

**JOSÉ EDSON RODRIGUES GUEDES GONDIM**

**Análise exploratória dos diferentes impactos antropogênicos nos  
estuários de Pernambuco**

**RECIFE-PE – Março/2015.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA**

**Análise exploratória dos diferentes impactos antropogênicos nos  
estuários de Pernambuco**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Biometria e Estatística Aplicada como  
exigência parcial à obtenção do título de  
Mestre.

**Área de Concentração:** Estatística  
Aplicada

**Orientador(a): Prof. Dr. Paulo José Duarte Neto**

**Co-orientadora: Profa. Dra Sônia Valéria Pereira**

**MARÇO/2015**

### Ficha Catalográfica

G637a Gondim, José Edson Rodrigues Guedes  
Análise exploratória dos diferentes impactos  
antropogênicos  
nos estuários de Pernambuco. / José Edson Rodrigues  
Guedes  
Gondim -- Recife, 2015.  
108f.: il.

Orientador : Paulo José Duarte Neto.  
Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística  
Aplicada ) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento  
de  
Estatística e Informática, Recife, 2015.  
Referências.

1. Estuário 2. Metais Traços 3. Água e Sedimento  
I. Duarte Neto, Paulo José, orientador II. Título

CDD 574.018

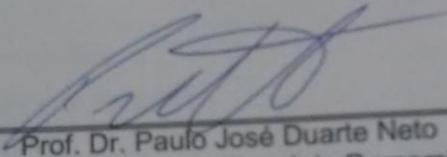
RECIFE-PE – Março/2015.  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA

**Análise exploratória dos diferentes impactos antropogênicos nos  
estuários de Pernambuco**

José Edson Rodrigues Guedes Gondim

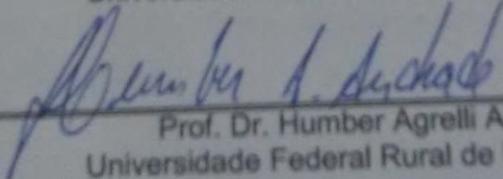
Dissertação julgada adequada para  
obtenção do título de Mestre em Biometria  
e Estatística Aplicada, defendida e  
aprovada por unanimidade em 02/03/2015  
pela Banca Examinadora.

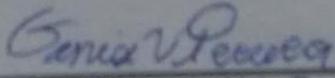
Orientador:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo José Duarte Neto  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Thierry Frédou  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Humber Agrelli Andrade  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sônia Valéria Pereira  
Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental - ITEP

Dedico este trabalho a toda minha família que sempre acreditou em mim, minha Mãe Edlene, meu Pai Antonio Guedes, aos meus irmãos Antonio, Natália e Felipe, a minha Esposa Juliene e em especial ao meu futuro filho

## **Agradecimentos**

Agradeço, primeiramente, a Deus por tudo;

A minha mãe Edlene, ao meu pai Antonio Guedes, aos meus irmãos Antonio e Felipe e a minha Irmã Natalia por sempre me apoiarem;

A minha esposa Juliene por sempre esta ao meu lado;

Aos meus demais parentes, em especial a minha Tia Edna pelo acolhimento no início desta caminhada;

Ao Professor Dr. Paulo José Duarte Neto por acreditar em mim e pela excelente orientação neste trabalho, sem ele não seria possível;

A Professora Dra. Sonia pela imensa colaboração;

Aos Professores Dr. Thierry Frédou e Dr. Humber Agreli Andrade por aceitarem participar da banca examinadora;

Ao Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP em especial a Glauber por disponibilizar o banco de dados para confecção deste trabalho;

Aos demais professores que contribuíram para minha formação;

Aos colegas de pós-graduação que sempre me ajudaram.

