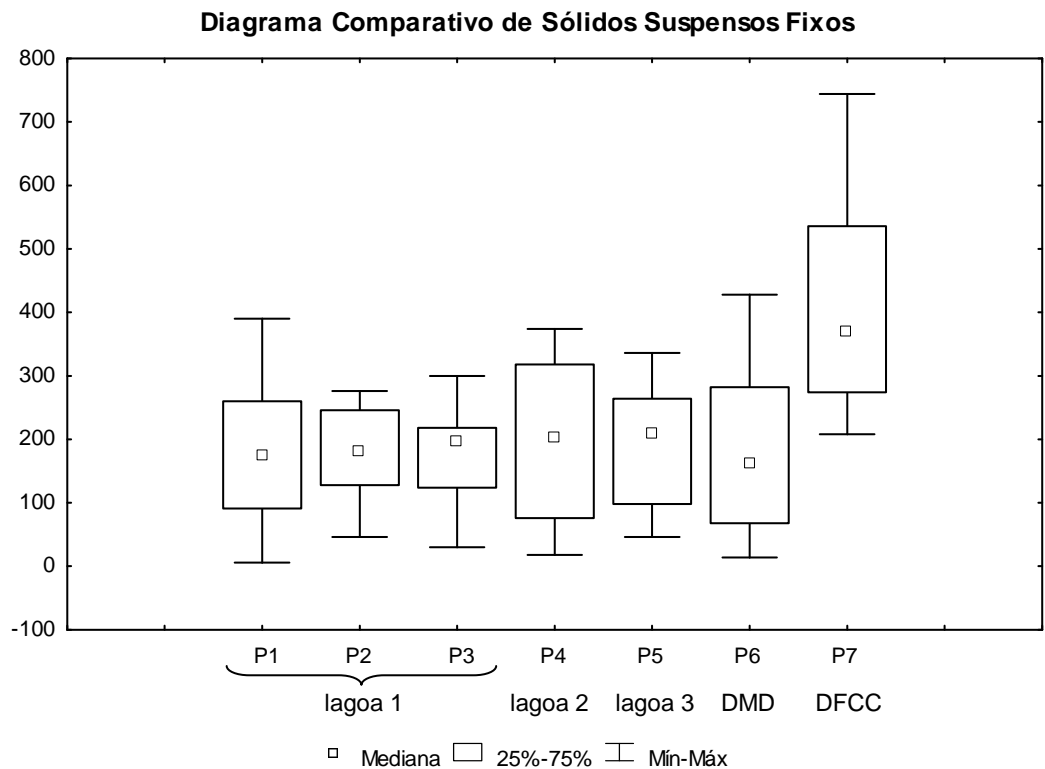


Figura 48 – Diagramas de caixa comparativos de sólidos suspensos fixos (mg/L) nos locais de coleta.

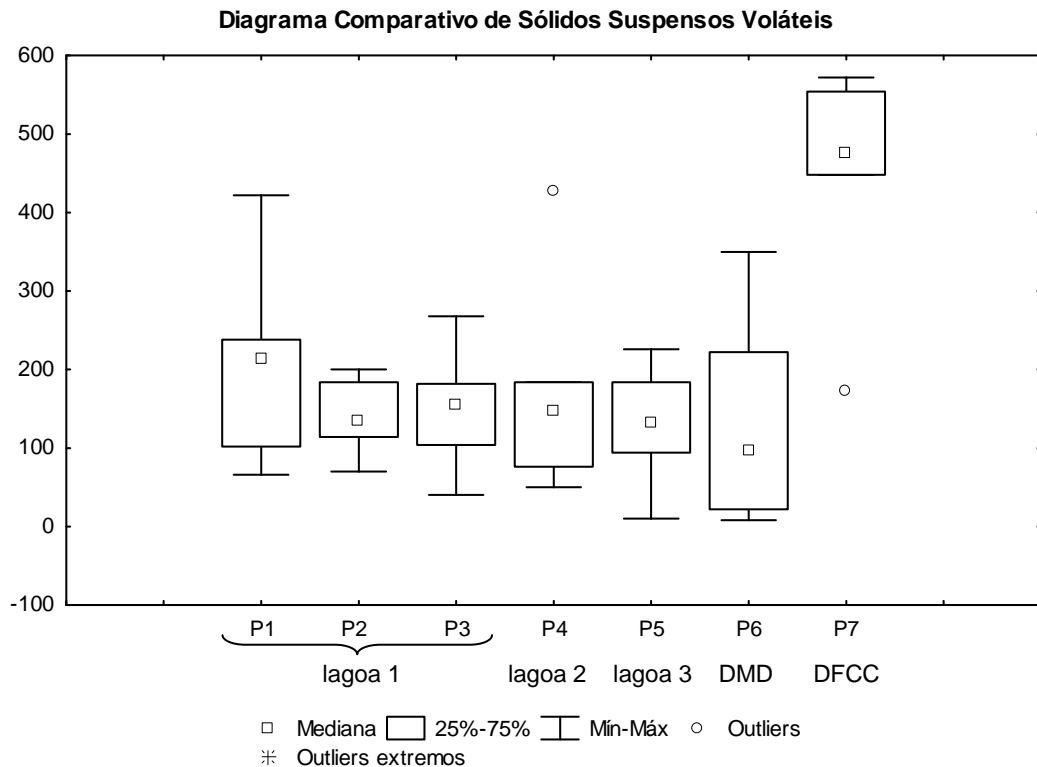


Figura 49 – Diagramas de caixa comparativos de sólidos suspensos voláteis (mg/L) nos locais de coleta.

### 6.3.5 Coliformes totais e termotolerantes

As figuras 50 e 52 mostram que a partir do mês de setembro as concentrações de coliformes termotolerantes na lagoa 1 sofreram uma discreta redução na maioria das amostras, sendo esse período coincidente com a diminuição dos índices pluviométricos registrados na região estudada.

Nas coletas de 31 de agosto e 17 de setembro as concentrações de coliformes termotolerantes na descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* estavam muito acima da maioria da média dos valores constatados, conforme mostra a figura 52. Analisando a distribuição diária das precipitações ocorridas nos dias que antecederam as referidas coletas (figuras 12 e 13), constata-se que a elevação dos valores de coliformes termotolerantes na citada fábrica não pode ser atribuída as chuvas.

Os *outliers* extremos constatados nos pontos P2, P4, P5 e P6 dos diagramas de coliformes totais e nos pontos P1, P2, P3 e P4 dos diagramas de

coliformes termotolerantes, representam valores distantes mais de 3 amplitudes interquartis da extremidade da caixa, ou seja, muito acima da média dos resultados obtidos nas demais amostras.

O grande afastamento observado entre o valor máximo e a mediana no diagrama do ponto P7 de coliformes termotolerantes, indica a existência de pelo menos um dado de valor muito elevado em relação à maior parte dos dados existentes.

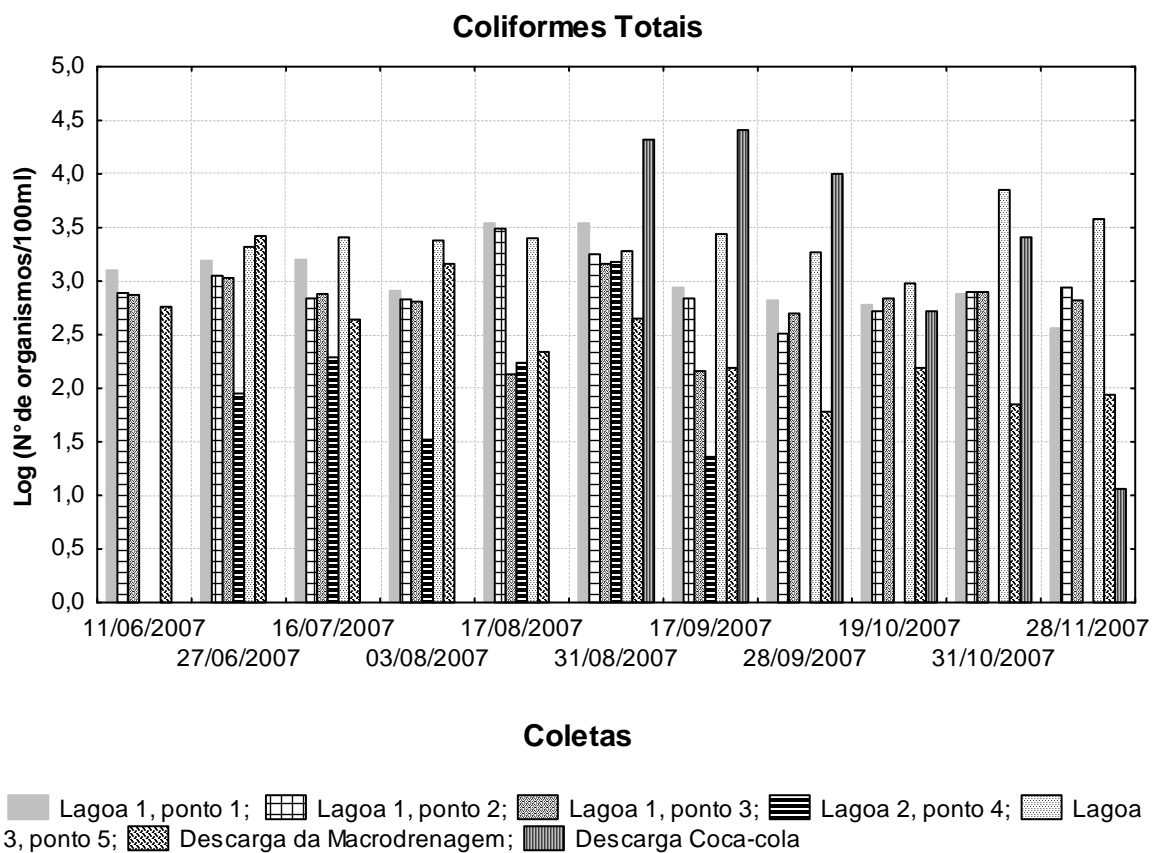


Figura 50 – Coliformes totais [Log (N° de organismos/100mL)] ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

**Diagramas Comparativos de Coliformes Totais**

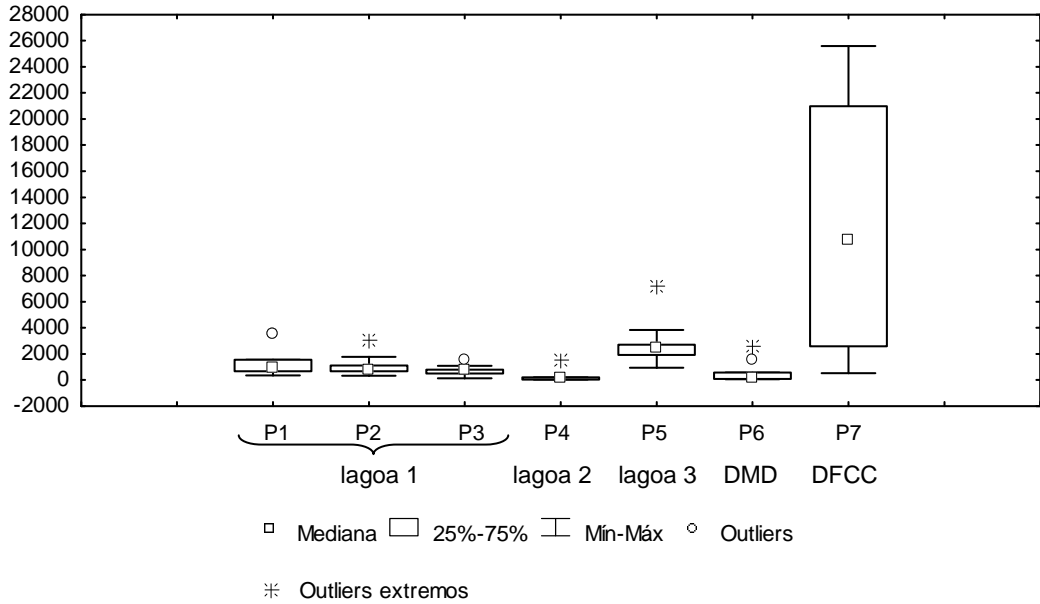


Figura 51 – Diagramas de caixa comparativos de coliformes totais (NMP/100mLx10<sup>3</sup>) nos locais de coleta.

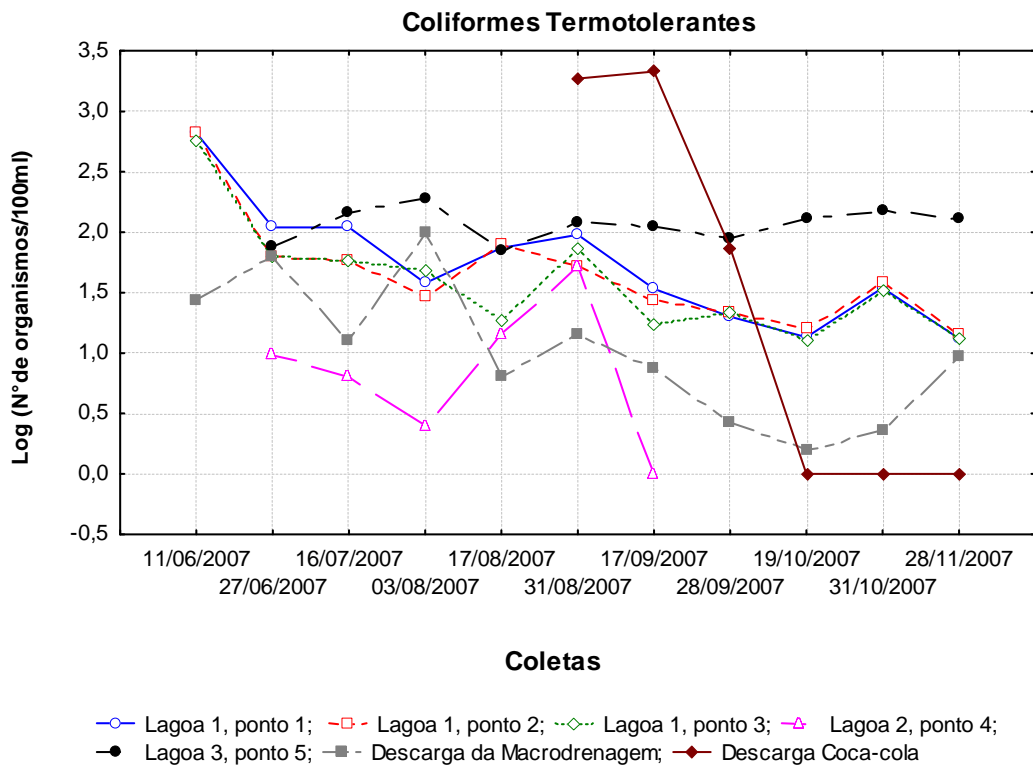


Figura 52 – Coliformes termotolerantes [Log (N° de organismos/100mL)] ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

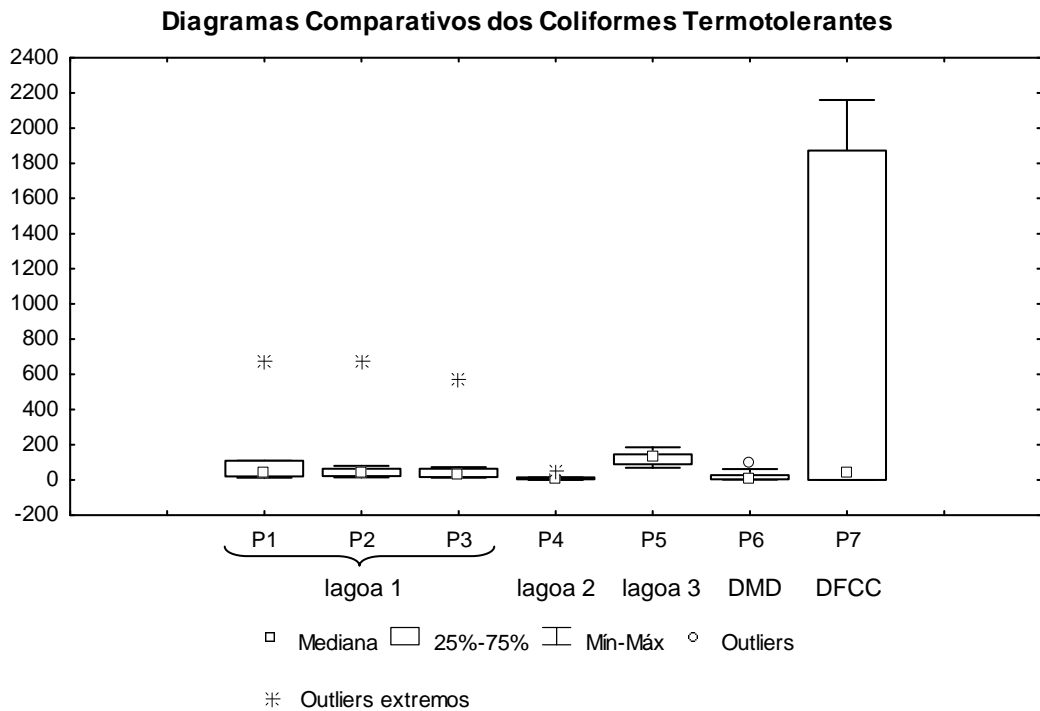


Figura 53 – Diagramas de caixa comparativos de coliformes termotolerantes (NMP/100mLx10<sup>3</sup>) nos locais de coleta.

O menor desvio padrão encontrado no ponto P3 de coliformes totais (373 NMP/100mLx10<sup>3</sup>) e no ponto P4 de coliformes termotolerantes (19 MPN/100mLx10<sup>3</sup>), confirmado pela menor amplitude interquartil nos diagramas de caixa correspondentes, indicou que no referido ponto da lagoa 1 e na lagoa 2 o ambiente era mais homogêneo quanto à presença do referido parâmetro, conforme mostra a tabela 11.

Tabela 11 – Média e desvio padrão dos coliformes totais e termotolerantes.

| Estações de coleta | Coliformes totais      |               | Coliformes Termotolerantes |               |
|--------------------|------------------------|---------------|----------------------------|---------------|
|                    | Média x10 <sup>3</sup> | Desvio Padrão | Média x10 <sup>3</sup>     | Desvio Padrão |
| P1                 | 1381                   | 1083          | 110                        | 189           |
| P2                 | 1029                   | 777           | 98                         | 194           |
| P3                 | 689                    | 373           | 84                         | 161           |
| P4                 | 339                    | 587           | 14                         | 19            |
| P5                 | 2794                   | 1690          | 120                        | 36            |
| P6                 | 571                    | 797           | 22                         | 31            |
| P7                 | 11870                  | 9898          | 684                        | 1036          |



A figura 54 mostra que a quantidade de coliformes termotolerantes teve uma discreta redução na lagoa 1, na maioria das amostras coletadas a partir do período de estiagem (mês de setembro).

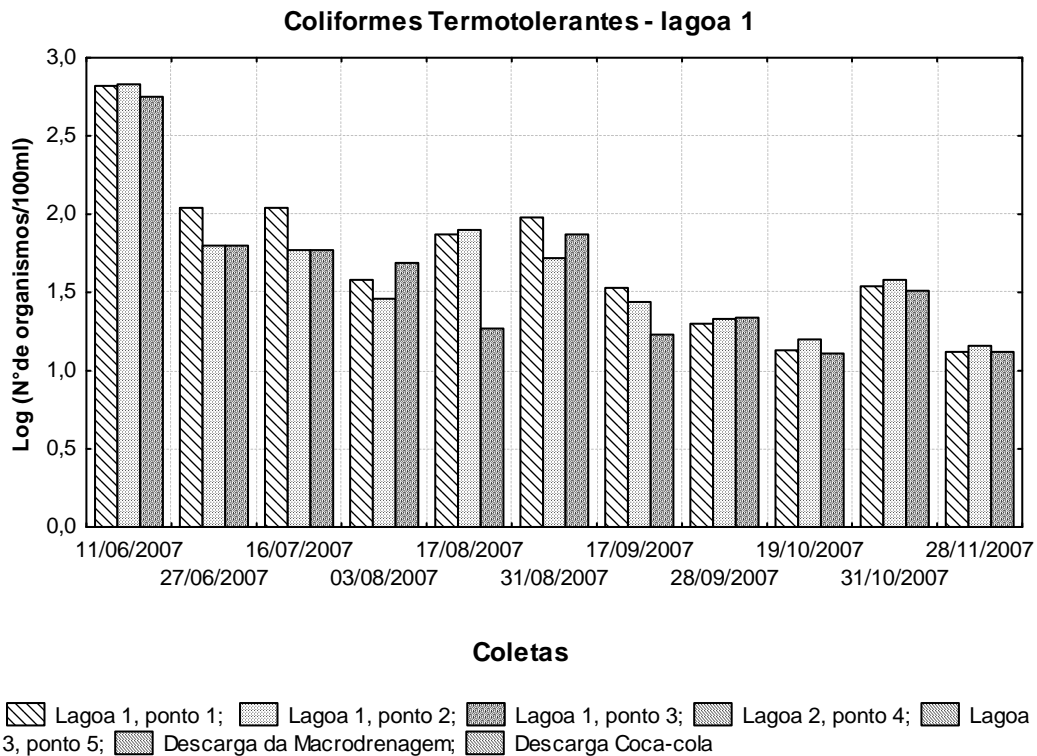


Figura 54 – Coliformes termotolerantes [Log (N° de organismos/100mL)] ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

### 6.3.6 Cor verdadeira

A cor verdadeira atingiu o valor máximo de 37 mg PtCo/L no ponto 7, no dia 31 de outubro e o valor mínimo nos pontos da lagoa 1 e na lagoa 3 no dia 31 de agosto (figura 55).

Os diagramas referentes aos pontos P2 (lagoa 1) e P6 (descarga da macro drenagem) exibidos na figura 56, indicaram que a distribuição dos dados de cor verdadeira apresentava simetria em torno do valor central.

Na figura 56 pode-se observar que a cor verdadeira nos pontos referentes à lagoa 3, descarga da macro drenagem e da fábrica da *Coca-cola* apresentou valor médio superior ao das lagoas 1 e 2. Já na figura 55 percebe-

se que a partir do mês de outubro, período com pouca chuva, ocorreu elevação no nível de cor verdadeira em todas as amostras.

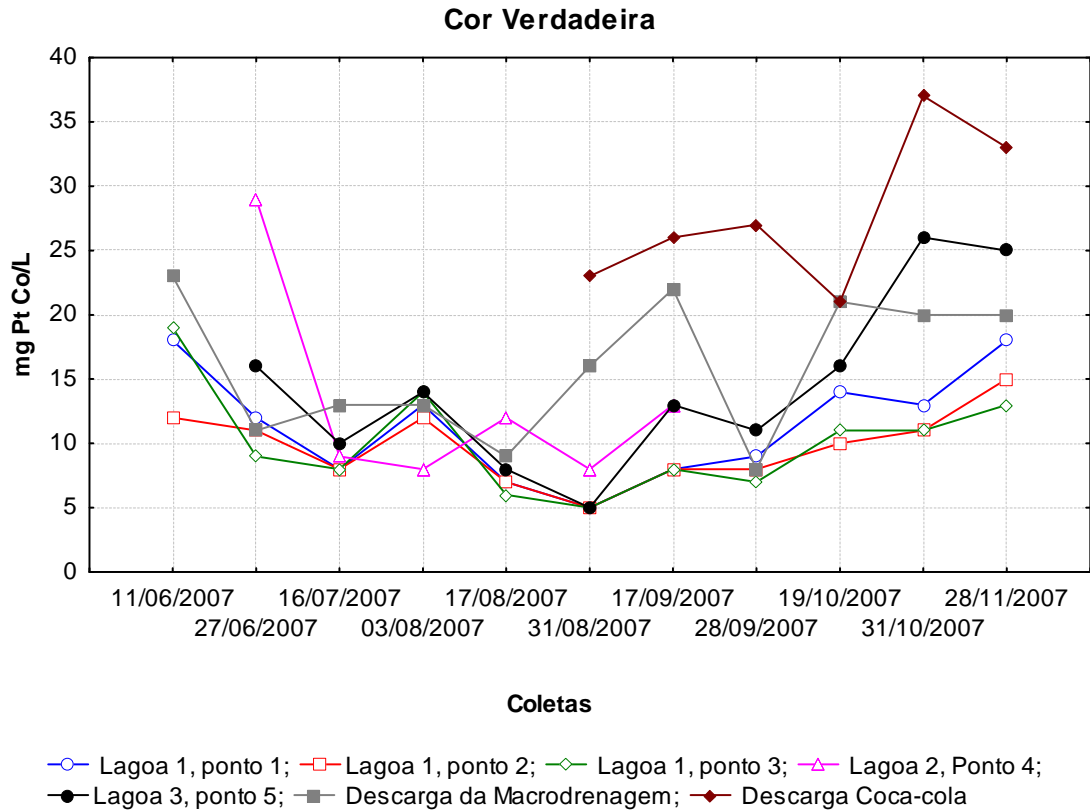


Figura 55 – Cor verdadeira (mg PtCo/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

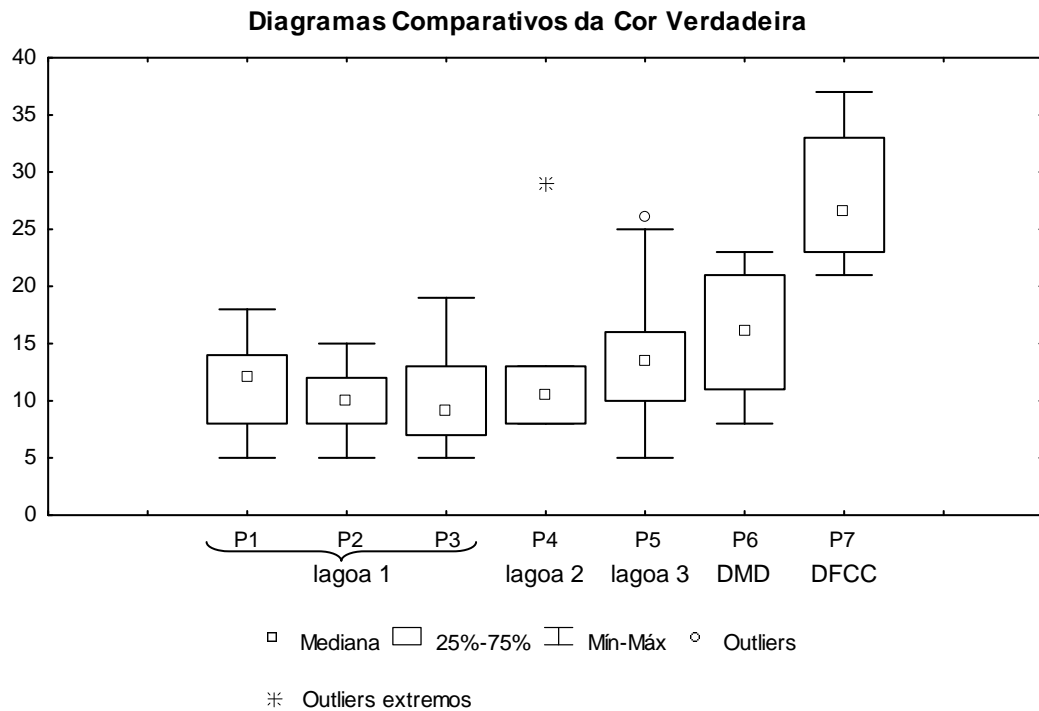


Figura 56 – Diagramas de caixa comparativos da cor verdadeira (mg PtCo/L) nos locais de coleta.

### 6.3.7 DQO e DBO<sub>5</sub>

A carga orgânica presente nas águas das lagoas de detenção examinadas foi avaliada a partir dos dados de DQO e DBO<sub>5</sub>, cujas concentrações são mostradas nas figuras 57 e 58. Na lagoa 1 a concentração média de DQO foi de 99,36 mg/L, com variação de 45,17 a 192,32 mg/L. Na lagoa 2 o valor médio dos dados determinados foi de 36,66 mg/L, havendo variação de 15,03 a 90,02 mg/L. A lagoa 3 apresentou concentração média de DQO de 66,81 mg/L, com valores máximos e mínimos de 114,05 e 40,3 mg/L, respectivamente, enquanto a descarga da macrodrenagem teve valor médio de 68,42 mg/L, com valores extremos de 15,96 e 140,14 mg/L. Já a descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* apresentou valor médio de concentração de DQO igual a 366,09 mg/L, valor máximo de 447,35 mg/L e valor mínimo de 257,65 mg/L.

Na lagoa 1 o maior valor determinado de DBO foi 30 mg/L (ponto 1), a menor concentração foi igual a 11,4 mg/L (ponto 3), enquanto a média das concentrações correspondeu a 17,97 mg/L.

A descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* apresentou valor médio de concentração de DBO<sub>5</sub> igual a 53,1 mg/L, valor máximo de 80 mg/L e valor mínimo de 29 mg/L.

As figuras 59 e 60 mostram os diagramas de DQO e DBO<sub>5</sub>, respectivamente, onde se observam os valores máximos e mínimos, a mediana e o quartil inferior e superior das caixas.

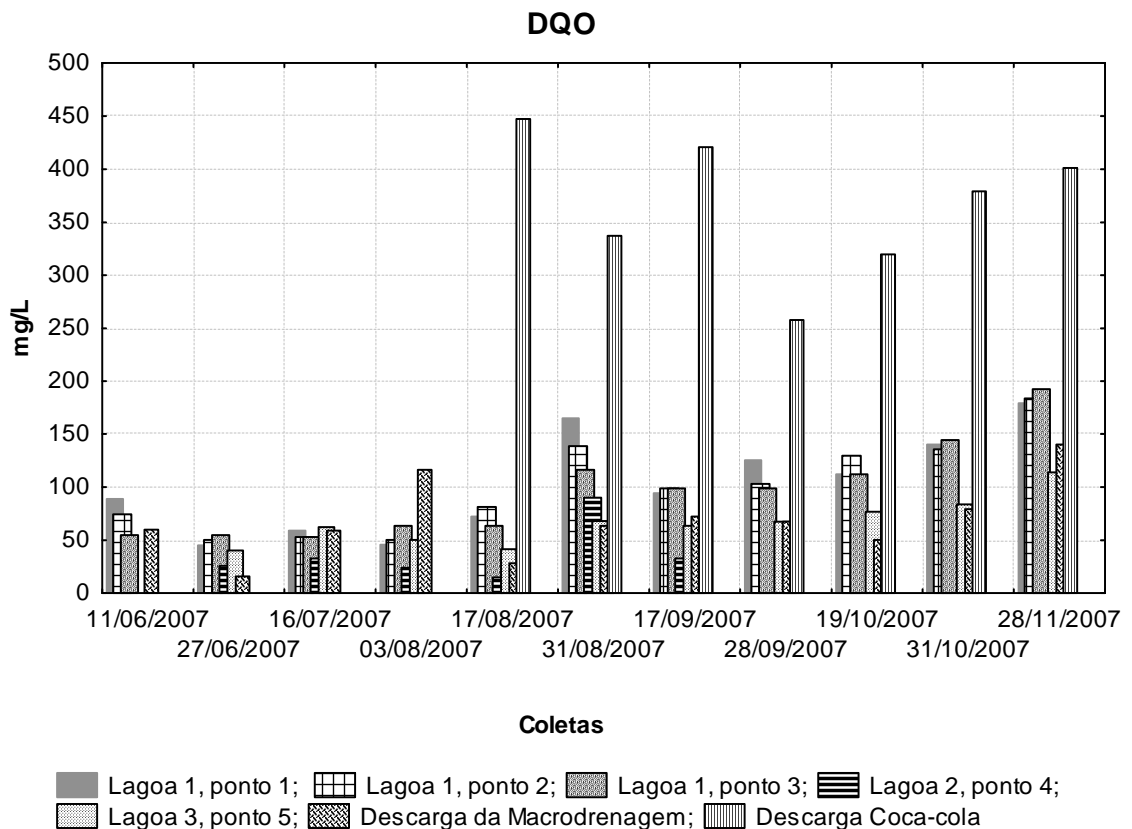


Figura 57 – DQO (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

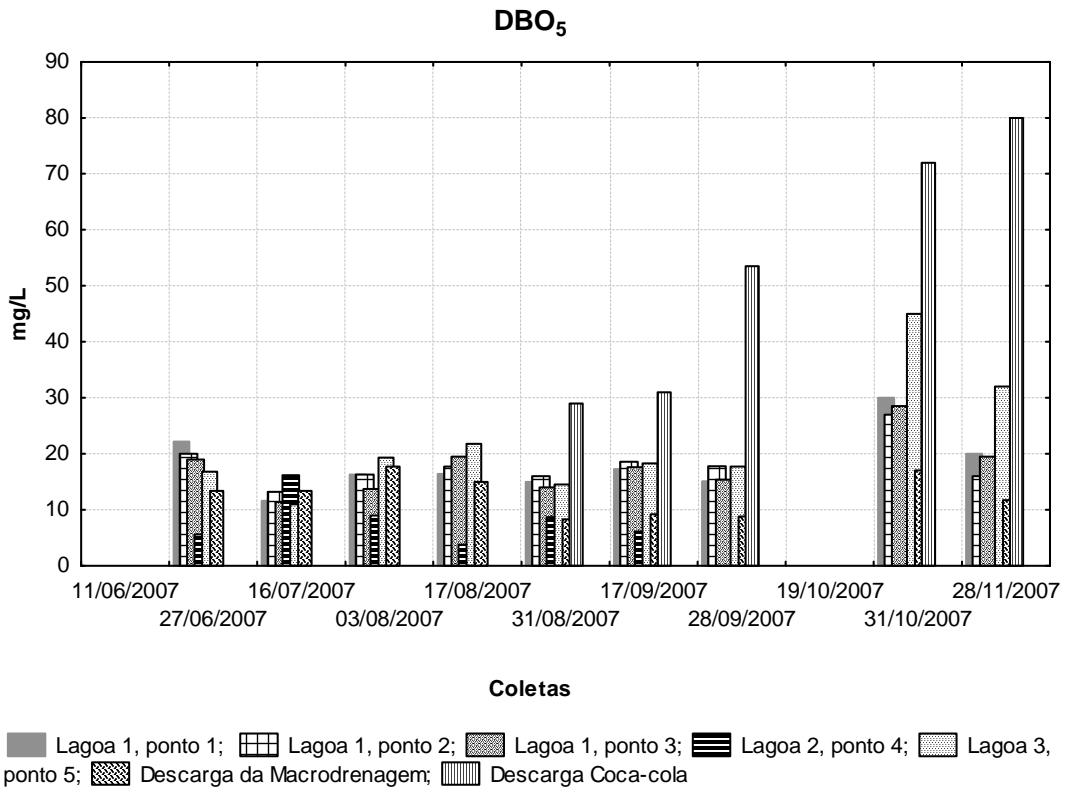


Figura 58 – DBO<sub>5</sub> (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

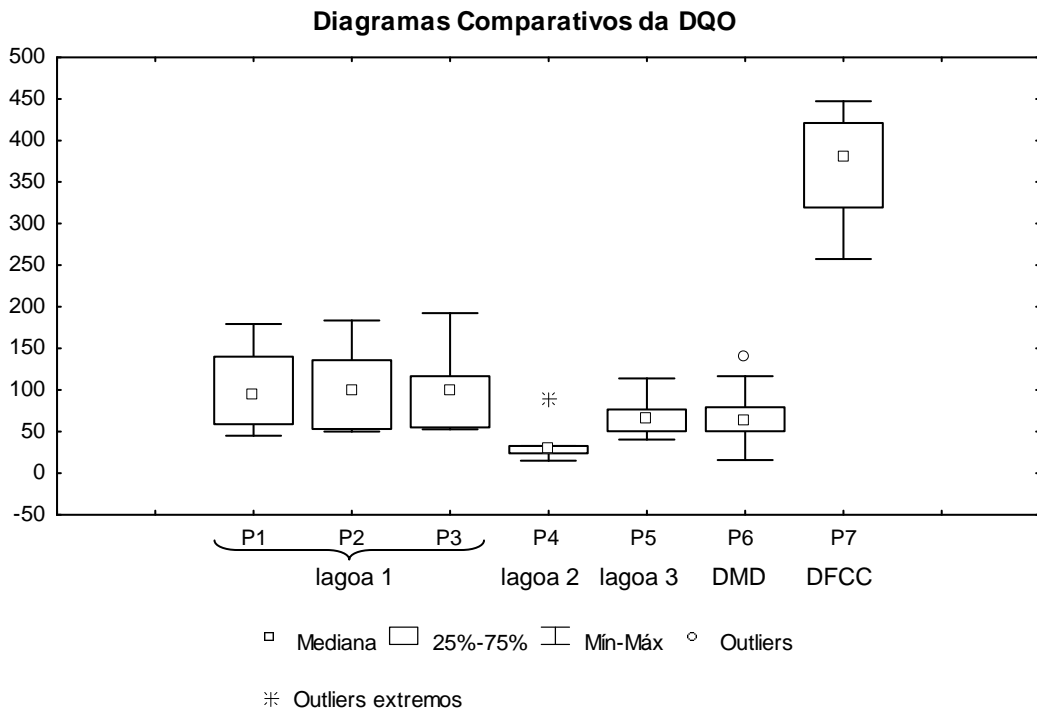


Figura 59 – Diagramas de caixa comparativos da DQO (mg/L) nos locais de coleta.

**Diagramas Comparativos da DBO<sub>5</sub>**

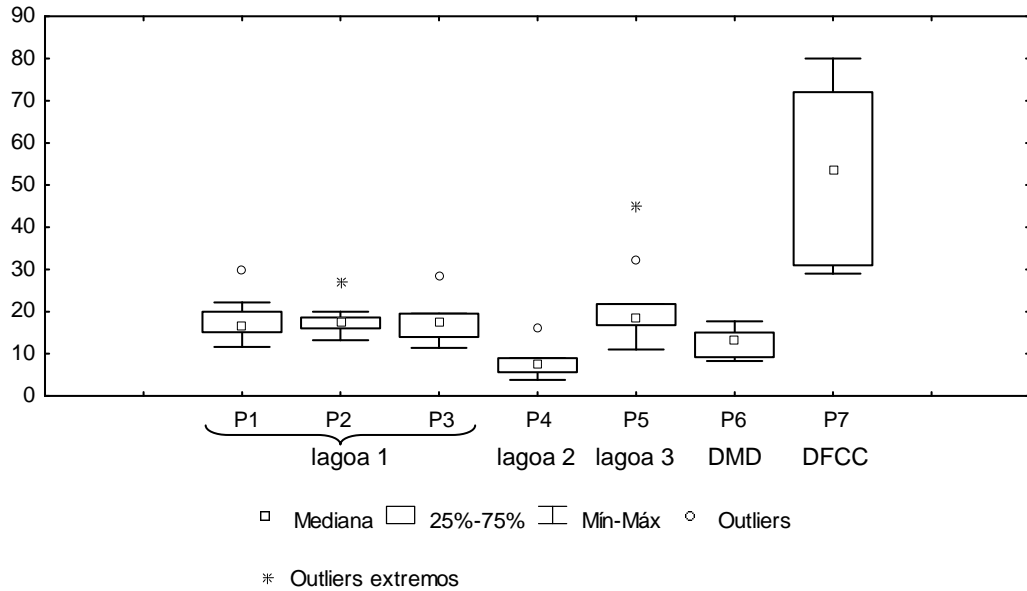


Figura 60 – Diagramas de caixa comparativos da DBO<sub>5</sub> (mg/L) nos locais de coleta.

### 6.3.8 Fósforo total

As concentrações de fósforo total nos dias 31 de agosto, 17 de setembro e 19 e 31 de outubro nas lagoas 1 e 3, bem como na descarga da macrodrenagem (figura 61), estiveram entre as maiores registradas nos dias de coleta. Nessas datas os índices de chuva foram baixos ou coincidiram com a estiagem.

A figura 62 mostra a semelhança da localização dos diagramas nos pontos P1, P2, P3, P5 e P6, indicando que as concentrações de fósforo nas lagoas 1 e 3 foram muito aproximadas ao longo do período de coleta. Além disso, podem ser observados os elevados valores de fósforo no ponto P7.

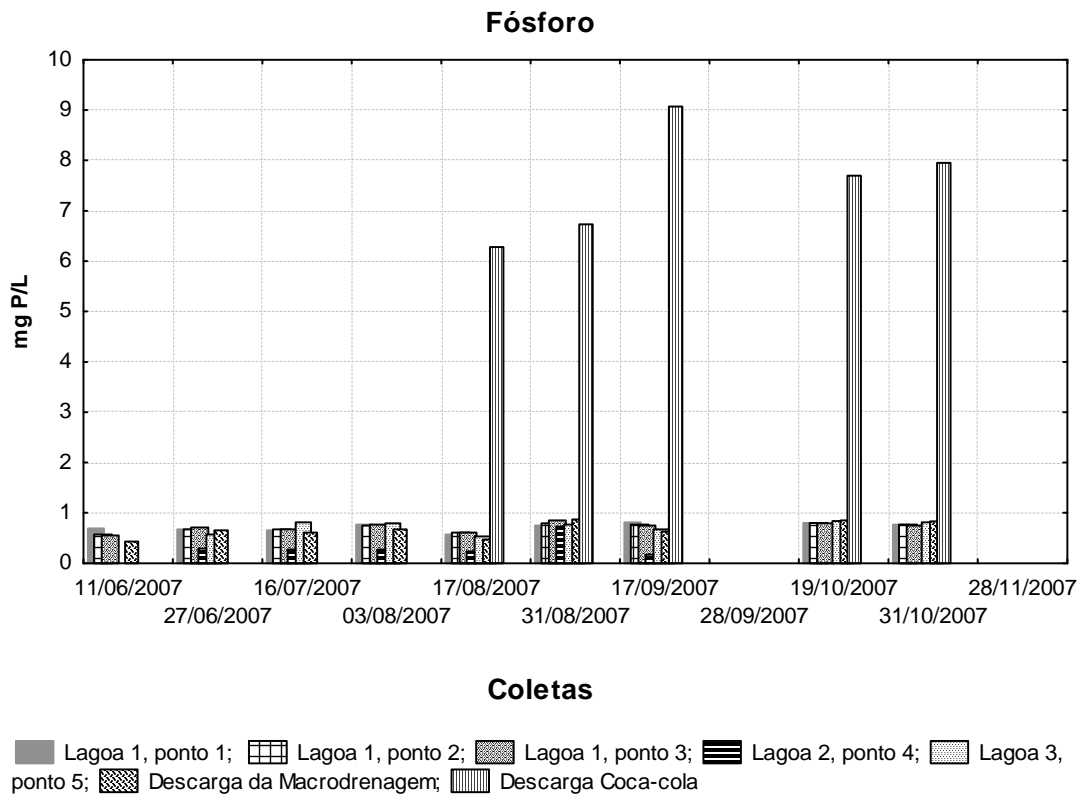


Figura 61 – Fósforo (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

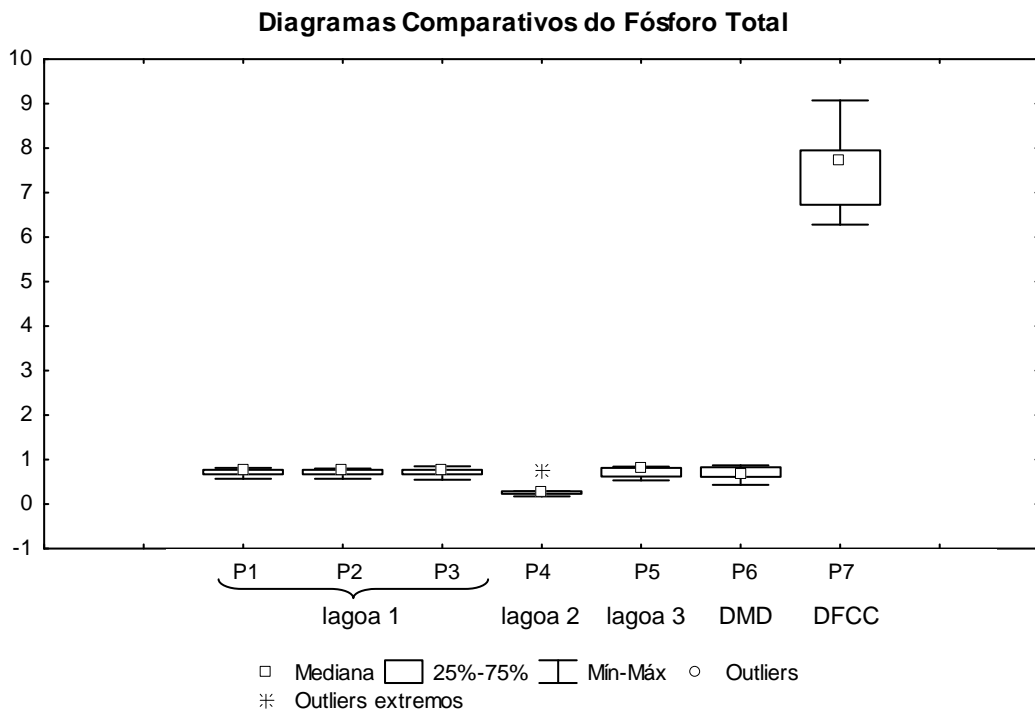


Figura 62 – Diagramas de caixa comparativos de fósforo total (mg/L) nos locais de coleta.