## Resumo

Os aspectos físicos, químicos e biológicos de três estuários de Pernambuco foram estudados para verificar os diferentes padrões de impactos antropogênicos nestes ambientes. Parâmetros de qualidade da água e do sedimento foram coletados dos estuários do Rio Botafogo e Carrapicho (litoral norte de PE) e do Rio Maracaípe (Litoral Sul do Estado) no período de julho a dezembro de 2011. Estes estuários possuem características diferentes em sua área, o Rio Botafogo no entorno da sua bacia possui mais indústrias, o Rio Carrapicho mais carcinicultura e a agricultura em geral e o Rio Maracaípe é praticamente urbano. Nos parâmetros observados referente ao sedimento foram identificadas diferenças significativas na presença de metais traços entre o estuário do Rio Botafogo com o do Rio Maracaípe. Já para a água a diferença mais significativa foi identificada nos coliformes totais e termotolerantes do estuário do Rio Maracaípe com relação ao Rio Carrapicho. Individualmente foi observado que o estuário do Rio Botafogo encontra-se contaminado por ferro (Fe) e mercúrio (Hg) devido aos despejos das indústrias e que o estuário do Rio Maracaípe possui uma contaminação por coliformes fecais ou termotolerantes decorrente das péssimas condições sanitárias da sua área. A análise de Componentes Principais evidenciou os padrões de diferentes características dentro de cada um dos estuários como também entre eles. Para os fitoplâncton não foi identificado nenhuma mudança significativa em suas comunidades.

**Palavras-chave:** Estuário, Metais Traços, Fitoplâncton, Análise Multivariada, Água, Sedimento.

## Abstract

The physical, chemical and biological aspects of three estuaries of Pernambuco were studied to verify the different patterns of human impacts in these environments. Water quality and sediment parameters were collected from estuaries of Rio Botafogo and Carrapicho (north coast of PE) and Rio Maracaípe (Southern coast of the state) in the period from July to December 2011. These estuaries have different characteristics in your area, Rio Botafogo in the vicinity of the basin has more industries, Rio Carrapicho more shrimp and agriculture in general and the Rio Maracaípe is almost urban. The parameters observed regarding the sediment significant differences were identified in the presence of trace metals between the estuary of the Rio Botafogo with the Rio Maracaípe. As for the water the most significant difference was identified in total and fecal coliform estuary Rio Maracaípe regarding the Rio Carrapicho. Individually it was observed that the Rio Botafogo estuary is contaminated by iron (Fe) and mercury (Hg) due to evictions of industries and the estuary has Maracaípe contamination by fecal coliform or resulting from poor sanitary conditions of their area. The principal component analysis showed patterns of different characteristics within each of estuaries and also between them. For the phytoplankton was not identified any significant change in their communities.

**Keywords:** Estuary, Traces Metals, Phytoplankton , Multivariate Analysis , Water, Sediment

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa do Sistema Estuarino de Itamaracá, Pernambuco, Brasil, indicando os rios Botafogo e Carrapicho .....	27
<b>Figura 2</b> - Estações de coleta no estuário do Rio Maracaípe .....	30
<b>Figura 3</b> - Estações de coleta no estuário do Rio Carrapicho. ....	30
<b>Figura 4</b> - Estações de coleta no estuário do Rio Botafogo.....	31
<b>Figura 5</b> - Sonda multiparâmetros utilizada em água .....	32
<b>Figura 6</b> - Coleta de sedimento .....	33
<b>Figura 7</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do Alumínio (lado direito) - .....	39
<b>Figura 8</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do arsênio (lado direito).....	40
<b>Figura 9</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do cádmio (lado direito).....	42
<b>Figura 10</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do cromo (lado direito) .....	43
<b>Figura 11</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do chumbo (lado direito).....	44
<b>Figura 12</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do ferro (lado direito) .....	46
<b>Figura 13</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do mercúrio (lado direito) .....	47
<b>Figura 14</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do selênio (lado direito) .....	48
<b>Figura 15</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do zinco (lado direito) .....	49
<b>Figura 16</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da matéria orgânica (lado direito).....	50
<b>Figura 17</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do pH (lado direito) .....	51
<b>Figura 18</b> – Percentual explicado para cada um dos componentes principais por seus autovalores para o sedimento.....	53
<b>Figura 19</b> - Componente Principal 1 versus Componente Principal 2 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes .....	56
<b>Figura 20</b> - Componente Principal 1 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes .....	57
<b>Figura 21</b> - Componente Principal 1 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes .....	58