### 6.3.9 Sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica

Os valores dos sólidos dissolvidos totais estavam abaixo do limite máximo de 500 mg/L permitido para águas doce de classes 1, 2 e 3, pela Resolução CONAMA 357/2005, conforme mostra a figura 63, com exceção do valor correspondente a coleta realizada no ponto 3 da lagoa 1, no dia 03 de agosto, que foi igual a 528 mg/L.

O diagrama dos pontos P2, P5 e P7 (figura 64) tiveram distribuição razoavelmente simétrica das concentrações de sólidos dissolvidos totais em torno do valor central. Também pode ser observado o elevado valor mínimo no ponto P7 em relação ao valor máximo dos demais diagramas.

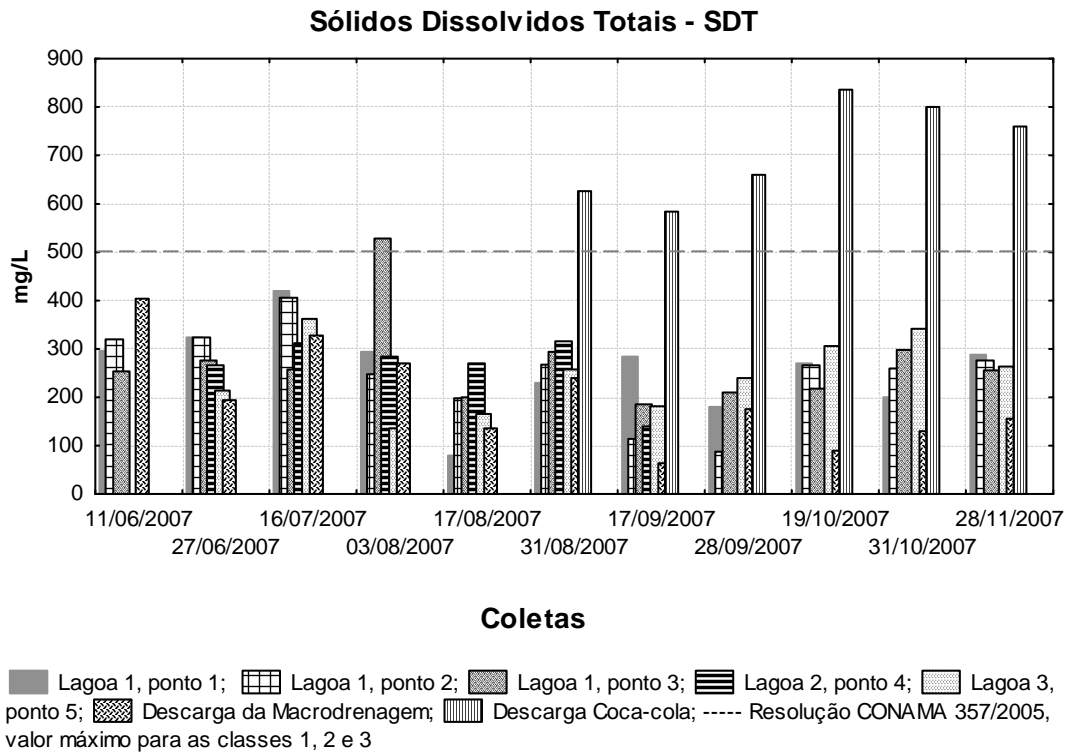


Figura 63 – SDT (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta, bem como linha horizontal indicando o valor máximo recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005.



**Diagrama Comparativo de Sólidos Dissolvidos Totais**

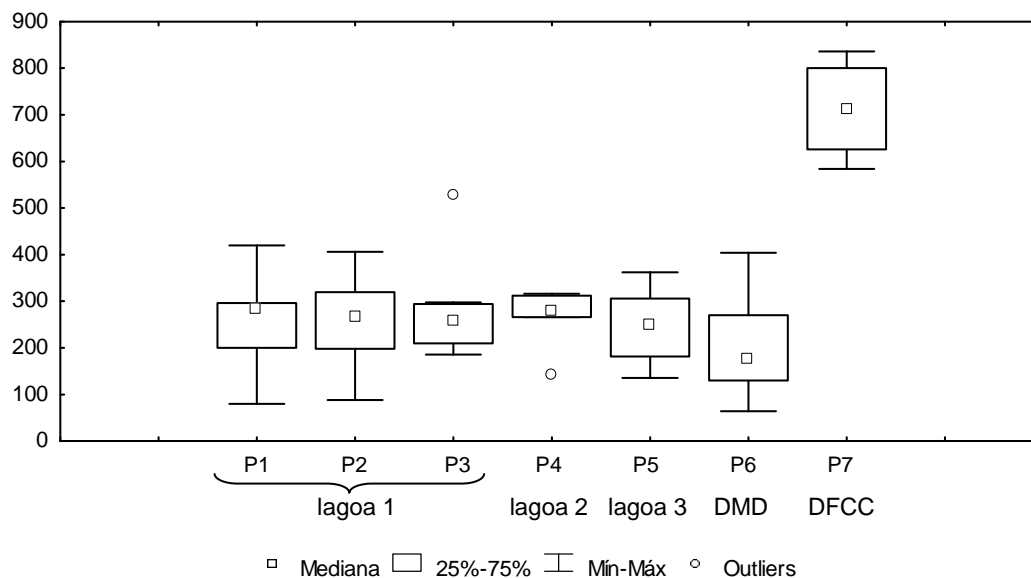


Figura 64 – Diagramas de caixa comparativos de SDT (mg/L) nos locais de coleta.

A figura 66 mostra que a mediana tem valor muito próximo nos diagramas de caixa dos pontos correspondentes as lagoas 1, 2 e 3, e no ponto P6 (descarga da macrodrenagem), bem como evidencia que o valor mínimo do diagrama do ponto P7 é muito superior ao valor máximo dos demais diagramas e que o diagrama do ponto P3 possui a menor amplitude interquartil, indicando que nesse ponto ocorre o menor desvio padrão dos dados.

As tabelas 12 e 13 mostram os valores das médias e o desvio padrão da condutividade e de sólidos dissolvidos totais.

Tabela 12 – Média e desvio padrão dos sólidos dissolvidos totais e da condutividade na lagoa 1.

| Parâmetro             | Ponto 1 |               | Ponto 2 |               | Ponto 3 |               |
|-----------------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
|                       | Média   | Desvio Padrão | Média   | Desvio Padrão | Média   | Desvio Padrão |
| SDT (mg/L)            | 260,55  | 87,70         | 251,64  | 91,37         | 270,73  | 93,17         |
| Condutividade (µS/cm) | 261,55  | 44,93         | 246,18  | 47,71         | 244,09  | 39,63         |

Tabela 13 – Média e desvio padrão dos sólidos dissolvidos totais e da condutividade nas lagoas 2 e 3, bem como na DMD e DFCC.

| Parâmetro                                 | Lagoa 2 |               | Lagoa 3 |               | DMD    |               | DFCC   |               |
|---|---------|---------------|---------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
|   | Média   | Desvio Padrão | Média   | Desvio Padrão | Média  | Desvio Padrão | Média  | Desvio Padrão |
| SDT (mg/L)                                | 264,67  | 64,53         | 247     | 74,82         | 198,91 | 103,26        | 711    | 101,88        |
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 230,33  | 67,96         | 271,7   | 62,86         | 273,18 | 64,68         | 807,43 | 128,75        |

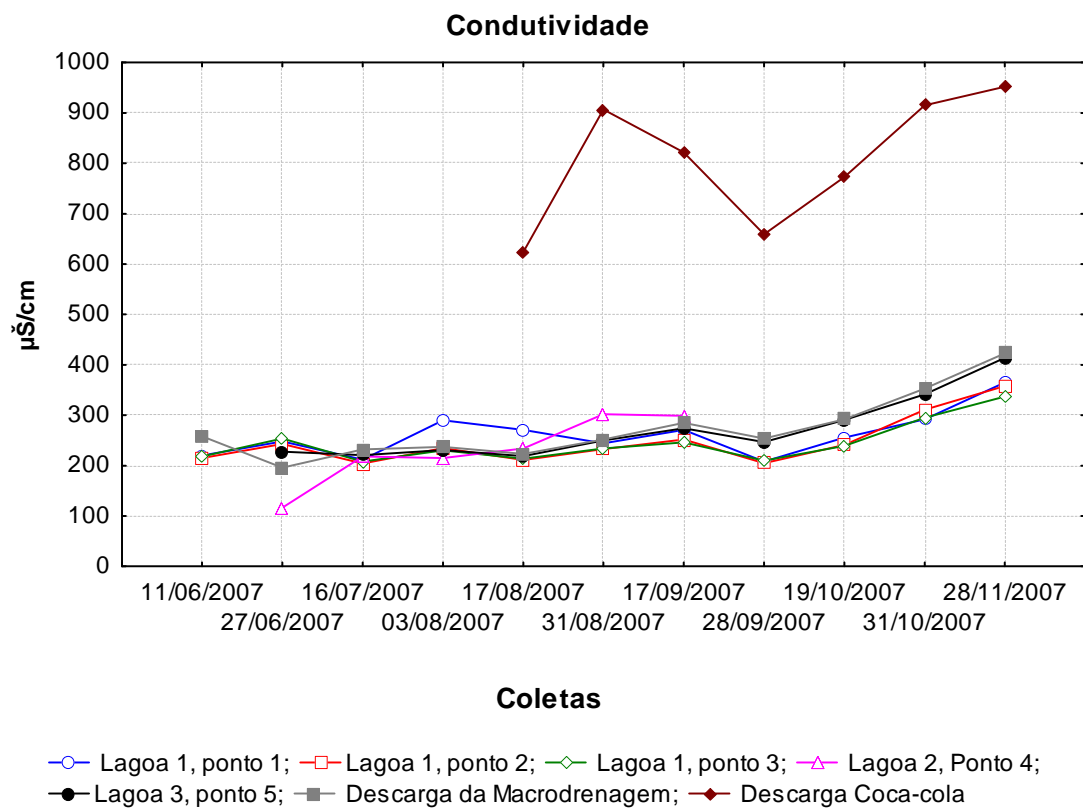


Figura 65 – Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

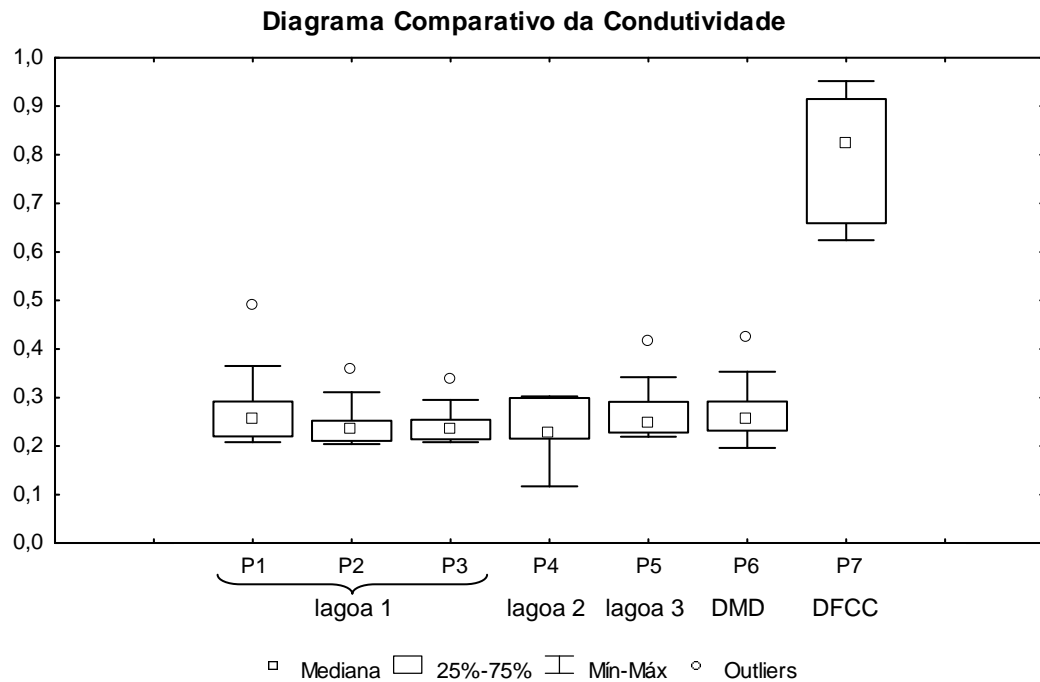


Figura 66 – Diagramas de caixa comparativos de condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos locais de coleta.

Na figura 67 observa-se que a condutividade não aumenta em função dos sólidos dissolvidos totais. Esse fato pode ser decorrente dos efluentes da fábrica de refrigerante *Coca-cola* despejados na lagoa 1, que apresentavam altos valores de condutividade, o que pode ter contribuído para a elevação deste parâmetro na referida lagoa.

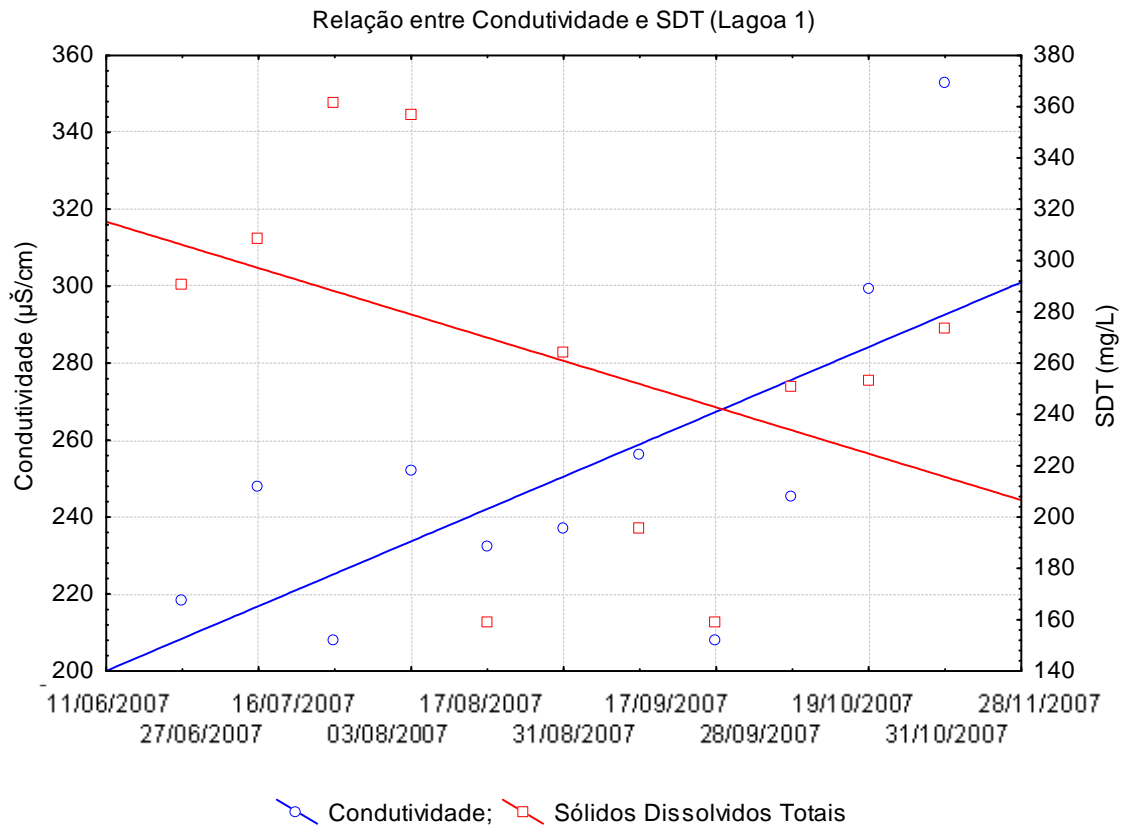


Figura 67 – Relação entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais na lagoa 1.

Na figura 68 pode ser constatado que na lagoa 3 que os valores da condutividade e dos sólidos dissolvidos totais cresceram em todo o período de coleta.

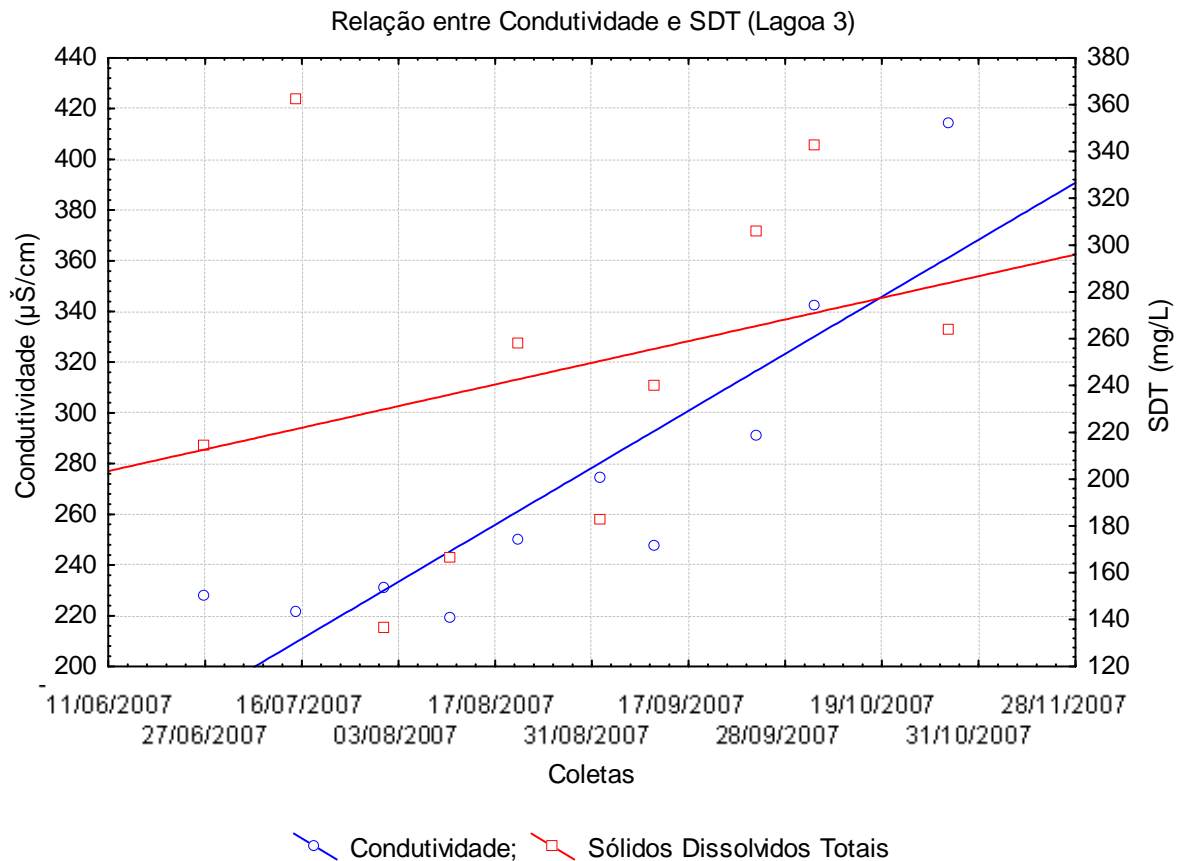


Figura 68 – Relação entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais na lagoa 3.

### 6.3.10 Oxigênio Dissolvido

As maiores concentrações ocorreram na descarga da macrodrenagem, devido à turbulência das águas que possibilitou a incorporação de maior quantidade de oxigênio, sendo reduzidas a partir do mês de outubro, quando as chuvas se tornaram menos intensas (figura 69).

A média das concentrações nos corpos d'água examinados foram as seguintes: lagoa 1 = 1,97 mg/L, lagoa 2 = 2,07 mg/L, lagoa 3 = 2,33 mg/L e DMD = 6,3 mg/L.

A figura 70 mostra no diagrama de caixa do ponto P1 o primeiro quartil próximo do valor mínimo, o que indica a existência de outros dados próximos deste valor. No ponto P2 a distribuição da concentração de oxigênio foi simétrica em torno do valor central. Os pontos P3 e P4 possuem um *outlier*, o que indica a existência de valor discrepante em relação à média dos dados. O

*outlier* extremo no ponto P4 indica que o valor de concentração 2,5 mg/L, obtido na coleta realizada no dia 27 de junho, está excessivamente acima da média dos dados. A mediana na caixa do ponto P6, situada próxima do valor máximo, indica que a maior parte das concentrações nesse ponto tem valor elevado.

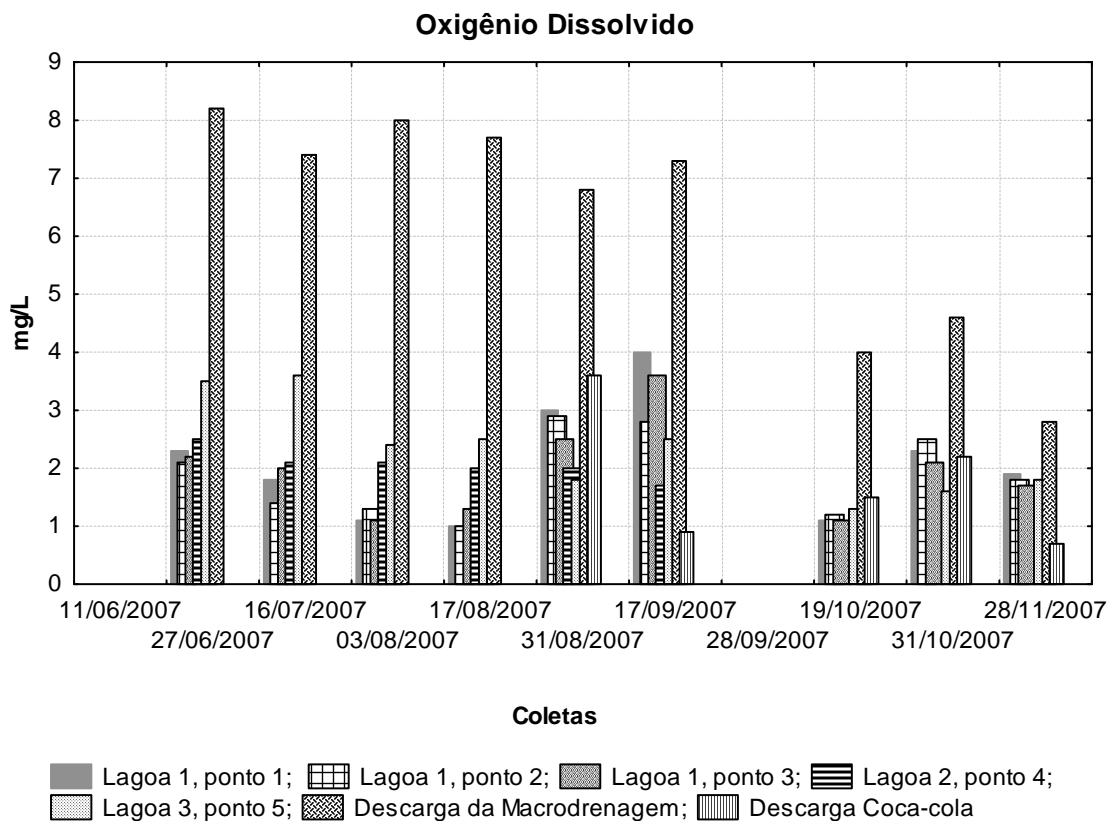


Figura 69 – Oxigênio dissolvido (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

**Diagrama Comparativo do Oxigênio Dissolvido**

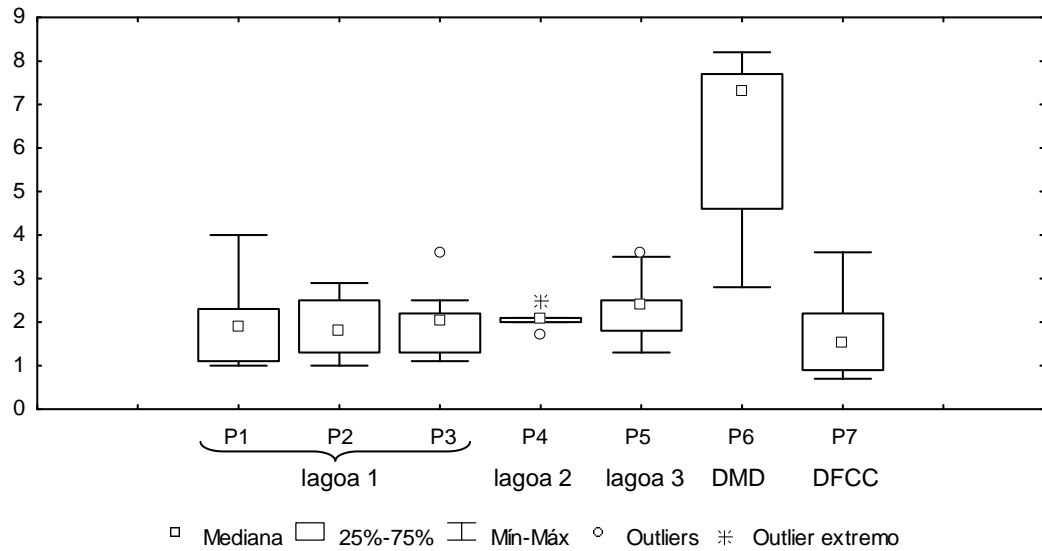


Figura 70 – Diagramas de caixa comparativos de oxigênio dissolvido (mg/L) nos locais de coleta.

### 6.3.11 Descarga na fábrica *Coca-cola*

O valor da vazão dos despejos da fábrica de refrigerante *Coca-cola* variou bastante nos períodos de amostragem, desde o valor máximo de 0,412 m<sup>3</sup>/min, registrado no dia 31 de agosto, até a vazão de 0,121 m<sup>3</sup>/min, ocorrida no dia 28 de novembro (figura 71).

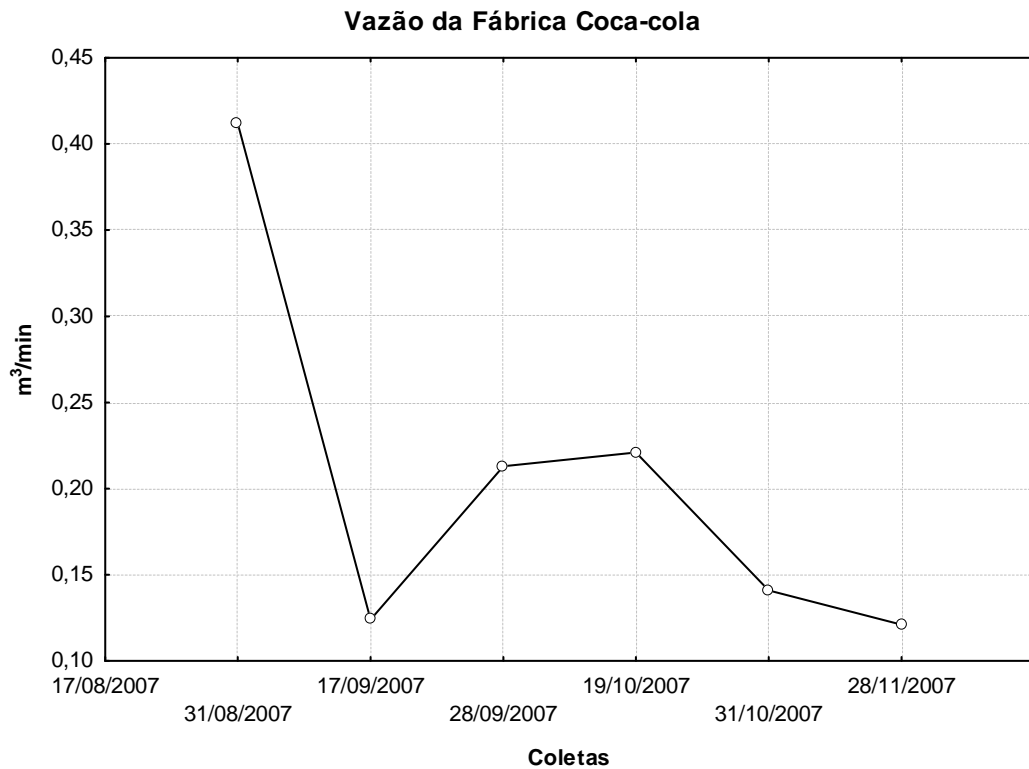


Figura 71 – Vazão efluente da fábrica de refrigerantes da *Coca-cola* na lagoa 1 ao longo do período de amostragem.

### 6.3.12 Descarga da macrodrenagem

A vazão no ponto de coleta na Grota da Alegria, local de descarga das águas da Macro drenagem do Tabuleiro, variou em função da intensidade pluviométrica, atingindo o seu valor máximo no período chuvoso, 1,301 m<sup>3</sup>/s, em 03 de agosto, e o valor mínimo de 0,092 m<sup>3</sup>/min, no dia 19 de outubro, período de estiagem (figura 72).



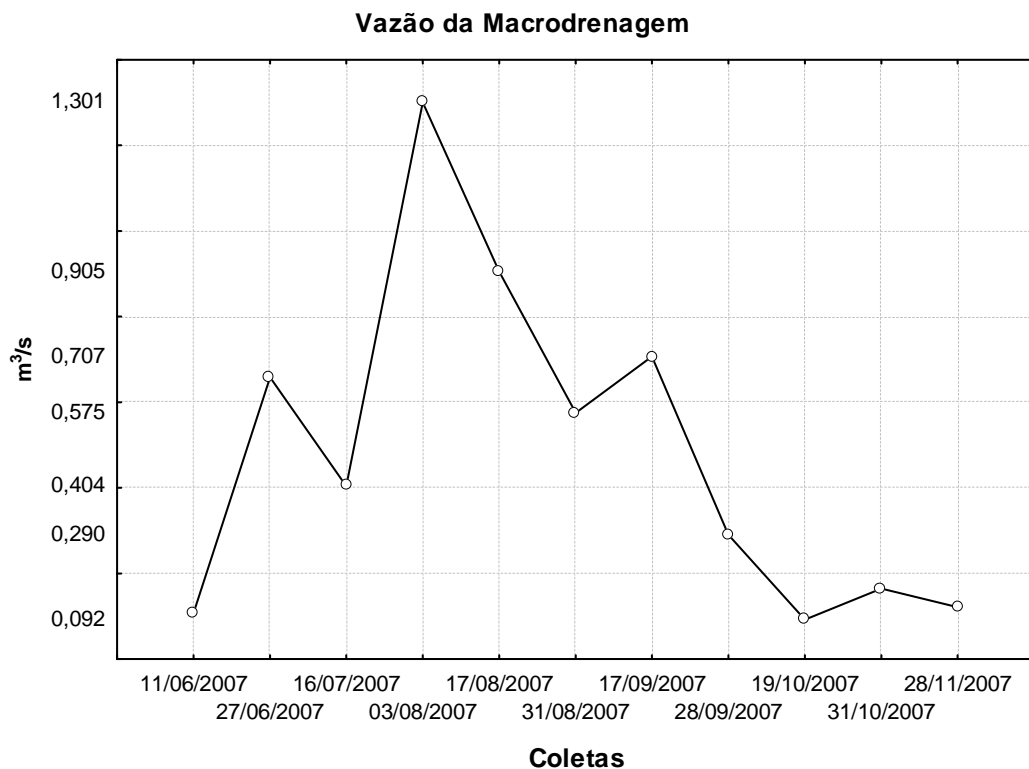


Figura 72 – Vazão da macro drenagem, efluente da lagoa 3.

### 6.3.13 Nitrogênio amoniacal e Nitrito

O diagrama de caixa exibido na figura 74 mostra que a distribuição das concentrações de amônia não foi simétrica em torno do valor central nos pontos de coleta, com exceção do ponto 5 (lagoa 3) que apresentou uma razoável homogeneidade na distribuição dos valores, apesar de possuir um *outlier* acima do quartil superior, ou seja, existia um ponto de valor mais elevado que a média dos dados, com menos de 3 amplitudes interquartis em relação à extremidade da caixa.

A maior parte das concentrações de amônia nas lagoas 1, 2 e no ponto 7 estava próximo do valor mínimo (figuras 73 e 74), tendo em vista que a assimetria supracitada caracterizou-se pelo valor da mediana junto ao primeiro quartil e pelo pequeno comprimento da linha ligada a extremidade inferior da caixa.

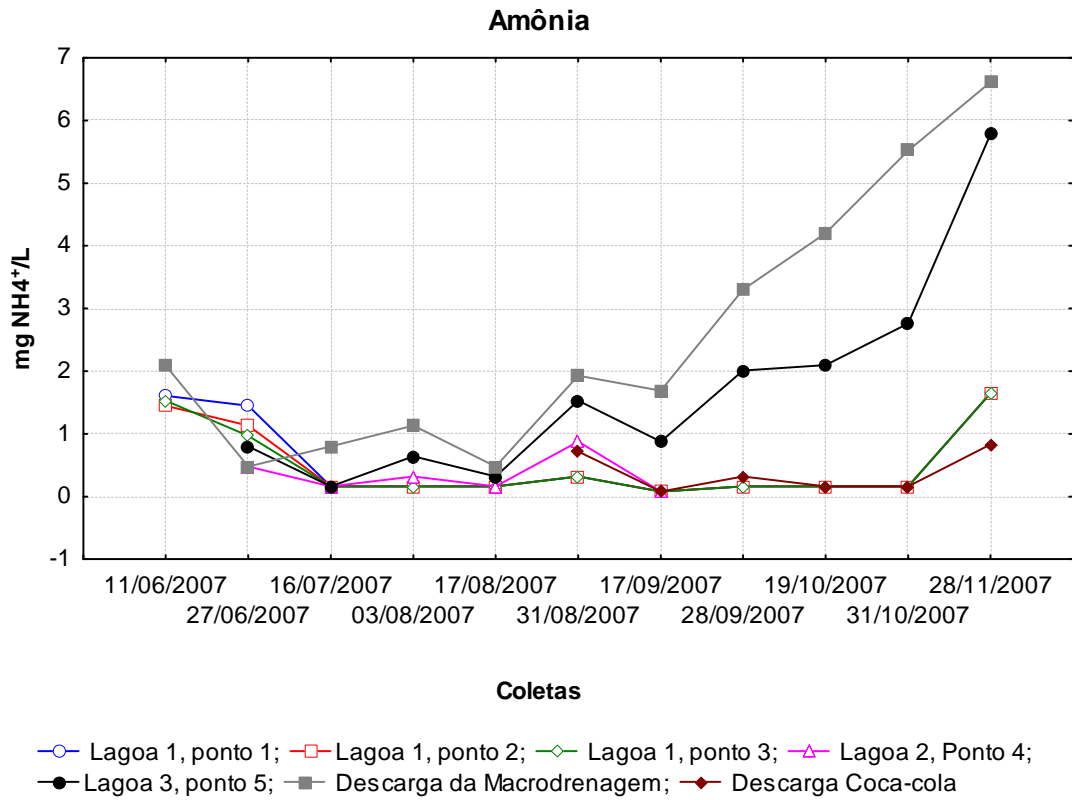


Figura 73 – Amônia (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

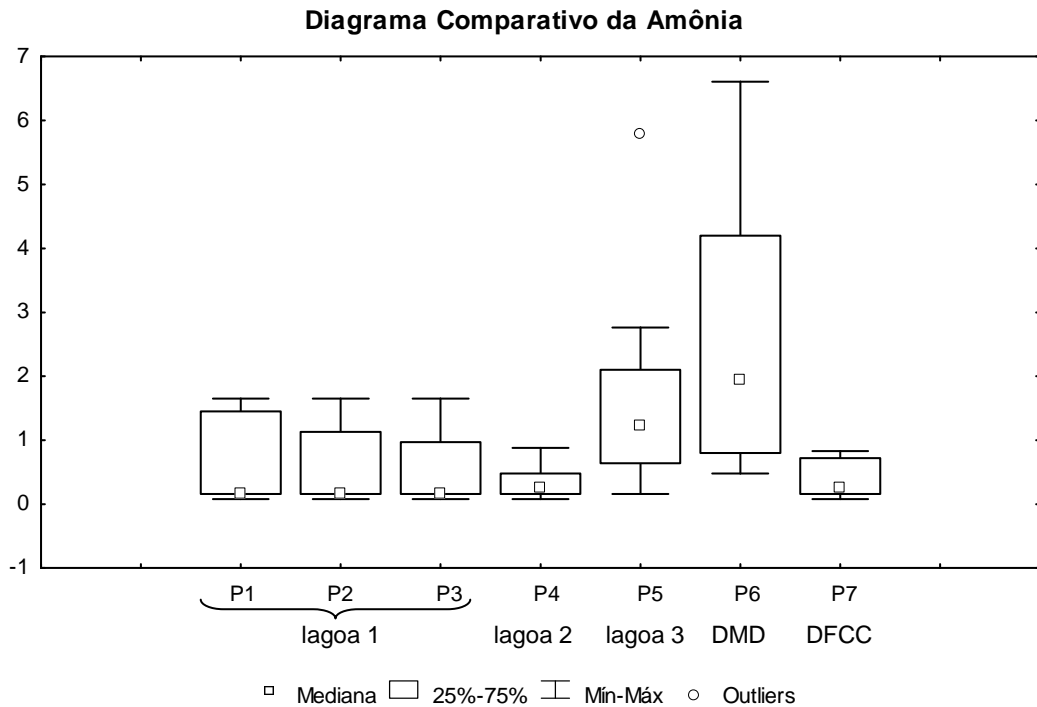


Figura 74 – Diagramas de caixa comparativos de amônia (mg/L) nos locais de coleta.

A análise do nitrogênio na forma de nitrito mostrou que todas as amostras apresentaram concentrações muito baixas. Segundo Ferreira (2008), as concentrações de nitrito em águas naturais são baixas, por oxida-se rapidamente devido a sua instabilidade. A tabela 14 mostra as concentrações de nitrito nas amostras da descarga da macrodrenagem.

Tabela 14 – Concentração de nitrito nas amostras da descarga da macrodrenagem.

| Coleta | 11/jun | 27/jun | 16/jul | 3/ago | 17/ago | 31/ago | 17/set | 28/set | 19/out | 31/out | 28/nov |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| mg/L   | 0,02   | 0,01   | 0,02   | 0,01  | 0,01   | 0,02   | <0,01  | 0,03   | 0,03   | 0,02   | 0,02   |

#### 6.3.14 Cloreto

A figura 75 mostra que a partir do mês de setembro, período em que teve início à redução das chuvas, a concentração de cloreto cresceu em todos os pontos de coleta.

Na figura 76 pode-se constatar que a distribuição das concentrações de cloreto na lagoa 1 é próxima da simetria. Contudo, nas três estações de coleta dessa lagoa, um dos valores da concentração (*outlier*) estava acima da média dos dados. Nos pontos de coleta 5, 6 e 7, observa-se que os desvios padrões e os valores máximos são os mais elevados. Em contrapartida, a lagoa 2 foi a que apresentou a menor média de cloreto nas amostras.

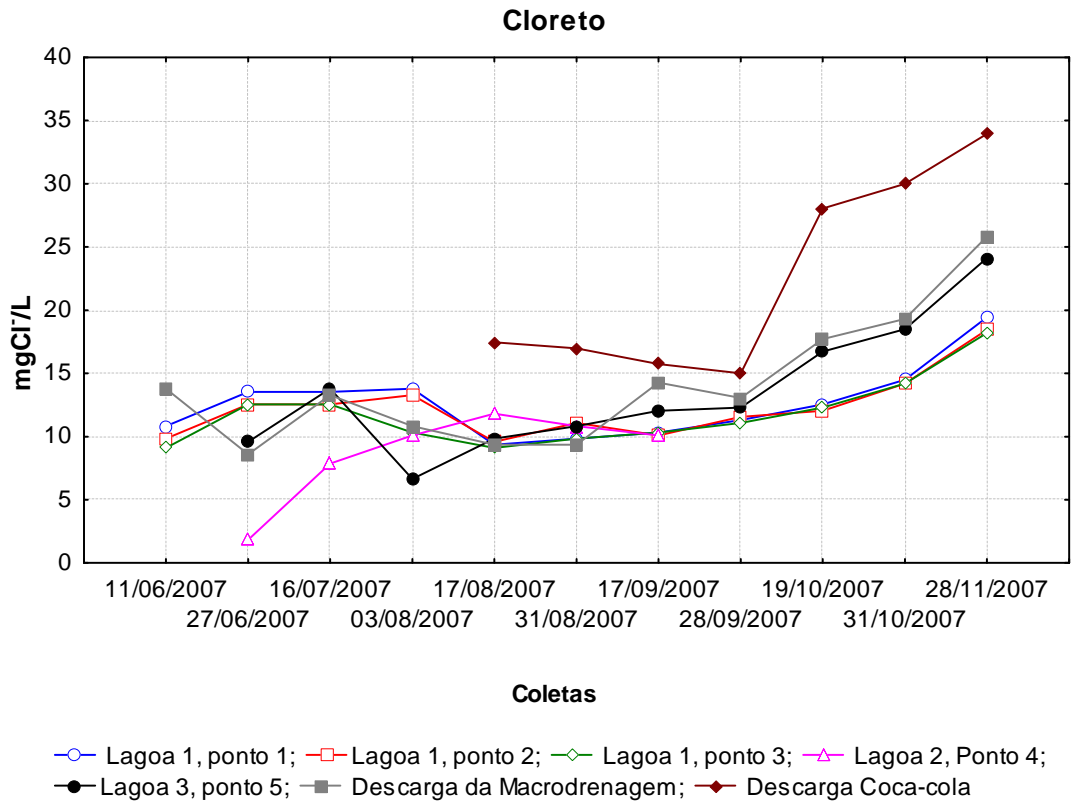


Figura 75 – Cloreto (mg/L) ao longo do período de amostragem nos diferentes locais de coleta.

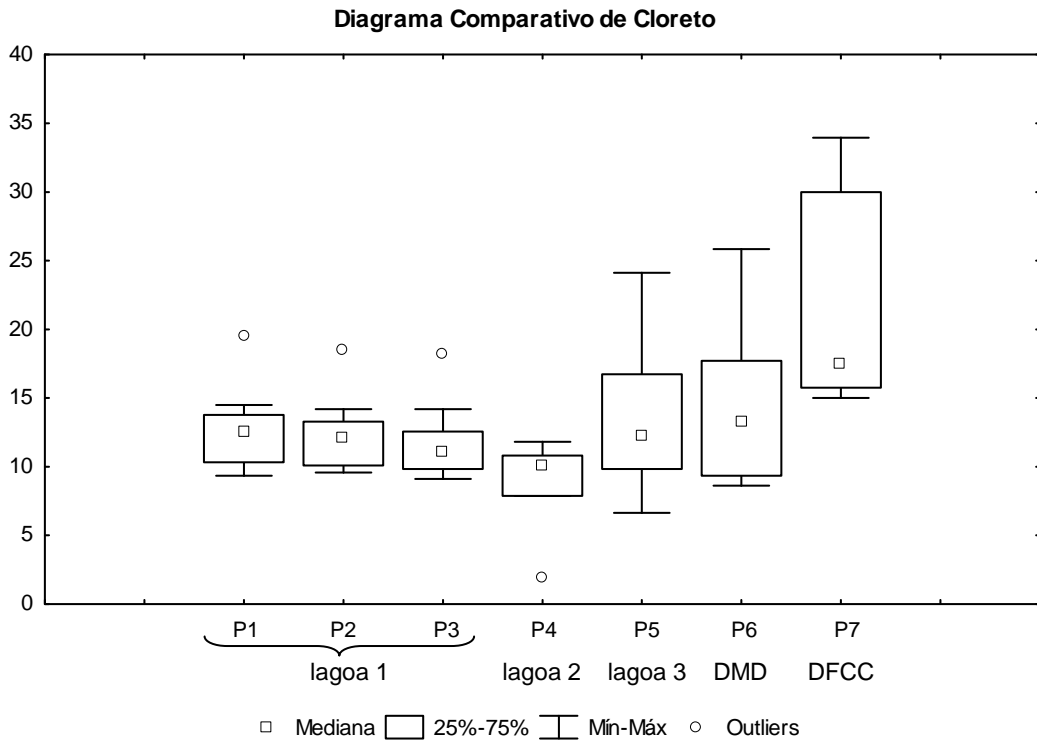


Figura 76 – Diagramas de caixa comparativos de cloreto (mg/L) nos locais de coleta.

## 6.4 Índice de Estado Trófico

Para a concentração de fósforo total, os valores do IET modificado de Carlson (1977) se apresentaram acima do limite eutrófico (54), conforme mostra a figura 77. Assim, as amostragens de caracterização indicaram que as lagoas 1, 2 e 3 são classificadas como eutróficas.