<b>Figura 22</b> - Componente Principal 2 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes .....	59
<b>Figura 23</b> - Componente Principal 2 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes .....	60
<b>Figura 24</b> - Componente Principal 3 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes .....	61
<b>Figura 25</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do pH (lado direito) .....	63
<b>Figura 26</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da Temperatura (lado direito) .....	64
<b>Figura 27</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da clorofila a (lado direito) .....	65
<b>Figura 28</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da salinidade (lado direito) .....	66
<b>Figura 29</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do OD (lado direito) .....	67
<b>Figura 30</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do DBO (lado direito).....	68
<b>Figura 31</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do pH (lado direito) .....	69
<b>Figura 32</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da Temperatura (lado direito) .....	71
<b>Figura 33</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da clorofila a (lado direito) .....	72
<b>Figura 34</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da salinidade(lado direito) .....	73
<b>Figura 35</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do OD (lado direito) .....	74
<b>Figura 36</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do DBO (lado direito).....	75
<b>Figura 37</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da Transparência (lado direito).....	76
<b>Figura 38</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do coliforme termotolerante (lado direito).....	77
<b>Figura 39</b> - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do coliforme termotolerante (lado direito).....	79
<b>Figura 40</b> - Percentual explicado para cada um dos componentes principais por seus autovalores para a água .....	80
<b>Figura 41</b> - Componente Principal 1 versus Componente Principal 2 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio,	

CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	83
<b>Figura 42</b> - Componente Principal 1 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	84
<b>Figura 43</b> - Componente Principal 1 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	85
<b>Figura 44</b> - Componente Principal 1 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	86
<b>Figura 45</b> - Componente Principal 2 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	87
<b>Figura 46</b> - Componente Principal 2 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	88
<b>Figura 47</b> - Componente Principal 2 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	89
<b>Figura 48</b> - Componente Principal 3 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	90
<b>Figura 49</b> - Componente Principal 3 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	91
<b>Figura 50</b> - Componente Principal 4 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH .....	92
<b>Figura 51</b> - Mapa de Correspondência .....	94

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Análise Descritiva para o Alumínio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	38
<b>Tabela 2</b> - Análise Descritiva para o Arsênio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	40
<b>Tabela 3</b> - Análise Descritiva para o Cádmio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	41
<b>Tabela 4</b> - Análise Descritiva para o Cromo (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	42
<b>Tabela 5</b> - Análise Descritiva para o Chumbo (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	44
<b>Tabela 6</b> - Análise Descritiva para o Ferro (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	45
<b>Tabela 7</b> - Análise Descritiva para o Mercúrio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	47
<b>Tabela 8</b> - Análise Descritiva para o Selênio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	48
<b>Tabela 9</b> - Análise Descritiva para o Zinco (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	49
<b>Tabela 10</b> - Análise Descritiva para a Matéria Orgânica (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	50
<b>Tabela 11</b> - Análise Descritiva para o pH – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	51
<b>Tabela 12</b> - Análise Descritiva para o coliforme total (NMP/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	52
<b>Tabela 13</b> - Análise Descritiva para o coliforme termotolerantes (NMP/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	52
<b>Tabela 14</b> - Contribuição e correlação de cada variável por cada componente principal – MO = Matéria Orgânica, CTO = Coliforme Total e CTE = Coliformes Termotolerantes .....	54
<b>Tabela 15</b> - Percentual de explicação de cada variável para cada componente principal – MO=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes .....	55
<b>Tabela 16</b> - Análise Descritiva para o pH na superfície – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	62
<b>Tabela 17</b> - Análise Descritiva para a Temperatura na superfície (°C) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	63
<b>Tabela 18</b> - Análise Descritiva para a clorofila a na superfície (ug/L) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	65
<b>Tabela 19</b> - Análise Descritiva para a salinidade na superfície – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	66
<b>Tabela 20</b> - Análise Descritiva para o OD na superfície (mg/L O <sub>2</sub> ) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	67
<b>Tabela 21</b> - Análise Descritiva para o DBO na superfície (mg/L O <sub>2</sub> ) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	68
<b>Tabela 22</b> - Análise Descritiva para o pH no fundo do estuário – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação .....	69