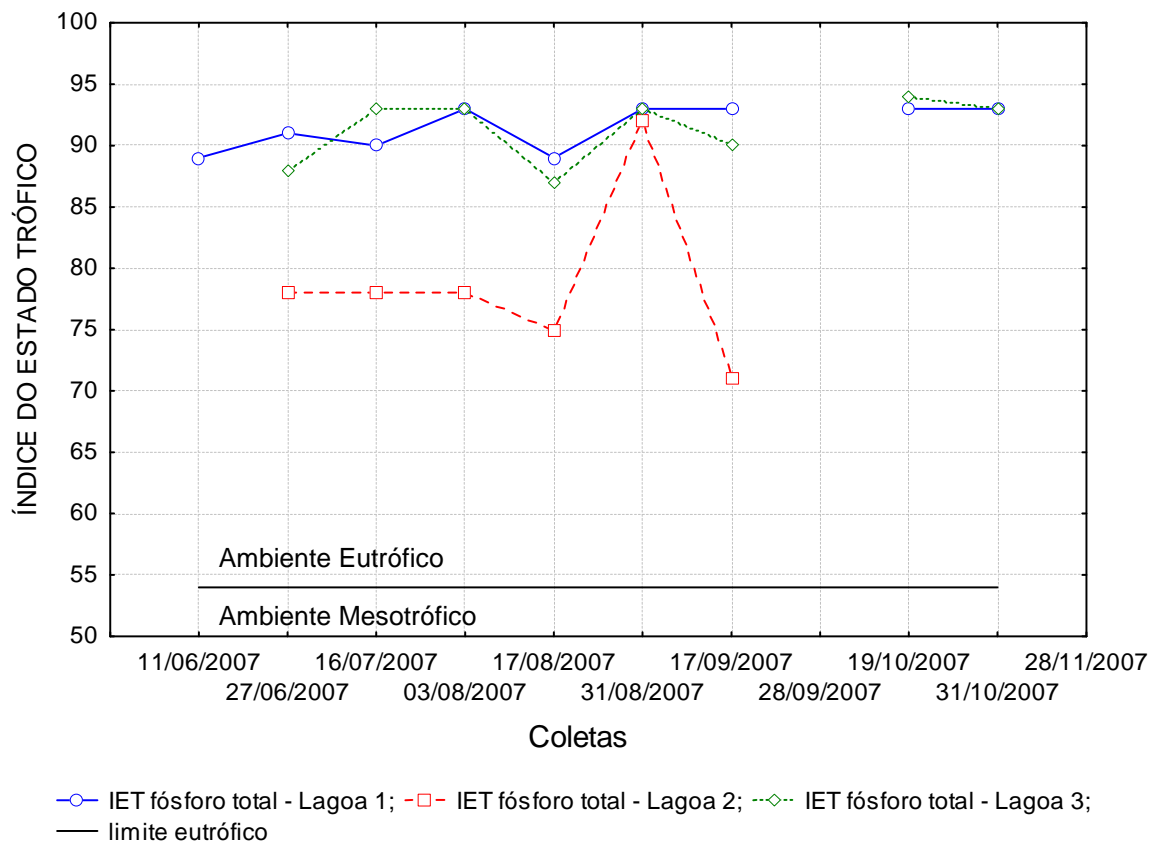


Figura 77 – Índice do Estado Trófico do fósforo total.

Os valores do IET modificado de Carlson (1977) relativos às profundidades determinadas com o disco de *Secchi*, apresentaram-se acima do limite eutrófico, conforme mostra a figura 78, indicando que a lagoa 1 é classificada como eutrófica.

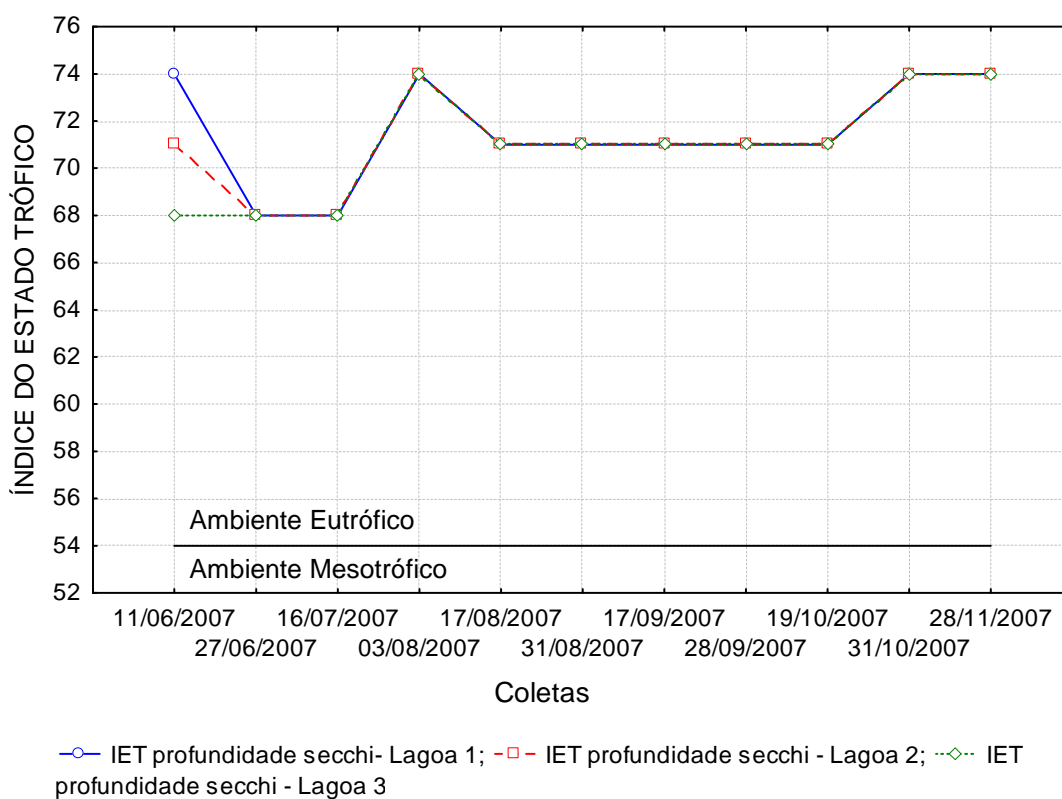


Figura 78 – Índice do Estado Trófico determinado com o disco de *Secchi*.

Os resultados dos valores mínimos, máximos, a média e o desvio padrão dos índices de estado trófico são apresentados na tabela 15.

Tabela 15 - Estatística descritiva dos Índices de Estado Trófico.

| Parâmetros            | Lagoa   | Mínimo | Máximo | Média | Desvio padrão |
|-----------------------|---------|--------|--------|-------|---------------|
| IET <sub>Ptotal</sub> |         | 89     | 93     | 92    | 1,81          |
| IET <sub>Secchi</sub> | Lagoa 1 | 68     | 74     | 72    | 2,25          |
| IET <sub>Ptotal</sub> | Lagoa 2 | 71     | 92     | 79    | 7,09          |
| IET <sub>Ptotal</sub> | Lagoa 3 | 87     | 94     | 91    | 2,67          |

Segundo Toledo *et al.* (1983) *apud* Leal (2006), deve ser atribuído menor valor para a profundidade de *Secchi* quando for determinado o IETmédio utilizando-se a média ponderada das variáveis. Assim, o IETmédio considerando-se o fósforo total e a profundidade de *Secchi* é determinado pela equação 3.

$$\text{IETmédio} = \frac{\text{IET(DS)} + 2 \cdot \text{IET(PT)}}{3} \quad (3)$$

Os valores do IETmédio relativos à média ponderada entre a profundidade de *Secchi* e o fósforo total na lagoa 1 também estavam acima do limite eutrófico, conforme mostra a figura 79.

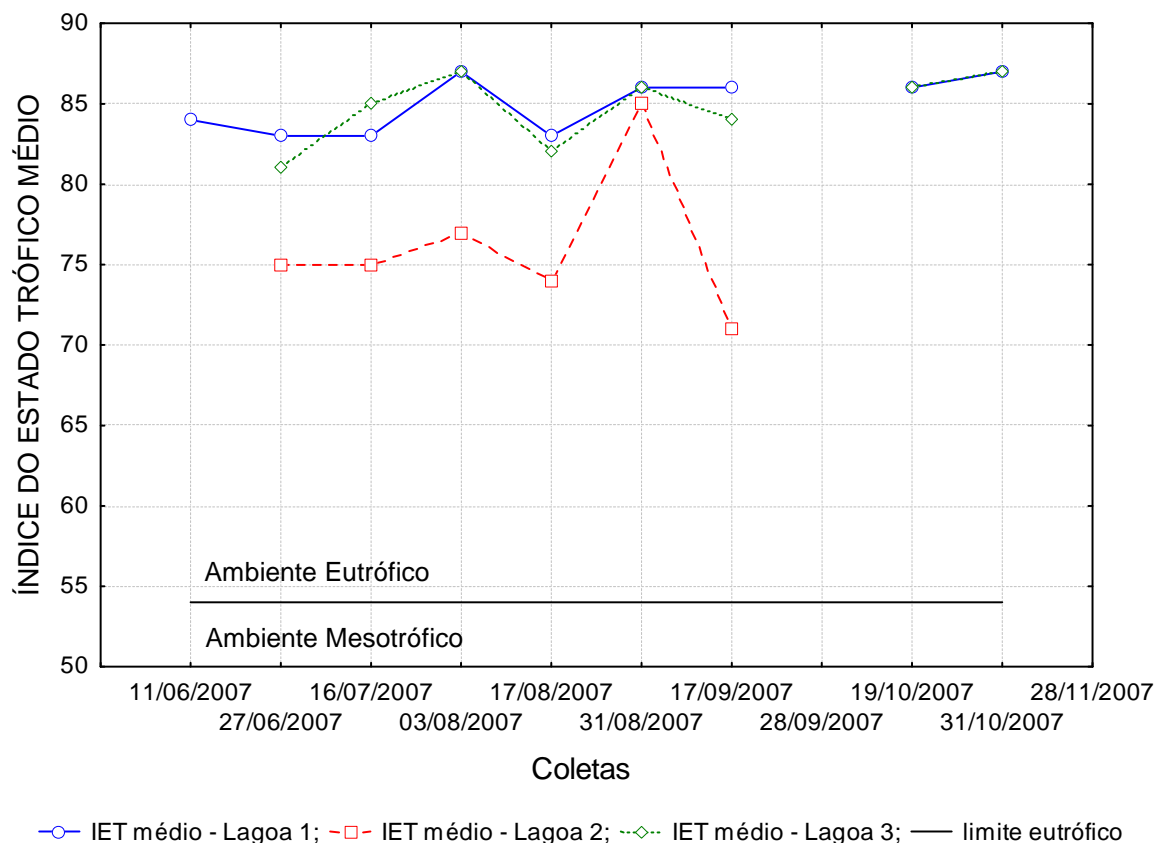


Figura 79 – IETmédio da média ponderada entre a profundidade de *Secchi* e o fósforo total.

## 6.5 Discussão

Os valores de pH encontraram-se de acordo com os critérios definidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000, bem como pelo Decreto 6200/1985, neste caso quanto à emissão de efluente na descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola*, conforme indicado na tabela 7 e figura 40. Assim, o pH das águas não comprometia a vida aquática dos ambientes estudados. Segundo Santini (1998) *apud* Saunders III & Lewis Jr. (1988), os danos aos organismos começam quando o pH está abaixo de 6,0 e com o valor inferior a 5,0 provoca o desaparecimento da vida aquática normal.

A lagoa 1 manteve-se dentro do limite de turbidez para águas doces classe 2 e 3, ou seja, abaixo de 100 uT em todas as amostras (figuras 42 e 43). Apenas os valores correspondentes às coletas realizadas nos dias 31 de agosto e 17 de setembro se mantiveram abaixo de 40 uT, o que indicaria o seu enquadramento na classe 1.

A qualidade microbiológica das águas das lagoas de retenção estudadas e da descarga da macrodrenagem do Tabuleiro (tabela 12 e figuras 50 e 52) não atingiu os níveis mínimos dos padrões estabelecidos para as águas doces de classe 1 e 2 (tabela 7), bem como não atendeu ao limite indicado pela Resolução CONAMA nº 274/2000 (tabela 7). Quanto ao enquadramento na classe 3, apesar de os valores estarem muito acima do recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005, o presente trabalho não é conclusivo quanto à exclusão desta classe, pois as coletas não duraram o período de um ano, conforme previsão constante nessa resolução (ver notas de rodapé "a", "b" e "c" da tabela 7). Portanto, a qualidade microbiológica das referidas lagoas de retenção indica que suas águas estão impróprias para as seguintes finalidades: abastecimento para consumo humano, mesmo após tratamento simplificado ou convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; recreação de contato secundário; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como à irrigação de plantas frutíferas em geral e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público



possa vir a ter contato direto; proteção das comunidades aquáticas, aqüicultura e atividade de pesca.

Conforme exposto no parágrafo anterior, por medida de precaução os corpos d'água estudados não devem ser usados para as seguintes finalidades pertencentes à classe 3, quais sejam: o abastecimento para consumo humano após tratamento avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais. Os usos que pertencem ao mesmo tempo as classes 1, 2 e 3 não foram recomendados.

A discreta redução das concentrações de coliformes termotolerantes na lagoa 1 (figura 54), no período de diminuição dos índices pluviométricos, sugere que eram lançados esgotos nas águas pluviais. As concentrações elevadas de coliformes totais, situadas, a maior parte, acima de  $1,0 \times 10^5$  NMP/100mL, confirma que a capacidade de diluição das águas avaliadas estava altamente prejudicada.

A cor verdadeira manteve-se dentro dos padrões para águas doces classes 2 e 3, ou seja, abaixo de 75 mg Pt Co/L, em todas as amostras (figuras 55 e 56), conforme estabelece a Resolução CONAMA 357/2005 (tabela 7).

A descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* apresentou valor médio de concentração de DQO igual a 366,09 mg/L e valor mínimo de 257,65 mg/L (figura 71), sendo este superior ao limite estabelecido pelo Decreto estadual nº 6200/1985, de 150 mg/L (tabela 7), que trata dos padrões de emissão de efluentes líquidos das indústrias do Estado de Alagoas. Convém ressaltar que a elevação da concentração da DQO na água decorre, principalmente, dos despejos de origem industrial.

Nas lagoas 1 e 3 todas as concentrações de  $DBO_5$  ficaram acima do valor máximo de 10 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 3 (tabela 7 e figuras 58 e 60). A média das amostras dos dados da lagoa 2 (8,23 mg/L) atendia ao limite estabelecido para águas doces de classe 3. Os altos valores de  $DBO_5$  nas campanhas realizadas nos meses de outubro e novembro podem ter sido gerados pelo lançamento direto de esgotos nos corpos hídricos estudados, visto que o índice pluviométrico nesse período foi menor, o que reduz a quantidade de matéria orgânica carregada para as lagoas de detenção pelas águas pluviais. A

descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* apresentou valor médio de concentração de  $\text{DBO}_5$  igual a 53,1 mg/L, estando, portanto, de acordo com o limite estabelecido pelo Decreto estadual nº 6200/1 985, que trata dos padrões de emissão de efluentes líquidos das indústrias do Estado de Alagoas ( $\text{DBO}_5 < 60$  mg/L).

As análises realizadas em todas as amostras demonstraram que os resultados de fósforo não atendiam aos padrões especificados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 1, 2 e 3, conforme mostram a tabela 7 e as figuras 61 e 62. As concentrações elevadas de fósforo são indicações de poluição provocada por esgotos, detergentes e fertilizantes, por exemplo, podendo ser uma das causas da eutrofização constatada nas lagoas de detenção estudadas.

O valor médio muito elevado das concentrações de fósforo na descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* (figuras 61 e 62), sugere que essas águas residuárias apresentavam, por exemplo, detergentes em sua composição.

A provável razão para os elevados valores de fósforo registrados nas lagoas 1, 3 e na descarga da macrodrenagem nos dias 31 de agosto, 17 de setembro, 19 e 31 de outubro, seria a existência de fontes pontuais de esgoto nesses corpos hídricos, pois nos referidos períodos os índices de chuva foram baixos.

Os valores determinados de condutividade elétrica indicam que os corpos hídricos examinados encontravam-se poluídos por esgotos domésticos ou industriais, tendo em vista que, segundo Von Sperling (1996), as águas não poluídas apresentam teores de condutividade máximos na faixa de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

O aumento da condutividade na lagoa 3 a partir da coleta realizada no dia 28 de setembro, período em que esse parâmetro passou a ter menos influência da precipitação, ocorreu simultaneamente com a elevação dos sólidos dissolvidos totais (tabelas 12 e 13). Segundo Henry *et al.* (1998), o efeito da diluição gerado pela precipitação reduz o nível da condutividade na água. Por esse motivo, a condutividade teve elevação nos períodos mais secos.

A elevação da condutividade em despejos industriais foi confirmada pelos altos valores médios constatados na descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* na lagoa 1 (figuras 65 e 66).

Pode-se considerar que os valores dos sólidos dissolvidos totais atendiam a recomendação para águas doces de classes 1, 2 e 3, que é de 500mg/L, conforme estabelece a Resolução CONAMA 357/2005, pois apenas o valor correspondente a coleta realizada no ponto 3 da lagoa 1, no dia 03 de agosto, superou esse limite.

Em todas as lagoas de detenção analisadas, as concentrações de oxigênio ficaram abaixo do limite mínimo estabelecido para águas de Classe 3 da Resolução CONAMA 357/2005, com exceção do valor determinado no dia 17 de setembro no ponto 1 da lagoa 1, que é igual ao mínimo recomendado por essa resolução (4 mg/L).

A descarga da macrodrenagem apresentou os valores mais baixos de oxigênio dissolvido nos meses de outubro e novembro (figura 69), analogamente nesse mesmo período ocorreu elevação da temperatura da água e acentuada redução da vazão, o que contribuiu para uma menor solubilização dos gases na água.

Confrontando-se os valores máximos, mínimos e a média de oxigênio dissolvido, com os valores limites estabelecidos para as classes de água doce na Resolução CONAMA 357/2005, conforme mostra a tabela 16, constata-se que na lagoa 1 a média dos valores não foi enquadrada em nenhuma classe, no entanto em um dos pontos determinados o resultado máximo se enquadrava na classe 3; nas lagoas 2 e 3 a média dos valores se enquadrava na classe 4, porém alguns pontos estavam fora dos limites para qualquer classe; e na descarga da macrodrenagem a média dos valores estava na classe 1, mas o valor 2,8 mg/L, registrado na última campanha, enquadra-se na classe 4.

A tabela 17 mostra que na descarga da macrodrenagem do tabuleiro o valor médio do oxigênio dissolvido está enquadrado em água doce de classe 1, pois foi repostado o déficit constatado nas águas das três lagoas de detenção. No entanto, Orhon *et al.* (1994) citam que o restabelecimento do valor do oxigênio dissolvido após alguns metros do aporte da carga poluente, não significa que o corpo d'água restabeleceu sua integridade sanitário-ecológica, como pode ser constatado nos altos valores médios de fósforo, DBO<sub>5</sub> e DQO determinados na descarga da macrodrenagem.

Tabela 16 – Valores mínimos, máximos e a média de oxigênio dissolvido, com indicação da classe correspondente, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

| Estações de amostragem | Oxigênio dissolvido (mg/L) |                   |                    |
|------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|
|                        | mínimo                     | máximo            | média              |
| Lagoa 1                | 1                          | 4<br>(classe 3)   | 1,97               |
| Lagoa 2                | 1,7                        | 2,5<br>(classe 4) | 2,07<br>(classe 4) |
| Lagoa 3                | 1,3                        | 3,6<br>(classe 4) | 2,33<br>(classe 4) |
| DMD                    | 2,8<br>(classe 4)          | 8,2<br>(classe 1) | 6,3<br>(classe 1)  |

Tabela 17 – Valores médios do OD, DBO<sub>5</sub>, DQO e fósforo nas lagoas 1, 2 e 3, bem como na DMD.

| Parâmetros              | Lagoa 1 | Lagoa 2 | Lagoa 3 | DMD   |
|-------------------------|---------|---------|---------|-------|
| OD (mg/L)               | 1,97    | 2,07    | 2,33    | 6,31  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L) | 17,96   | 8,23    | 21,82   | 12,72 |
| DQO (mg/L)              | 99,37   | 36,66   | 66,81   | 68,43 |
| Fósforo Total (mg P/L)  | 0,72    | 0,33    | 0,72    | 0,67  |

A concentração de nitrogênio amoniacal nas lagoas 1 e 2 estava no limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para as classes 1 e 2, pois em todas as amostras os valores de pH eram inferiores a 7,5 e os correspondentes valores de nitrogênio amoniacal estavam abaixo de 3,7 mgNH<sub>4</sub>+/L, conforme determinado na referida resolução.

Na lagoa 3 apenas o valor de nitrogênio amoniacal da última coleta (5,78 mgNH<sub>4</sub>/L) indicava a classe 3, por ser este superior a 3,7 mgNH<sub>4</sub>+/L e o pH inferior a 7,5. Os três últimos dados de concentração na descarga da macrodrenagem estavam dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 3. Os demais valores na lagoa 3 e na descarga da macrodrenagem correspondiam as classes 1 e 2, conforme relação entre pH e nitrogênio amoniacal definida na referida resolução. Já a descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* apresentou as concentrações

dos dias 31 de agosto e 28 de novembro em desacordo com o limite estabelecido pelo Decreto estadual nº 6200/1985 (N- amoniacal < 0,5 mg/L), que trata dos padrões de emissão de efluentes líquidos das indústrias do Estado de Alagoas.

No período de redução das chuvas ocorreu o aumento da concentração da amônia e do fósforo nas águas da descarga da macrodrenagem. Isso confirma que as concentrações dos nutrientes em ambientes lóticos normalmente são inversamente proporcionais a vazão.

Os valores mais elevados de nitrito geralmente ocorrem onde a concentração de amônia é alta, como no caso de ambientes contaminados com esgotos ou onde existem condições anóxicas. No presente estudo, as concentrações mais elevadas de nitrito foram no ponto P6 (descarga da macrodrenagem), onde se observou a relação direta desse crescimento com o da concentração de amônia na maior parte das amostras. O nitrogênio na forma de nitrito se manteve dentro do limite estabelecido para águas doce classes 1, 2 e 3, sendo inferiores a 1,0 mg/L.

Os valores de cloreto situaram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, ou seja, eram menores que 250 mg/L. A partir do mês de setembro, período em que teve início à redução das chuvas, a concentração de cloreto cresceu em todos os pontos de coleta.