<b>Tabela 23</b> - Análise Descritiva para a temperatura no fundo do estuário (°C) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	70
<b>Tabela 24</b> - Análise Descritiva para a clorofila a no fundo do estuário (µg/L) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	71
<b>Tabela 25</b> - Análise Descritiva para a salinidade no fundo do estuário – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	72
<b>Tabela 26</b> - Análise Descritiva para o OD no fundo do estuário (mg/L O <sub>2</sub> ) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	73
<b>Tabela 27</b> - Análise Descritiva para o DBO no fundo do estuário (mg/L O <sub>2</sub> ) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	74
<b>Tabela 29</b> - Análise Descritiva para o coliforme total na superfície do estuário (NMP/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	76
<b>Tabela 30</b> - Análise Descritiva para o coliforme termotolerante na superfície do estuário (Log(NMP/mL)) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	77
<b>Tabela 31</b> - Análise Descritiva para o coliforme total no fundo do estuário (NMP/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	78
<b>Tabela 32</b> - Análise Descritiva para o coliforme termotolerante no fundo do estuário (Log(NMP/mL)) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação.....	79
<b>Tabela 33</b> - Contribuição e correlações de cada variável por cada componente principal- - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH.....	81
<b>Tabela 34</b> - Percentual de explicação acumulado para cada variável – S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DBO=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes.....	82
<b>Tabela 35</b> – Valores das coordenadas para cada um dos estuários juntamente com a Inércia – Coor=Coordenada, Dim=Dimensão.....	94
<b>Tabela 36</b> - Divisões e Táxon que mais correspondem com o estuário do rio Maracaípe.....	95
<b>Tabela 37</b> - Divisões e Táxon que mais correspondem com o estuário do rio Botafogo.....	96
<b>Tabela 38</b> - Divisões e Táxon que mais correspondem com o estuário do rio Carrapicho.....	96

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	13
2.	Objetivos .....	15
2.1	Objetivo Geral .....	15
2.2	Objetivos Específicos .....	15
3.	Revisão Bibliográfica .....	16
3.1	Definição de Estuário .....	16
3.1.1	Indicadores de Qualidade Hidrográfica em Estuários .....	17
3.1.2	Sedimentos .....	19
3.1.2.1	Metais em Sedimento .....	20
3.1.2.1.1	Alumínio (Al) .....	20
3.1.2.1.2	Arsênio (As) .....	20
3.1.2.1.3	Cádmio (Cd) .....	21
3.1.2.1.4	Cromo (Cr) .....	22
3.1.2.1.5	Chumbo (Pb) .....	22
3.1.2.1.6	Ferro (Fe) .....	22
3.1.2.1.7	Mercúrio (Hg) .....	23
3.1.2.1.8	Selênio (Se) .....	23
3.1.2.1.9	Zinco (Zn) .....	23
3.1.3	Matéria Orgânica .....	24
3.1.4	Coliformes Totais e Termotolerantes .....	24
4	Material e Métodos .....	26
4.1	Local e Área de Estudo .....	26
4.1.1	Pontos de Coletas .....	29
4.1.2	Parâmetros Analisados .....	31
4.1.2.1	Coleta da Água .....	31
4.1.2.2	Coleta do Sedimento .....	33
4.2	Análise dos Dados .....	34
4.2.1	Técnicas aplicadas .....	35
4.2.1.1	Análise de Componentes Principais .....	35
4.2.1.2	Análise de Correspondência Simples .....	36
5	Resultados .....	38
5.1	Sedimento .....	38
5.2	Água .....	62
6	Discussão .....	97
7	Conclusão .....	101
8	Referências Bibliográficas .....	102