A tabela 18, exibida a seguir, mostra o resumo do enquadramento dos corpos d'água estudados em relação aos critérios estabelecidos pelas Resoluções e Decreto comparados.

Tabela 18 – Resumo da classificação dos corpos hídricos estudados, considerando-se os valores médios dos parâmetros.

| <b>Parâmetros</b>                          | <b>Lagoa 1</b> | <b>Lagoa 2</b> | <b>Lagoa 3</b> | <b>DMD</b> | <b>DFCC</b> |
|--|----------------|----------------|----------------|------------|-------------|
| pH   | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1   | NR          |
| SDT (mg/L)                                 | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1   | NR          |
| Temperatura água                           | NR             | NR             | NR             | NR         | C           |
| Cor Verdadeira (mg Pt Co/L)                | Classe 2       | Classe 2       | Classe 2       | Classe 2   | NR          |
| Turbidez (uT)                              | Classe 2       | Classe 2       | Classe 2       | Classe 2   | NR          |
| OD (mg/L)                                  | SC             | Classe 4       | Classe 4       | Classe 1   | NR          |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)    | Classe 4       | Classe 4       | Classe 4       | Classe 4   | NR          |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                    | Classe 4       | Classe 3       | Classe 4       | Classe 4   | NR          |
| DQO (mg/L)                                 | NR             | NR             | NR             | NR         | NC          |
| Fósforo Total (mg P/L)                     | Classe 4       | Classe 4       | Classe 4       | Classe 4   | NR          |
| Amônia (mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1       | Classe 3   | C*          |
| Nitrito (mg N/L)                           | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1   | NR          |
| Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)            | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1       | Classe 1   | NR          |

\* as concentrações dos dias 31 de agosto e 28 de novembro estavam em desacordo com o limite estabelecido pelo Decreto estadual nº 6200/1985.

Onde:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{SC} \rightarrow \text{Sem Classificação;} \\ \text{NR} \rightarrow \text{Não Referenciado;} \\ \text{NC} \rightarrow \text{Não Conforme;} \\ \text{C} \rightarrow \text{Conforme.} \end{array} \right.$

## 7 CONCLUSÃO

A metodologia utilizada mostrou-se satisfatória para a determinação dos parâmetros e análise estatística dos resultados, que foram conclusivos quanto ao comprometimento da qualidade das águas nas lagoas de retenção da Bacia do Tabuleiro, conforme relação estabelecida entre o valor dos parâmetros com a legislação vigente e estudos científicos.

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, na maioria das vezes, estavam fora dos padrões estabelecidos para os usos mais comuns em lagoas de retenção, tais como atividade de pesca amadora, recreação (natação e mergulho) e contemplação paisagística, neste caso prejudicada pela eutrofização.

O diagnóstico da bacia revelou, com relação aos limites estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000, que as águas das lagoas de retenção e os efluentes da macrodrenagem atendem aos critérios previstos para enquadramento na classe 1 para os parâmetros: pH, SDT, nitrito e cloreto; ainda na classe 1 pela amônia, com exceção da DMD (classe 3); na classe 2, pela cor verdadeira e turbidez; na classe 4 pelo fósforo, coliformes fecais e DBO<sub>5</sub>, com exceção da lagoa 2 (classe 3). Já o valor do oxigênio dissolvido não classificou a lagoa 1, mas indicou que as lagoas 2 e 3 poderiam pertencer à classe 4 e a DMD à classe 1.

Os altos índices de coliformes fecais, DBO<sub>5</sub> e fósforo total, e baixos de oxigênio dissolvido, inviabilizam os usos múltiplos dos corpos hídricos estudados, restringindo, na grande maioria, para os usos previstos para a classe 4: navegação e harmonia paisagística.

A concentração mínima da DQO na descarga da fábrica de refrigerante *Coca-cola* foi superior ao valor máximo estabelecido para emissão dos efluentes líquidos industriais no Estado de Alagoas, conforme consta no Decreto nº 6200/1985. Já os elevados resultados de fósforo nesses efluentes sugerem existir, por exemplo, detergente em sua composição.

Os *outliers* extremos, constatados em alguns dos diagramas de caixa exibidos, indicaram a existência de dados muito afastados da média. Contudo,

esses valores não tiveram influência direta na classificação dos corpos d'água analisados.

A elevação do teor de fósforo nas lagoas 1 e 3, e na descarga da Macrodrenagem teve relação direta com a redução da pluviosidade nos períodos secos, indicando a existência de fontes pontuais de esgoto, ocorrendo neste local também o aumento da concentração da amônia, confirmando que a concentração de nutriente tende a ser inversamente proporcional a vazão.

No período de estiagem pode ser constatado o aumento da condutividade, dos sólidos dissolvidos totais e da DBO<sub>5</sub> na maior parte dos corpos d'água estudados, existindo com relação a este parâmetro uma indicação de provável lançamento direto de esgotos, bem como, observou-se nesse período uma discreta redução das concentrações de coliformes termotolerantes na lagoa 1, sugerindo que a qualidade microbiológica das águas nessa lagoa também se encontrava comprometida por esgotos diluídos nas águas pluviais. Além disso, as elevadas concentrações de coliformes totais indicam que a capacidade de diluição dos corpos hídricos estudados estava altamente prejudicada.

A elevação da condutividade na lagoa 1 pode ter relação com o lançamento dos efluentes da fábrica de refrigerante *Coca-cola*, visto que não existia relação direta dos valores desse parâmetro com os dos sólidos dissolvidos totais.

As altas concentrações de fósforo total nas lagoas estudadas e as baixas profundidades medidas com o disco de *Secchi* na lagoa 1, indicam um acentuado processo de eutrofização artificial. A presença de esgotos domésticos ou industriais nas lagoas também é confirmada pelos valores elevados de condutividade elétrica e baixos de oxigênio dissolvido.

As conseqüências do despejo das águas poluídas da Macrodrenagem no rio Jacarecica são preocupantes, sobretudo com relação aos níveis de coliformes termotolerantes detectados, tendo em vista que as águas dos rios alagoanos de classe 1, onde está enquadrado o referido rio, destinam-se ao abastecimento doméstico, sem ou com prévia desinfecção (parágrafo único do Art. 1º do Decreto nº 3766/1978). Portanto, a transferência de águas poluídas para a bacia do rio Jacarecica compromete a vida de todos que dele



dependem, incluindo-se a população ribeirinha que sobrevive da pesca e usa a água para outros fins domésticos.

Os resultados apresentados apontam para a necessidade de soluções que pelo menos reduzam a entrada de poluentes nas lagoas que compõem a Macrodrenagem, evitando o lançamento de esgotos na rede de águas pluviais, bem como do esgoto *in natura* diretamente nas lagoas de retenção. Para tanto, faz-se necessário uma regular e eficiente limpeza de sedimentos e lixo urbanos, incluindo-se a intensificação da coleta de lixo e limpeza das galerias de águas pluviais, quando existir; o combate às ligações clandestinas de esgotos domésticos; e o tratamento de esgotos, sobretudo, com o incentivo à prática do tratamento dos efluentes domésticos, visando, por exemplo, ao cumprimento da Resolução Normativa do CEPRAM nº 033/1982 (item 4.4 Legislação Ambiental Incidente), que é específica ao conjunto Salvador Lira. Além disso, o monitoramento periódico dos efluentes industriais, faz-se necessário para o cumprimento dos critérios estabelecidos pelo Decreto 6200/1985 (anexo B), bem como a avaliação periódica das águas das lagoas de retenção, com relação ao enquadramento na classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005, objetivando garantir as condições satisfatórias para os usos múltiplos e o enquadramento do rio Jacarecica nesta classe, conforme previsto no Decreto Estadual nº 3766/1978 (anexo C).

Para trabalhos futuros recomenda-se a análise da qualidade da água no rio Jacarecica, com medição de vazão, em pontos situados à montante e à jusante do local de descarga das águas do sistema da Macrodrenagem do Tabuleiro, durante os períodos chuvosos e de estiagem, além da identificação de possíveis fontes pontuais e difusas de esgoto nesse trecho de rio, para um melhor entendimento do comportamento da bacia do rio Jacarecica diante da qualidade e quantidade das águas transpostas da bacia do Tabuleiro do Martins.

O presente trabalho também poderá contribuir para estudos de impacto de doenças de veiculação hídrica na população residente nos bairros situados no entorno das lagoas pesquisadas e na região de descarga do excedente hídrico, situada na Grota da Alegria.

Enfim, os resultados deste trabalho servem para subsidiar as decisões tomadas pelos gestores da Bacia do Tabuleiro, determinando os tipos de ações

necessárias para a manutenção da qualidade da água nos padrões adequados definidos por lei.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, Sidnei Gusmão; SILVA JÚNIOR, Omar Barbosa; CARVALHO, Gustavo Silva. **Avaliação Hidrológica do Projeto de Macrodrenagem do Tabuleiro do Martins – Maceió/AL**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. VI. Maceió. 2002. CD ROOM.

ALAGOAS. **Decreto n.º 3.766, de 30 de outubro de 1978**. Enquadra os Cursos D'água do Estado de Alagoas na Classificação Estabelecida pela Portaria n.º GM-0013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior e dá providências correlatas.

ALAGOAS. **Decreto nº 6200/1985, de 01 de março de 1985**, que estabelece padrões de emissão para os efluentes líquidos industriais no Estado de Alagoas.

ALAGOAS. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH. **Monitoramento Climático**. Maceió, 2008.

ALAGOAS. Secretaria Executiva de Indústria, Comércio e Serviço. **Perfil Atualizado do Distrito Industrial Governador Luiz Cavalcante**. Maceió, 2003.

ALAGOAS. (a) Secretaria de Infra-estrutura de Alagoas – SEINFRA. **Adequação do Projeto Básico de Macrodrenagem do Grande Tabuleiro – Maceió (AL). Memorial Descritivo**. Maceió, 1998.

ALAGOAS. (b) Secretaria de Infra-estrutura de Alagoas – SEINFRA. **Informações Complementares e comentários à análise do EIA/RIMA do Empreendimento Macrodrenagem do Tabuleiro**. Volumes 1. Maceió, 1998.

ALAGOAS. (c) Secretaria de Infra-estrutura de Alagoas – SEINFRA. **Informações Complementares e comentários à análise do EIA/RIMA do Empreendimento Macrodrenagem do Tabuleiro**. Volumes 2 . Maceió, 1998.

ALAGOAS. (d) Secretaria de Infra-estrutura de Alagoas – SEINFRA. **Sistema de Macrodrenagem do Grande Tabuleiro – Maceió/AL. Compatibilização – Relatório Final**. Maceió, 1998.

ALCOFORADO, Roberta Guedes; CIRILO, José Almir. **Desenvolvimento de Sistema de Suporte à Decisão para Estudos de Macrodrenagem na Região Metropolitana de Recife**. V Simpósio de Hidrologia e Recursos Hídricos. Aracaju, 2001.

APHA, AWWA, WPCF. (1998). **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 20th edition**. Washington.

BRAGA, Benedito; PORTO, Mônica; TUCCI, Carlos E.M. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação - Monitoramento de Quantidade e Qualidade das Águas**. São Paulo, 1999.

BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 Ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2005.

CAIRNCROSS, Sandy; FEACHEM, Richard G. **Environmental Health Engineering in the Tropics: An Introductory Text**. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 1983.

CARLSON, R. E. **A Trophic State Index for Lakes**. *Limnology and Oceanography*. Vol. 22(2). 361 – 369. 1977.

CARVALHO, Sérgio Luís de. **Eutrofização Artificial: Um Problema em Rios Lagos e Represas**. Departamento de Biologia e Zootecnia da UNESP – Ilha Solteira. *Jornal Correio de Três Lagoas*. Três Lagoas/MS. 2004.

CEPRAM – Conselho Estadual de Proteção Ambiental do Estado de Alagoas. **Resolução Normativa nº 033/1982**, que aprovou o projeto de drenagem das águas pluviais do conjunto Salvador Lyra, com destinação ao vale do rio Jacarecica, bem como a pavimentação e drenagem superficial de águas pluviais do conjunto (inciso IV) e determinou que fossem efetivadas providências no sentido da imediata recuperação das fossas do conjunto e corrigido o lançamento das águas servidas nas galerias de água pluvial (inciso V).

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Dispõe sobre os critérios de balneabilidade das águas brasileiras.

DAVIES-COLLEY, Robert James; HICKEY, C.W.; QUINN, J.M & Ryan, P.A. **Effects of Clay Discharges on Stream**. Hydrobiology, 248: 215 -148. 1992.

DI BERNARDO, Luiz. **Ensaio de Tratabilidade da Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. São Carlos: RiMa, 2002, p.38.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998.

FELLENBERG, Gunter. **Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980, p.72.

FERREIRA, Ivete Vasconcelos Lopes. *Et al.* **Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Reginaldo em Maceió, AL - Brasil**. In: XXXI

CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, Santiago, Chile, 2008.

FERREIRA NETO, José Vicente. *Et al.* **Os recursos hídricos da área do Tabuleiro do Martins – Maceió/AL** In: ARAÚJO, Lindemberg Medeiros de (Org.). Geografia: espaço, tempo e planejamento. Maceió: EDUFAL, 2004, p.231-255.

FREIRE, Rogério Herlon Furtado; PAULINO, Walt Disney; ALMEIDA, Magda Maria Marinho. **Monitoramento Qualitativo como Ferramenta de Gestão dos Corpos d'água Superficiais do Estado do Ceará.** V Simpósio de Hidrologia e Recursos Hídricos. Aracaju, 2001.

FREIRE, Rogério Herlon Furtado; PAULINO, Walt Disney. **Programa de Monitoramento das bacias hidráulicas dos principais açudes do Estado do Ceará.** COGERH, 2001.

GALILEU. **Introduzindo Hidrologia - Qualidade da água.** Cap. 19. p.241. Disponível em: <[http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila\\_hidrologia/apos](http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila_hidrologia/apos)>. Acesso em: 18 jun. 2009.

GOMES, N. A.; BICUDO, C. E. M. **Propriedades Físicas e Químicas do Rio Caumé, Afluente do Rio Branco, Estado de Roraima, em um Ciclo Sazonal.** VIII Congresso Brasileiro de Limnologia. João Pessoa, 2001.

GOMES, Vanuza Meireles; CAMPANA, Néstor Aldo; BERNARDES, Ricardo Silveira. **Aspectos relativos à concentração média do evento - CME de poluentes encontrados em água de drenagem pluvial em área urbana.** VIII Congresso Brasileiro de Limnologia. João Pessoa, 2001.

GUIMARÃES JÚNIOR, Sinval Autran Mendes. **Levantamento Preliminar do Uso da Terra da Bacia do Rio Jacarecica, Alagoas – 1994.** Maceió, 1995.

HENRY, R; POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Caracterização Limnológica de uma Baía Marginal ao Rio Paranapanema (Zona de Desembocadura na Represa de Jurumirim, SP)**. Acta Limnologica Brasiliensia, Vol 10(2). 2009.

HESPANHOL, Ivanildo. **Águas Doces no Brasil – Água e Saneamento Básico**. Cap. 09. 3ed. Escrituras, São Paulo, 2006. p. 273-275.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (a) **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (b) **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB**. Rio de Janeiro, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (c) Disponível em: <[HTTP:www.ibge.com.br](http://www.ibge.com.br)>. Acesso em 18 junho de 2009.

LEAL, Patrícia da Rocha. **Avaliação de Indicadores do Estado Trófico de uma Lagoa Costeira: lagoa Jacuném (Serra, ES)**. Monografia: Oceanografia, Vitória/ES, UFES, 2006.

LIMA, Jamerson Cavalcante de; Pedrosa, Valmir de Albuquerque; Rocha, Wilton José Silva da. **Avaliação da Concentração de Nitrato nas Águas Subterrâneas no Bairro do Farol, em Maceió-Alagoas**. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador, 2008.

MACEIÓ. **Lei nº 4.952, de 06 de janeiro de 2000** . Altera a Lei nº 4.687/98, que dispõe sobre o perímetro urbano de Maceió, a divisão do município em regiões administrativas e inclui o abairramento da zona urbana e dá outras providências.

MACEIÓ. **Lei nº 5486, de 30 de dezembro de 2005** . Institui o Plano Diretor do município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providencias.

MAGALHÃES Jr., A. P. **A situação do monitoramento das águas no Brasil – Instituições e Iniciativas.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol.5, nº 3, Jul./Set. 2000, p.113-115. Porto Alegre/RS: ABRH, 2000.

MERCANTE, C. T. J. & TUCCI – MOURA A. **A Comparação entre os Índices de Carlson Modificado Aplicado a Dois Ambientes Aquáticos Subtropicais.** Acta Limnológica Brasiliensia, 1999. V. 11 (1):p.1-14.

MILLER JR, G. Tyler. **Environmental Science.** Working with the earth, 11<sup>th</sup> edition, 2005.

O Jornal. Empresa Editora O Jornal LTDA. (a) **Macro drenagem e Ocupação São Gargalos em Maceió.** 21/06/2009. Economia, 2009.

O Jornal. Empresa Editora O Jornal LTDA. (b) **Tabuleiro do Martins.** Disponível em: < <http://www.bairrosdemaceio.net/site/index.php> >. Acesso em 18 de junho de 2009.

ORHON, D; USLU, O.; MERIÇO S.; SALIHOGLU & FILIBEL, A. **Wastewater management for Istanbul: Basis for treatment and disposal.** Envir. Pollut., 84: 167-178. 1994.

PEDROSA, Valmir de Albuquerque. **Relatório sobre o Documento Intitulado Adequação do Projeto Básico de Macro drenagem do Grande Tabuleiro – Maceió-AL.** Centro de Tecnologia – Departamento de Águas e Energia da UFAL. Maceió, 1998.

PEDROSA, Valmir de Albuquerque. *Et al.* **Vulnerabilidade ambiental à eutrofização: Reservatório carangueja.** IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador, 2008.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, Maria. **Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçú/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de**



**variáveis físicas, químicas e biológicas.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001. 154p.

PEPLAU, Guilherme Rocha. **Influência da Variação da Urbanização nas Vazões de Drenagem na Bacia do Rio Jacarecica em Mació-AL.** Dissertação de Mestrado. Recife, 2005.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mário Takayuki. **Qualidade das Águas e Poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo: ABES, 2005. 285p.

SANCHEZ, Luís Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** Oficina de Textos, São Paulo, 2006. p.24.

SANTINI, J.A.J.; HENRY, R.; SILVA, A.M.M. **A Capacidade de Autopurificação de um Curso de Água: um Estudo de Caso no Rio Pardo (Botucatu, SP).** Acta . vol. 10 (2), 1998.

SAUNDERS III, James F. & LEWIS Jr., Willian M. **Transport of Phosphorus, Nitrogen, and Carbon by Apure River, Venezuela.** Biogeochemistry. 5:323-343. 1988.

SENNA JÚNIOR, Vicente Antônio de. **Saneamento e Saúde: Malha Hidrográfica da Leopoldina e o Impacto das Doenças de Veiculação Hídrica no Município do Rio de Janeiro.** Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Rio de Janeiro, 2005.

SOUZA, J. C. O. de; CONCEIÇÃO, J. da. **Aplicação do Geoprocessamento na Análise da Ocupação Urbana da Bacia do Tabuleiro do Martins, Maceió-Alagoas.** Anais – III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju, 2006.

SPERLING, Marcos Von. **Tratamento e Destinação de Efluentes Líquidos da Agroindústria.** Módulo 6.2. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Brasília, 1996.

TOLEDO Jr., A.P; TALARICO, M; CHINEZ, S.J; AGUDO, E.G.. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Balneário Camboriú, Santa Catarina, 1983.

UNEP - United Nations Environment Programme. **Lagos e Reservatórios – Qualidade da Água: O impacto da Eutrofização.** Vol.3, 2001.

VON SPERLING, Eduardo. **Qualidade da Água – Curso de Gestão de Recursos Hídricos para o Desenvolvimento Sustentado de Projetos Hidroagrícolas.** Módulo 5. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Brasília, 1996.

WETZEL, Robert.George. **Limnology.** 2nd Ed. Philadelphia, Saunders, 1983, 767 p.

ZAMPIERON, Sônia Lúcia Modesto; VIEIRA, João Luís de Abreu. **Poluição da água.** Disponível em: <[http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m\\_a\\_txt5.html](http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt5.html)>. Acesso em: 18 jun. 2009.

## **9 ANEXOS**

**9.1 ANEXO A** - Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológicos determinados em campo e no Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL.

**9.2 ANEXO B** - Decreto n.º 6.200/1985.

**9.3 ANEXO C** - Decreto n.º 3.766/1978.

**ANEXO A - Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológicos determinados em campo e no Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL.**

Tabela 19 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 11.06.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |         |         |                  |      |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|---------|---------|------------------|------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2 | Lagoa 3 | DMD              | DFCC |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4      | P5      | P6               | P7   |
| pH   | 6,98                        | 7,02             | 6,99             | CNR     | CNR     | 7,49             | CNR  |
| SDT (mg/L)                                     | 296                         | 320              | 254              | CNR     | CNR     | 404              | CNR  |
| SST (mg/L)                                     | 402                         | 356              | 454              | CNR     | CNR     | 498              | CNR  |
| SSF (mg/L)                                     | 198                         | 172              | 300              | CNR     | CNR     | 148              | CNR  |
| SSV (mg/L)                                     | 204                         | 184              | 154              | CNR     | CNR     | 350              | CNR  |
| Prof. Secchi (cm)                              | 20                          | 25               | 30               |         |         |                  |      |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 18                          | 12               | 19               | CNR     | CNR     | 23               | CNR  |
| Turbidez (uT)                                  | 46                          | 47               | 50               | CNR     | CNR     | 25               | CNR  |
| OD (mg/L)                                      | ANR                         | ANR              | ANR              | CNR     | CNR     | ANR              | CNR  |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 28,3                        | 27               | 27               | CNR     | CNR     | 27,5             | CNR  |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 27,1                        | 26,2             | 26               | CNR     | CNR     | 27               | CNR  |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,220                       | 0,215            | 0,218            | CNR     | CNR     | 0,258            | CNR  |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $1,3 \cdot 10^6$            | $7,7 \cdot 10^5$ | $7,3 \cdot 10^5$ | CNR     | CNR     | $5,8 \cdot 10^5$ | CNR  |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $6,7 \cdot 10^5$            | $6,8 \cdot 10^5$ | $5,7 \cdot 10^5$ | CNR     | CNR     | $2,8 \cdot 10^4$ | CNR  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | ANR                         | ANR              | ANR              | CNR     | CNR     | ANR              | CNR  |
| DQO (mg/L)                                     | 88,99                       | 74,38            | 54,91            | CNR     | CNR     | 59,78            | CNR  |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,69                        | 0,57             | 0,55             | CNR     | CNR     | 0,43             | CNR  |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+/</sup> L) | 1,61                        | 1,45             | 1,53             | CNR     | CNR     | 2,09             | CNR  |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | CNR     | CNR     | 0,02             | CNR  |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 10,82                       | 9,84             | 9,1              | CNR     | CNR     | 13,78            | CNR  |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                      |                             |                  |                  |         |         | 0,108            | MNR  |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 ANR → Análise Não Realizada;  
 CNR → Coleta Não Realizada;  
 MNR → Medição Não Realizada.

Tabela 20 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 27.06.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |                  |                  |                  |      |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2          | Lagoa 3          | DMD              | DFCC |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4               | P5               | P6               | P7   |
| pH   | 6,89                        | 6,96             | 7,02             | 7,57             | 7,13             | 7,33             | CNR  |
| SDT (mg/L)                                     | 324                         | 324              | 276              | 266              | 214              | 194              | CNR  |
| SST (mg/L)                                     | 372                         | 372              | 382              | 444              | 270              | 378              | CNR  |
| SSF (mg/L)                                     | 270                         | 270              | 216              | 18               | 260              | 370              | CNR  |
| SSV (mg/L)                                     | 102                         | 102              | 166              | 426              | 10               | 8                | CNR  |
| Prof. Secchi (cm)                              | 30                          | 30               | 30               |                  |                  |                  |      |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 12                          | 11               | 9                | 29               | 16               | 11               | CNR  |
| Turbidez (uT)                                  | 67                          | 57               | 67               | 245              | 84               | 135              | CNR  |
| OD (mg/L)                                      | 2,3                         | 2,1              | 2,2              | 2,5              | 3,5              | 8,2              | CNR  |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 27,5                        | 27,5             | 27,5             | 30               | 29,5             | 29,5             | CNR  |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 26,8                        | 26,7             | 26,5             | 27,5             | 28               | 28               | CNR  |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,248                       | 0,243            | 0,254            | 0,117            | 0,228            | 0,196            | CNR  |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $1,4 \cdot 10^6$            | $1,1 \cdot 10^6$ | $1,1 \cdot 10^6$ | $8,8 \cdot 10^4$ | $2,1 \cdot 10^6$ | $2,7 \cdot 10^6$ | CNR  |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $1,1 \cdot 10^5$            | $6,3 \cdot 10^4$ | $6,3 \cdot 10^4$ | $9,6 \cdot 10^3$ | $7,6 \cdot 10^4$ | $6,1 \cdot 10^4$ | CNR  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 22,2                        | 20               | 19               | 5,6              | 16,8             | 13,4             | CNR  |
| DQO (mg/L)                                     | 45,17                       | 50,04            | 54,91            | 25,70            | 40,30            | 15,96            | CNR  |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,67                        | 0,67             | 0,71             | 0,29             | 0,57             | 0,65             | CNR  |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | 1,45                        | 1,13             | 0,97             | 0,48             | 0,80             | 0,48             | CNR  |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | <0,01            | 0,01             | 0,01             | CNR  |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 13,53                       | 12,55            | 12,55            | 1,85             | 9,59             | 8,61             | CNR  |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                      |                             |                  |                  |                  |                  | 0,658            | MNR  |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 CNR → Coleta Não Realizada;  
 MNR → Medição Não Realizada.

Tabela 21 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 16.07.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |                  |                  |                  |      |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2          | Lagoa 3          | DMD              | DFCC |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4               | P5               | P6               | P7   |
| pH   | 7,01                        | 6,96             | 7,02             | 7,25             | 7,03             | 7,67             | CNR  |
| SDT (mg/L)                                     | 420                         | 406              | 258              | 312              | 362              | 328              | CNR  |
| SST (mg/L)                                     | 372                         | 372              | 382              | 388              | 442              | 378              | CNR  |
| SSF (mg/L)                                     | 270                         | 270              | 216              | 228              | 336              | 282              | CNR  |
| SSV (mg/L)                                     | 102                         | 102              | 166              | 160              | 106              | 96               | CNR  |
| Prof. Secchi (cm)                              | 30                          | 30               | 30               |                  |                  |                  |      |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 8                           | 8                | 8                | 9                | 10               | 13               | CNR  |
| Turbidez (uT)                                  | 56                          | 49               | 61               | 37               | 37               | 28               | CNR  |
| OD (mg/L)                                      | 1,8                         | 1,4              | 2                | 2,1              | 3,6              | 7,4              | CNR  |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 24                          | 24               | 24               | 26               | 26               | 25               | CNR  |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 24,6                        | 24,5             | 24,3             | 25,8             | 25,5             | 25,2             | CNR  |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,212                       | 0,204            | 0,208            | 0,218            | 0,221            | 0,232            | CNR  |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $1,6 \cdot 10^6$            | $6,9 \cdot 10^5$ | $7,5 \cdot 10^5$ | $1,9 \cdot 10^5$ | $2,6 \cdot 10^5$ | $4,4 \cdot 10^5$ | CNR  |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $1,1 \cdot 10^5$            | $5,9 \cdot 10^4$ | $5,8 \cdot 10^4$ | $6,3 \cdot 10^3$ | $1,5 \cdot 10^4$ | $1,3 \cdot 10^4$ | CNR  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 22,2                        | 20               | 19               | 11               | 16,2             | 13,4             | CNR  |
| DQO (mg/L)                                     | 58,84                       | 53,02            | 52,95            | 32,67            | 62,38            | 59,01            | CNR  |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,65                        | 0,67             | 0,67             | 0,27             | 0,81             | 0,61             | CNR  |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | 0,16                        | 0,16             | 0,16             | 0,16             | 0,16             | 0,80             | CNR  |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | <0,01            | <0,01            | 0,02             | CNR  |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 13,53                       | 12,55            | 12,55            | 7,87             | 13,78            | 13,28            | CNR  |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                      |                             |                  |                  |                  |                  | 0,404            | MNR  |

Onde: { DMD → Descarga da Macro drenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 CNR → Coleta Não Realizada;  
 MNR → Medição Não Realizada.

Tabela 22 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 03.08.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |                  |                  |                  |      |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2          | Lagoa 3          | DMD              | DFCC |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4               | P5               | P6               | P7   |
| pH   | 7,13                        | 7,14             | 7,05             | 7,22             | 7,18             | 7,53             | CNR  |
| SDT (mg/L)                                     | 294                         | 248              | 528              | 284              | 136              | 270              | CNR  |
| SST (mg/L)                                     | 656                         | 448              | 394              | 450              | 452              | 520              | CNR  |
| SSF (mg/L)                                     | 390                         | 276              | 218              | 374              | 330              | 428              | CNR  |
| SSV (mg/L)                                     | 266                         | 172              | 176              | 76               | 122              | 92               | CNR  |
| Prof. Secchi (cm)                              | 20                          | 20               | 20               |                  |                  |                  |      |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 13                          | 12               | 14               | 8                | 14               | 13               | CNR  |
| Turbidez (uT)                                  | 72                          | 80               | 77               | 47               | 88               | 135              | CNR  |
| OD (mg/L)                                      | 1,1                         | 1,3              | 1,1              | 2,1              | 2,4              | 8                | CNR  |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 22,9                        | 22,9             | 22,9             | 25,2             | 25               | 27,1             | CNR  |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 25,5                        | 25,3             | 25,6             | 24,9             | 25,5             | 26               | CNR  |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,490                       | 0,235            | 0,23             | 0,215            | 0,231            | 0,237            | CNR  |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $8,1 \cdot 10^5$            | $6,8 \cdot 10^5$ | $6,4 \cdot 10^5$ | $3,3 \cdot 10^4$ | $2,4 \cdot 10^6$ | $1,5 \cdot 10^6$ | CNR  |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $3,8 \cdot 10^4$            | $2,9 \cdot 10^4$ | $5,0 \cdot 10^4$ | $2,5 \cdot 10^3$ | $1,9 \cdot 10^5$ | $9,8 \cdot 10^4$ | CNR  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 16,3                        | 16,3             | 13,7             | 9,0              | 19,3             | 17,7             | CNR  |
| DQO (mg/L)                                     | 45,91                       | 50,32            | 63,55            | 23,85            | 50,32            | 116,49           | CNR  |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,77                        | 0,75             | 0,77             | 0,27             | 0,79             | 0,67             | CNR  |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+/</sup> L) | 0,16                        | 0,16             | 0,16             | 0,32             | 0,64             | 1,13             | CNR  |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | <0,01            | <0,01            | 0,01             | CNR  |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 13,78                       | 13,28            | 10,33            | 6,64             | 10,09            | 10,82            | CNR  |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                      |                             |                  |                  |                  |                  | 1,301            | MNR  |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 CNR → Coleta Não Realizada;  
 MNR → Medição Não Realizada.



Tabela 23 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 17.08.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |                  |                  |                  |        |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2          | Lagoa 3          | DMD              | DFCC   |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4               | P5               | P6               | P7     |
| pH   | 6,96                        | 7,01             | 7                | 7,23             | 7,11             | 7,45             | 7,35   |
| SDT (mg/L)                                     | 80                          | 198              | 200              | 270              | 166              | 136              | ANR    |
| SST (mg/L)                                     | 186                         | 244              | 236              | 368              | 218              | 170              | ANR    |
| SSF (mg/L)                                     | 120                         | 128              | 196              | 318              | 124              | 162              | ANR    |
| SSV (mg/L)                                     | 66                          | 116              | 40               | 50               | 94               | 8                | ANR    |
| Prof. Secchi (cm)                              | 25                          | 25               | 25               |                  |                  |                  |        |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 7                           | 7                | 6                | 12               | 8                | 9                | ANR    |
| Turbidez (uT)                                  | 63                          | 58               | 64               | 140              | 56               | 52               | ANR    |
| OD (mg/L)                                      | 1                           | 1                | 1,3              | 2                | 2,5              | 7,7              | ANR    |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 24,8                        | 24,8             | 24,8             | 24,6             | 24,8             | 25,3             | 24,9   |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 24,8                        | 24,8             | 24,9             | 24               | 25               | 25               | 24     |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,271                       | 0,211            | 0,214            | 0,234            | 0,219            | 0,223            | 0,624  |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $3,4 \cdot 10^6$            | $3,1 \cdot 10^6$ | $1,3 \cdot 10^5$ | $1,7 \cdot 10^5$ | $2,5 \cdot 10^6$ | $2,2 \cdot 10^5$ | ANR    |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $7,4 \cdot 10^4$            | $7,9 \cdot 10^4$ | $1,9 \cdot 10^4$ | $1,5 \cdot 10^4$ | $6,8 \cdot 10^4$ | $6,3 \cdot 10^3$ | ANR    |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 16,4                        | 17,7             | 19,5             | 3,8              | 21,8             | 15               |        |
| DQO (mg/L)                                     | 72,38                       | 81,20            | 63,55            | 15,03            | 41,50            | 28,26            | 447,35 |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,57                        | 0,61             | 0,61             | 0,23             | 0,53             | 0,47             | 6,28   |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | 0,16                        | 0,16             | 0,16             | 0,16             | 0,32             | 0,48             | ANR    |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | <0,01            | <0,01            | 0,01             | ANR    |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 9,35                        | 9,59             | 9,1              | 11,81            | 9,84             | 9,35             | 17,47  |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                      |                             |                  |                  |                  |                  | 0,905            | MNR    |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 ANR → Análise Não Realizada;  
 MNR → Medição Não Realizada.

Tabela 24 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 31.08.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |                  |                  |                              |                                |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2          | Lagoa 3          | DMD                          | DFCC                           |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4               | P5               | P6                           | P7                             |
| pH   | 7,08                        | 7,1              | 7,08             | 7,45             | 6,96             | 7,53                         | 8,52                           |
| SDT (mg/L)                                     | 230                         | 268              | 294              | 316              | 258              | 240                          | 626                            |
| SST (mg/L)                                     | 292                         | 296              | 306              | 360              | 272              | 338                          | 780                            |
| SSF (mg/L)                                     | 152                         | 182              | 124              | 176              | 46               | 30                           | 208                            |
| SSV (mg/L)                                     | 140                         | 114              | 182              | 184              | 226              | 308                          | 572                            |
| Prof. Secchi (cm)                              | 25                          | 25               | 25               |                  |                  |                              |                                |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 5                           | 5                | 5                | 8                | 5                | 16                           | 23                             |
| Turbidez (uT)                                  | 38                          | 38               | 36               | 58               | 38               | 28                           | 24                             |
| OD (mg/L)                                      | 3                           | 2,9              | 2,5              | 2                | 1,8              | 6,8                          | 3,6                            |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 24                          | 24               | 24               | 26,4             | 24,5             | 26                           | 24                             |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 25,5                        | 25,8             | 26               | 25               | 25,5             | 25                           | 25,5                           |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,244                       | 0,233            | 0,234            | 0,302            | 0,25             | 0,252                        | 0,907                          |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $3,5 \cdot 10^6$            | $1,8 \cdot 10^6$ | $1,5 \cdot 10^6$ | $1,5 \cdot 10^6$ | $1,9 \cdot 10^6$ | $4,5 \cdot 10^5$             | $2,7 \cdot 10^7$               |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $9,6 \cdot 10^4$            | $5,3 \cdot 10^4$ | $7,3 \cdot 10^4$ | $5,2 \cdot 10^4$ | $1,2 \cdot 10^5$ | $1,5 \cdot 10^4$             | $1,9 \cdot 10^6$               |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 15                          | 16               | 14               | 8,7              | 14,5             | 8,30                         | 29                             |
| DQO (mg/L)                                     | 165,02                      | 138,55           | 116,49           | 90,02            | 67,96            | 63,55                        | 337,06                         |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,75                        | 0,79             | 0,85             | 0,73             | 0,77             | 0,87                         | 6,73                           |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+/</sup> L) | 0,32                        | 0,32             | 0,32             | 0,88             | 1,53             | 1,93                         | 0,72                           |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | <0,01            | <0,01            | 0,02                         | <0,01                          |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 9,84                        | 11,07            | 9,84             | 10,82            | 10,82            | 9,35                         | 16,98                          |
| Vazão  |                             |                  |                  |                  |                  | 0,575<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0,412<br>(m <sup>3</sup> /min) |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;

Tabela 25 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 17.09.2007.

| Parâmetros                                  | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |                  |                  |                           |                             |
|---|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|
|   | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2          | Lagoa 3          | DMD                       | DFCC                        |
|   | P1                          | P2               | P3               | P4               | P5               | P6                        | P7                          |
| pH  | 7,43                        | 7,51             | 7,5              | 7,18             | 7,23             | 7,42                      | 8,06                        |
| SDT (mg/L)                                  | 284                         | 114              | 186              | 140              | 182              | 64                        | 584                         |
| SST (mg/L)                                  | 428                         | 194              | 256              | 208              | 230              | 258                       | 838                         |
| SSF (mg/L)                                  | 6                           | 46               | 74               | 76               | 54               | 68                        | 284                         |
| SSV (mg/L)                                  | 422                         | 148              | 182              | 132              | 176              | 190                       | 554                         |
| Prof. Secchi (cm)                           | 25                          | 25               | 25               |                  |                  |                           |                             |
| Cor Verdadeira (mg Pt Co/L)                 | 8                           | 8                | 8                | 13               | 13               | 22                        | 26                          |
| Turbidez (uT)                               | 33                          | 33               | 30               | 21               | 30               | 23                        | 53                          |
| OD (mg/L)                                   | 4                           | 2,8              | 3,6              | 1,7              | 2,5              | 7,3                       | 0,9                         |
| Temperatura do Ar (°C)                      | 25,7                        | 25,7             | 25,7             | 27,1             | 28,1             | 25,9                      | 28,7                        |
| Temperatura da água (°C)                    | 25,8                        | 25,6             | 26               | 25,5             | 26,7             | 26,6                      | 26,2                        |
| Condutividade (µS/cm)                       | 0,271                       | 0,252            | 0,246            | 0,299            | 0,274            | 0,285                     | 0,822                       |
| Coliformes Totais (NMP/100 mL)              | $8,6 \cdot 10^5$            | $6,8 \cdot 10^5$ | $1,5 \cdot 10^5$ | $2,3 \cdot 10^4$ | $2,7 \cdot 10^6$ | $1,6 \cdot 10^5$          | $2,6 \cdot 10^7$            |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)     | $3,4 \cdot 10^4$            | $2,8 \cdot 10^4$ | $1,7 \cdot 10^4$ | $9,6 \cdot 10^2$ | $1,1 \cdot 10^5$ | $7,5 \cdot 10^3$          | $2,2 \cdot 10^6$            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                     | 17,3                        | 18,6             | 17,6             | 6,1              | 18,3             | 9,20                      | 31                          |
| DQO (mg/L)                                  | 94,43                       | 98,84            | 98,84            | 32,67            | 63,55            | 72,38                     | 420,88                      |
| Fósforo Total (mg P/L)                      | 0,81                        | 0,77             | 0,75             | 0,17             | 0,67             | 0,63                      | 9,07                        |
| Amônia (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | 0,08                        | 0,08             | 0,08             | 0,08             | 0,88             | 1,69                      | 0,08                        |
| Nitrito (mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | <0,01            | <0,01            | <0,01                     | <0,01                       |
| Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 10,33                       | 10,09            | 10,33            | 10,09            | 12,05            | 14,27                     | 15,74                       |
| Vazão                                       |                             |                  |                  |                  |                  | 0,707 (m <sup>3</sup> /s) | 0,124 (m <sup>3</sup> /min) |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 { DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;

Tabela 26 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 28.09.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |         |                  |                              |                                |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------------------|--------------------------------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2 | Lagoa 3          | DMD                          | DFCC                           |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4      | P5               | P6                           | P7                             |
| pH   | 7,22                        | 7,22             | 7,04             | CNR     | 6,86             | 7,33                         | 7,87                           |
| SDT (mg/L)                                     | 180                         | 88               | 210              | CNR     | 240              | 176                          | 660                            |
| SST (mg/L)                                     | 270                         | 206              | 298              | CNR     | 322              | 236                          | 730                            |
| SSF (mg/L)                                     | 56                          | 84               | 30               | CNR     | 98               | 14                           | 274                            |
| SSV (mg/L)                                     | 214                         | 122              | 268              | CNR     | 224              | 222                          | 456                            |
| Prof. Secchi (cm)                              | 25                          | 25               | 25               |         |                  |                              |                                |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 9                           | 8                | 7                | CNR     | 11               | 8                            | 27                             |
| Turbidez (uT)                                  | 66,7                        | 66,1             | 71,9             | CNR     | 55,4             | 28,5                         | 44,5                           |
| OD (mg/L)                                      | ANR                         | ANR              | ANR              | CNR     | ANR              | ANR                          | ANR                            |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 27                          | 27               | 27               | CNR     | 28,1             | 28,2                         | 28                             |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 27                          | 26,7             | 27               | CNR     | 26               | 27,5                         | 28,5                           |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,208                       | 0,205            | 0,21             | CNR     | 0,247            | 0,254                        | 0,659                          |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $6,6 \cdot 10^5$            | $3,2 \cdot 10^5$ | $5,0 \cdot 10^5$ | CNR     | $1,9 \cdot 10^6$ | $6,0 \cdot 10^4$             | $1,0 \cdot 10^7$               |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $2,0 \cdot 10^4$            | $2,2 \cdot 10^4$ | $2,2 \cdot 10^4$ | CNR     | $8,9 \cdot 10^4$ | $2,7 \cdot 10^3$             | $7,5 \cdot 10^4$               |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 15,1                        | 17,8             | 15,4             | CNR     | 17,7             | 8,8                          | 53,5                           |
| DQO (mg/L)                                     | 125,31                      | 103,26           | 98,84            | CNR     | 67,6             | 67,5                         | 257,65                         |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | ANR                         | ANR              | ANR              | CNR     | ANR              | ANR                          | ANR                            |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L) | 0,16                        | 0,16             | 0,16             | CNR     | 2,01             | 3,3                          | 0,32                           |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | CNR     | <0,01            | 0,03                         | <0,01                          |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 11,32                       | 11,56            | 11,07            | CNR     | 12,3             | 13,04                        | 15,01                          |
| Vazão  |                             |                  |                  |         |                  | 0,290<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0,213<br>(m <sup>3</sup> /min) |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 ANR → Análise Não Realizada;  
 CNR → Coleta Não Realizada;

Tabela 27 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 19.10.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |         |                  |                              |                                |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------------------|--------------------------------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2 | Lagoa 3          | DMD                          | DFCC                           |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4      | P5               | P6                           | P7                             |
| pH   | 7,03                        | 6,96             | 7                | CNR     | 6,92             | 7,39                         | 7,77                           |
| SDT (mg/L)                                     | 270                         | 266              | 218              | CNR     | 306              | 90                           | 836                            |
| SST (mg/L)                                     | 307                         | 302              | 312              | CNR     | 312              | 298                          | 904                            |
| SSF (mg/L)                                     | 91                          | 168              | 184              | CNR     | 242              | 150                          | 456                            |
| SSV (mg/L)                                     | 216                         | 134              | 128              | CNR     | 70               | 148                          | 448                            |
| Prof. Secchi (cm)                              | 25                          | 25               | 25               |         |                  |                              |                                |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 14                          | 10               | 11               | CNR     | 16               | 21                           | 21                             |
| Turbidez (uT)                                  | 72,6                        | 62,2             | 68,4             | CNR     | 42,9             | 26                           | 90,4                           |
| OD (mg/L)                                      | 1,1                         | 1,2              | 1,1              | CNR     | 1,3              | 4                            | 1,5                            |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 28,5                        | 28,5             | 28,5             | CNR     | 29,8             | 30                           | 29,8                           |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 28                          | 27,8             | 28               | CNR     | 29               | 28                           | 29                             |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,256                       | 0,241            | 0,239            | CNR     | 0,291            | 0,292                        | 0,773                          |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $6,0 \cdot 10^5$            | $5,3 \cdot 10^5$ | $6,9 \cdot 10^5$ | CNR     | $9,5 \cdot 10^5$ | $1,3 \cdot 10^4$             | $5,2 \cdot 10^5$               |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $1,4 \cdot 10^4$            | $1,6 \cdot 10^4$ | $1,3 \cdot 10^4$ | CNR     | $1,3 \cdot 10^5$ | $1,6 \cdot 10^3$             | $1 \cdot 10^2$                 |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | ANR                         | ANR              | ANR              | CNR     | ANR              | ANR                          | ANR                            |
| DQO (mg/L)                                     | 112,08                      | 129,72           | 112,08           | CNR     | 76,79            | 50,32                        | 319,41                         |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,80                        | 0,80             | 0,79             | CNR     | 0,84             | 0,85                         | 7,70                           |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+/</sup> L) | 0,16                        | 0,16             | 0,16             | CNR     | 2,10             | 4,20                         | 0,16                           |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | CNR     | <0,01            | 0,03                         | <0,01                          |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 12,55                       | 12,05            | 12,3             | CNR     | 16,73            | 17,71                        | 28,05                          |
| Vazão  |                             |                  |                  |         |                  | 0,092<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0,221<br>(m <sup>3</sup> /min) |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 ANR → Análise Não Realizada;  
 CNR → Coleta Não Realizada;

Tabela 28 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 31.10.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |         |                  |                              |                                |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------------------|--------------------------------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2 | Lagoa 3          | DMD                          | DFCC                           |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4      | P5               | P6                           | P7                             |
| pH   | 7,17                        | 7                | 6,97             | CNR     | 6,87             | 7,34                         | 8,15                           |
| SDT (mg/L)                                     | 200                         | 260              | 298              | CNR     | 342              | 130                          | 800                            |
| SST (mg/L)                                     | 388                         | 404              | 382              | CNR     | 358              | 244                          | 1030                           |
| SSF (mg/L)                                     | 174                         | 208              | 228              | CNR     | 174              | 174                          | 536                            |
| SSV (mg/L)                                     | 214                         | 196              | 154              | CNR     | 184              | 70                           | 494                            |
| Prof. Secchi (cm)                              | 20                          | 20               | 20               |         |                  |                              |                                |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 13                          | 11               | 11               | CNR     | 26               | 20                           | 37                             |
| Turbidez (uT)                                  | 63,7                        | 64               | 62,8             | CNR     | 41,5             | 21,2                         | 88,7                           |
| OD (mg/L)                                      | 2,3                         | 2,5              | 2,1              | CNR     | 1,6              | 4,6                          | 2,2                            |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 32,5                        | 32,5             | 32,5             | CNR     | 30               | 31,8                         | 32                             |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 29,8                        | 30               | 32               | CNR     | 28               | 27,5                         | 31,5                           |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,292                       | 0,311            | 0,295            | CNR     | 0,342            | 0,353                        | 0,915                          |
| Coliformes Totais<br>(MPN/100 mL)              | $7,5 \cdot 10^5$            | $8,0 \cdot 10^5$ | $8,0 \cdot 10^5$ | CNR     | $7,1 \cdot 10^6$ | $7,1 \cdot 10^4$             | $2,6 \cdot 10^6$               |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $3,5 \cdot 10^4$            | $3,8 \cdot 10^4$ | $3,3 \cdot 10^4$ | CNR     | $1,5 \cdot 10^4$ | $2,3 \cdot 10^3$             | $2 \cdot 10^2$                 |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 30                          | 27               | 28,5             | CNR     | 45               | 17                           | 72                             |
| DQO (mg/L)                                     | 140,14                      | 135,79           | 144,49           | CNR     | 83,62            | 79,27                        | 379,28                         |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | 0,77                        | 0,77             | 0,75             | CNR     | 0,81             | 0,83                         | 7,95                           |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+/</sup> L) | 0,16                        | 0,16             | 0,16             | CNR     | 2,76             | 5,52                         | 0,16                           |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | CNR     | <0,01            | 0,02                         | <0,01                          |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 14,5                        | 14,2             | 14,2             | CNR     | 18,5             | 19,3                         | 30                             |
| Vazão  |                             |                  |                  |         |                  | 0,165<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0,141<br>(m <sup>3</sup> /min) |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 CNR → Coleta Não Realizada;

Tabela 29 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas em 28.11.2007.

| Parâmetros                                     | Estações e Pontos de Coleta |                  |                  |         |                  |                              |                                |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------------------|--------------------------------|
|  | Lagoa 1                     |                  |                  | Lagoa 2 | Lagoa 3          | DMD                          | DFCC                           |
|  | P1                          | P2               | P3               | P4      | P5               | P6                           | P7                             |
| pH   | 7,09                        | 7,05             | 7,04             | CNR     | 6,96             | 7,28                         | 7,59                           |
| SDT (mg/L)                                     | 288                         | 276              | 256              | CNR     | 264              | 156                          | 760                            |
| SST (mg/L)                                     | 314                         | 250              | 256              | CNR     | 406              | 288                          | 916                            |
| SSF (mg/L)                                     | 222                         | 180              | 170              | CNR     | 264              | 266                          | 744                            |
| SSV (mg/L)                                     | 92                          | 70               | 86               | CNR     | 142              | 22                           | 172                            |
| Prof. Secchi (cm)                              | 20                          | 20               | 20               |         |                  |                              |                                |
| Cor Verdadeira<br>(mg Pt Co/L)                 | 18                          | 15               | 13               | CNR     | 25               | 20                           | 33                             |
| Turbidez (uT)                                  | 62,5                        | 61,1             | 60,7             | CNR     | 70,8             | 22,4                         | 101                            |
| OD (mg/L)                                      | 1,9                         | 1,8              | 1,7              | CNR     | 1,8              | 2,8                          | 0,7                            |
| Temperatura do<br>Ar (°C)                      | 32,5                        | 32,5             | 32,5             | CNR     | 28,8             | 33,8                         | 31,5                           |
| Temperatura da<br>água (°C)                    | 29                          | 28,5             | 28,5             | CNR     | 27,2             | 27,8                         | 29                             |
| Condutividade<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )   | 0,365                       | 0,358            | 0,337            | CNR     | 0,414            | 0,423                        | 0,952                          |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100 mL)              | $3,6 \cdot 10^5$            | $8,6 \cdot 10^5$ | $6,6 \cdot 10^5$ | CNR     | $3,8 \cdot 10^6$ | $8,6 \cdot 10^4$             | $1,2 \cdot 10^7$               |
| Coliformes<br>Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)  | $1,3 \cdot 10^4$            | $1,4 \cdot 10^4$ | $1,3 \cdot 10^4$ | CNR     | $1,3 \cdot 10^5$ | $9,3 \cdot 10^3$             | $5,2 \cdot 10^3$               |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                        | 20                          | 16               | 19,5             | CNR     | 32               | 11,7                         | 80                             |
| DQO (mg/L)                                     | 179,27                      | 183,62           | 192,32           | CNR     | 114,05           | 140,14                       | 401,02                         |
| Fósforo Total<br>(mg P/L)                      | ANR                         | ANR              | ANR              | CNR     | ANR              | ANR                          | ANR                            |
| Amônia<br>(mg NH <sub>4</sub> <sup>+/</sup> L) | 1,65                        | 1,65             | 1,65             | CNR     | 5,78             | 6,61                         | 0,83                           |
| Nitrito<br>(mg N/L)                            | <0,01                       | <0,01            | <0,01            | CNR     | <0,01            | 0,02                         | <0,01                          |
| Cloreto<br>(mg Cl <sup>-</sup> /L)             | 19,44                       | 18,45            | 18,21            | CNR     | 24,11            | 25,83                        | 33,95                          |
| Vazão  |                             |                  |                  |         |                  | 0,121<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0,121<br>(m <sup>3</sup> /min) |

Onde: { DMD → Descarga da Macrodrenagem;  
 DFCC → Descarga da Fábrica Coca-cola;  
 ANR → Análise Não Realizada;  
 CNR → Coleta Não Realizada;

**ANEXO B - DECRETO N.º 6.200/1985**



**DECRETO N.º 6.200, DE 01 DE MARÇO DE 1985**

Estabelece medidas de proteção ambiental na área de implantação do Pólo Cloroquímico de Alagoas e dá outras providências.

O Governador do Estado de Alagoas, no uso das atribuições que lhe confere o inciso III do artigo 59 da Constituição Estadual Decreta:

Art. 1º - Os efluentes líquidos das indústrias implantadas ou que se venham a implantar no Pólo Cloroquímico de Alagoas, após tratamento, terão o oceano como destino final, através de emissário submarino, não sendo permitidos lançamentos diretos ou indiretos nos corpos d'água do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú – Manguaba, bem como na zona de influência das descargas daquele estuário.

§ 1º - O tratamento dos efluentes líquidos deverá ser realizado em uma Central de Tratamento, devendo o efluente final tratado, obedecer aos padrões de emissão estabelecidos no Anexo I deste Decreto. (2)

§ 2º - A localização do emissário submarino e o ponto de descarga deverão ser determinados após estudos ecológicos e oceanográficos, de forma a que não haja alteração da qualidade da água do corpo receptor, conforme padrões estabelecidos no Anexo II do presente decreto. (3)

Art. 2º - As águas pluviais, drenadas do Núcleo Básico do Pólo Cloroquímico de Alagoas, deverão ser reunidas na central de Tratamento, para lançamento no oceano, uma vez atendido os padrões de qualidade estabelecidos no Anexo I deste decreto.

Art. 3º - A porção terrestre do emissário de efluentes líquidos e os demais dutos de transporte de produtos químicos líquidos ou gasosos deverão dispor de mecanismos de segurança que venham a impossibilitar a ocorrência de impactos ambientais, gerando por rompimento de tubulações e acidentes similares.

Parágrafo único – Os projetos de emissário Terrestre e de dutovias que venha, a ser implantados deverão ser previamente analisados pela Coordenação do Meio Ambiente e submetidos à aprovação do Conselho Estadual de Proteção Ambiental.

Art. 4º - O transporte rodoviário de produtos químicos perigosos será normatizado através de resolução do CEPRAM, ouvidas as diretrizes técnicas emanadas da Coordenação do Meio Ambiente, e respeitada a legislação pertinente.

Art. 5º - Um sistema centralizado deverá ser implantado para coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos gerados no Pólo Cloroquímico de Alagoas.

Parágrafo único – Os resíduos sólidos de natureza tóxica, bem como os que contiverem substâncias inflamáveis, corrosivas, explosivas, radioativas e outras consideradas prejudiciais, que não dispuserem de tratamento a nível central, deverão ser adequadamente acondicionados no próprio local de produção e nas condições estabelecidas pela Coordenação do Meio Ambiente.

Art. 6º - São consideradas de preservação permanente, e portanto, imunes ao corte, queima, aterro e demais formas de degradação ambiental.

a) a vegetação das encostas dos tabuleiros dos municípios de Marechal Deodoro, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba e Fernão Velho.

b) Os manguezais e as áreas inundáveis do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú – Manguaba.

Parágrafo único – A destinação dos ambientes relacionados no “caput” deste artigo, a fim diversos de preservação ambiental somente será permitida em pequena escala, após a autorização do Conselho Estadual de Proteção Ambiental, ouvida a Coordenação do Meio Ambiente, e desde que se trate de obra ou projeto de interesse público.

Art. 7º - É verdade a implantação de núcleos ou conjuntos habitacionais no tabuleiro compreendido entre o Rio Remédios, a estrada Br-316, a estrada de acesso à cidade de Pilar, a Lagoa Manguaba e o Canal de Dentro do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba, excetuando-se aquele já implantado próximo à interseção das BR-316 e BR-424, proibida qualquer expansão ou majoração do número de unidades existentes.

Parágrafo único – A implantação de acampamentos provisórios, destinados exclusivamente ao abrigo de operários, durante a execução de obras civis, somente será permitida no canteiro de obras da indústria, devendo tais acampamentos ser desmobilizados imediatamente após a conclusão das obras.

Art. 8º - Os padrões estabelecidos no Anexo I do presente decreto, aplicar-se-ão igualmente às indústrias, no Estado de Alagoas, a serem implantadas, já implantadas, ou em expansão e que não integrem o Pólo Cloroquímico de Alagoas.

Art. 9º - O descumprimento do estabelecimento no presente decreto ensejará a aplicação de penalidades previstas na Lei 4.090, de 05 de dezembro de 1979, sem prejuízo das cominações estabelecidas pela Legislação Federal pertinente.

Art. 10 – Esta decreto entra em vigor na data de sua publicação revogadas as disposições em contrário.

---

(1) A Lei 4.686 de 05.09.85, praticamente repetiu as disposições do presente Decreto, manteve porém os padrões de emissão.

(2) Vide o § 1º, artigo 1º da Lei 4.686 de 05.09.85.

(3) Idem.

## ANEXO I

### Padrões de Emissão

a) pH entre 5 e 9

b) temperatura inferior a 40 °C

c) DBO5 a 20º < 60 mg/l

d) DQO < 150 mg/l

e) materiais sedimentáveis até 1ml/l com teste de 1 hora em cone Imhoff

f) óleos e graxas – até 20ml/l

g) valores máximos toleráveis das seguintes substâncias (em miligramas/litros):

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| - Amônia .....      | 0,5 mg/l  |
| - Arsênio .....     | 0,1 mg/l  |
| - Alumínio .....    | 10,0 mg/l |
| - Bário total ..... | 5,0 mg/l  |
| - Boro .....        | 5,0 mg/l  |
| - Cádmio .....      | 0,2 mg/l  |
| - Cianetos .....    | 0,2 mg/l  |
| - Chumbo total..... | 0,2 mg/l  |
| - Cloro total ..... | 0,5 mg/l  |

|  |            |
|--|------------|
| - Cromo hexavalente .....  | 0,1 mg/l   |
| - Cromo trivalente .....   | 1,0 mg/l   |
| - Estanho .....  | 4,0 mg/l   |
| - Fenóis .....   | 0,5 mg/l   |
| - Ferro solúvel .....  | 15,0 mg/l  |
| - Fluoretos .....  | 10,0 mg/l  |
| - Manganês .....   | 1,0 mg/l   |
| - Mercúrio total .....   | 0,002 mg/l |
| - Níquel total .....   | 1,0 mg/l   |
| - Selênio total .....  | 0,05 mg/l  |
| - Sulfetos como H <sub>2</sub> S .....   | 1,0 mg/l   |
| - Sulfitos .....   | 1,0 mg/l   |
| - Zinco .....  | 1,0 mg/l   |
| - Compostos organofosforados e carbanatos totais em paration .....   | 0,1 mg/l   |
| - Sulfeto de carbono, tricloro etileno, tetracloreto de carbono, dicloroetileno e clorofôrmio .....        | 1,0 mg/l   |
| - Tricloropropano .....  | 8,0 mg/l   |
| - Compostos organoclorados não listados acima .....  | 0,05 mg/l  |
| - Agentes tensoativos .....  | 2,0 mg/l   |
| - Outras substâncias em concentrações limites a serem fixadas pela CMA/SENERG-AL, e aprovadas pelo CEPRAM. |            |

## ANEXO II

### Padrões do Corpo Receptor (Oceano)

- a) materiais flutuantes: virtualmente ausentes
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes
- c) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes
- e) substâncias que formam depósitos objetáveis: virtualmente ausentes
- f) substâncias e condições que facilitem a vida aquática indesejável: virtualmente ausentes
- g) DBO 5 a 20° C < 5 mg/l
- h) OD < 6 mg/l

i) pH entre 6,5 e 8,5; não deve haver uma mudança no valor de que 0,2 unidades.

j) Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):

|  |             |
|--|-------------|
| - Alumínio .....   | 1,5 mg/l    |
| - Amônia .....   | 0,4 mg/l    |
| - Antimônio .....  | 0,2 mg/l    |
| - Arsênio .....  | 0,05 mg/l   |
| - Bário .....  | 1,0 mg/l    |
| - Berílio .....  | 1,5 mg/l    |
| - Boro .....   | 5,0 mg/l    |
| - Bromo .....  | 0,1 mg/l    |
| - Cádmio .....   | 0,005 mg/l  |
| - Chumbo .....   | 0,01 mg/l   |
| - Cianeto .....  | 0,005 mg/l  |
| - Cloro residual .....   | 0,01 mg/l   |
| - Cobre .....  | 0,05 mg/l   |
| - Cromo total .....  | 0,05 mg/l   |
| - Estanho .....  | 0,2 mg/l    |
| - Fenóis .....   | 0,001 mg/l  |
| - Ferro solúvel .....  | 0,3 mg/l    |
| - Fluoretos .....  | 1,4 mg/l    |
| - Manganês .....   | 0,1 mg/l    |
| - Mercúrio .....   | 0,0001 mg/l |
| - Níquel .....   | 0,1 mg/l    |
| - Nitratos .....   | 10,0 mg/l   |
| - Nitritos .....   | 1,0 mg/l    |
| - Prata .....  | 0,005 mg/l  |
| - Selênio .....  | 0,01 mg/l   |
| - Substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno ..... | 0,5 mg/l    |
| - Sulfetos como H <sub>2</sub> S .....                         | 0,002 mg/l  |
| - Tálcio .....   | 0,1 mg/l    |
| - Urânio .....   | 0,5 mg/l    |
| - Zinco .....  | 0,01 mg/l   |

Organoclorados (em microgramas/litros)

|  |            |
|--|------------|
| - Aldrin .....   | 0,003 ug/l |
| - Clordano .....   | 0,004 ug/l |
| - Demeton .....  | 0,001 ug/l |
| - Dieldrin .....   | 0,1 ug/l   |
| - Endossulfan .....  | 0,001 ug/l |
| - Endrin .....   | 0,004 ug/l |
| - Epóxito de Heptacloro .....  | 0,001 ug/l |
| - Heptacloro .....   | 0,001 ug/l |
| - Metoxicloro .....  | 0,03 ug/l  |
| - Lindano (gama-BHC) .....   | 0,004 ug/l |
| - Mirex .....  | 0,001 ug/l |
| - Gution .....   | 0,01 ug/l  |
| - Malation .....   | 0,1 ug/l   |
| - Paration .....   | 0,04 ug/l  |
| - Toxafeno .....   | 0,005 ug/l |
| Herbicidas (Microgramas/litros)                                      |            |
| - 2,4 D .....  | 10,0 ug/l  |
| - 2, 4, 5 T .....  | 10,0 ug/l  |
| - 2, 4, 5 TP .....   | 10,0 ug/l  |
| - Compostos organofosforados ou carbamatos totais, em Paration ..... | 10,0 ug/l  |

---

OBS: No cálculo das concentrações máximas permissíveis, não serão consideradas vazões de efluentes líquidos obtidos através de diluição dos efluentes com água não poluída (por exemplo: água de abastecimento, ou água utilizada na refrigeração).

(D.O 02.03.85)

**ANEXO C - DECRETO N.º 3.766/1978**

**DECRETO N.º 3.766 DE 30 DE OUTUBRO DE 1978**

Enquadra os Cursos D'água do Estado de Alagoas na Classificação Estabelecida pela Portaria n.º GM-0013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior e dá providências correlatas

O Governador do Estado de Alagoas, no uso da atribuição que lhe outorga o inciso III do Art. 59, da Constituição Estadual,

Considerando que a classificação dos cursos d'água interiores é procedimento essencial à defesa de sua qualidade,

Considerando que compete ao Poder Público zelar pela preservação dos cursos d'água, cujo potencial possa ser utilizado no atendimento da crescente demanda de água potável,

Considerando, ainda, a necessidade de se estabelecer níveis máximos de concentração de impurezas em função da utilização a ser dada às águas.

Decreta:

Art. 1º - Os rios do Estado de Alagoas, segundo a destinação dada às suas águas, são classificadas em duas categorias: rios classe 1 e rios classe 2.

Parágrafo único – São considerados classe 1 os rios cujas as águas se destinam ao abastecimento doméstico, sem ou com prévia desinfecção e classe 2 aqueles cujas as águas se destinam ao mesmo fim, após submetidas a tratamento convencional e também a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).

Art. 2º - São considerados classe 1 os seguintes cursos d'água do Estado de Alagoas:

- 1) Rio Remédio
- 2) Rio Jacarecica
- 3) Rio Pratagy – até 4(quatro) quilômetros antes de sua foz.
- 4) Rio Catolé
- 5) Rio Aviação
- 6) Rio da Silva

Art. 3º - São considerados classe 2 os seguintes cursos d'água do Estados de Alagoas:



- 1) Riacho Pau Amarelo (Rio Brocotó)
- 2) Rio Lages
- 3) Rio Coruripe
- 4) Rio Jequié
- 5) Rio São Miguel
- 6) Rio Sumaúma
- 7) Rio Reginaldo
- 8) Rio Pratagy – com início no ponto onde finda sua classe 1, até sua foz.
- 9) Rio Mirim ou Meirim
- 10) Rio Santo Antônio
- 11) Rio Manguaba
- 12) Rio Salgado
- 13) Rio Niquim
- 14) Rio Itabaiana
- 15) Rio Tatuamunha
- 16) Rio Comporta
- 17) Rio Coxeu
- 18) Rio Ipioca
- 19) Riacho Doce
- 20) Riacho da Garça Torta
- 21) Riacho Lagoa do Pau
- 22) Riacho Taboada
- 23) Riacho Feliz Deserto
- 24) Riacho Camurupim
- 25) Riacho das Pedrinhas
- 26) Rio Camaragipe
- 27) Rio Sapucaí
- 28) Rio Samaçuí
- 29) Rio Poxim
- 30) Rio Piauí
- 31) Rio Perucaba
- 32) Rio Boacica
- 33) Rio Itiuba
- 34) Riacho da Taboca

### 35) Rio Satuba

Art. 4º - Os estabelecimentos industriais que causam ou possam causar poluição das águas devem informar anualmente ou quando lhes for requisitado pela Coordenação do Meio Ambiente da Secretária de Planejamento, o volume e o tipo de seus efluentes, assim como as especificações dos equipamentos antipoluidores de que dispuserem, estejam ou não em funcionamento.

Parágrafo único – Os estabelecimentos referidos no “caput” deste artigo deverão comunicar à Coordenação do Meio Ambiente quaisquer alterações ocorridas nas emissões sobre os cursos d’água enumerados nos artigos 2º e 3º deste decreto terão classificação idêntica ou imediatamente anterior àquela atribuída ao curso d’água receptor.

Parágrafo único – A classificação a que se refere este artigo será levada a efeito pela Coordenação do Meio Ambiente da Secretaria de Planejamento.

Art. 6º - A Coordenação do Meio Ambiente da Secretaria de Planejamento do Estado de Alagoas poderá estabelecer outros parâmetros de efluentes e/ou resíduos, lançados nos cursos d’água, especialmente aqueles referidos e classificados no presente decreto, na conformidade do item XIII da Portaria de n.º 0013 do Ministério do Interior, ou quaisquer outros que venham a ser definidos a nível Federal.

Art. 7º - Os cursos d’água ainda não classificados e pertencentes ao domínio do Estado de Alagoas o serão à medida que forem sendo concluídos os estudos efetuados pela Coordenação do Meio Ambiente.

Art. 8º - Este decreto entrará em vigor na data de sua publicação revogadas as disposições em contrário.

(D.O 31.10.78)