## 1. Introdução

As áreas costeiras concentram diversas atividades produtivas e industriais e é habitada por mais de um terço da população do mundo, no entanto, estas áreas compõem apenas 4% da área total do planeta e sua densidade populacional está aumentando de forma exponencial (UNEP, 2006).

Nas áreas costeiras estão presentes os estuários que possuem um papel importante para o ecossistema marítimo. Eles servem como berçário de algumas espécies, como por exemplo, o linguado e o cavalo marinho, protegendo de predadores. Como estes ambientes possuem uma grande riqueza de matérias orgânicas as espécies podem utilizar deste artefato para se desenvolver e assim, ter maior probabilidade de vida fazendo com que essas espécies não entrem em extinção. Outra importância dos estuários é que eles servem de caminho para as espécies aquáticas percorrerem possibilitando que elas possam passar parte de sua vida nos rios e outra parte nos oceanos. Além disso, o estuário é um dos ecossistemas mais produtivos da terra.

Tendo em vista a grande importância dos estuários, o número de estudos referente às áreas costeiras vem crescendo ao longo dos tempos. Segundo Kjerfve *et al.*(2002), os estudos sobre as áreas estuarinas foram iniciados por cientistas escandinavos há mais de um século. Apenas nas últimas cinco décadas, esses ambientes passaram a ser pesquisados de forma mais intensa para entendimento de seu funcionamento como resposta as apropriações e intervenções humanas, tendo em vista que aproximadamente sessenta por cento das grandes cidades se desenvolvem no em torno dos estuários, como exemplo as capitais nordestinas de Recife, Aracaju e Maceió.

Devido à grande fixação do homem nas proximidades costeiras, é necessário definir os impactos ambientais, que são as alterações no meio ambiente causadas por atividades naturais ou antrópicas (causadas pelo homem). O despejo de lixo urbano e industrial, o carregamento de resíduos de pesticidas e fertilizantes utilizados em lavouras e as descargas de águas oriundas da carcinicultura, tem contribuído significativamente para a destruição e contaminação dos estuários causando assim um impacto ambiental.

Segundo a Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, em Pernambuco ao longo dos 187 km do litoral, situam-se 13 áreas protegidas por Lei que, devido a sua completa descaracterização, em decorrência da ocupação urbana, são consideradas casos especiais de proteção.

Para este trabalho serão utilizados dados físicos, químicos e biológicos de 03 (três) estuários do estado de Pernambuco, o do Rio Botafogo e do Rio Carrapicho localizado na litoral norte do estado e do Rio Maracaípe localizado no litoral sul de Pernambuco. Os três estuários possuem características diferentes entre si, um em sua área territorial é mais urbano (Rio Maracaípe), outro é localizado nas proximidades de indústrias (Rio Botafogo) e o outro próximo a carcinicultura (Rio Carrapicho). Visando estas características distintas em suas áreas territoriais este trabalho propõe através de análises estatísticas identificarem o que cada um destes meios externos (indústria, carcinicultura e urbanização) (CPRH, 2011) causa de impactos aos estuários assim verificar as áreas que necessitam de maior acompanhamento devido as suas características territoriais.

Através da análise de componentes principais pode-se identificar padrões de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas e relacionar com suas características territoriais identificando assim os impactos causados por cada um destes meios externos e posteriormente através da análise de correspondência verificar a relação que estas características interferem nas comunidades de fitoplâncton.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Identificar e quantificar os diferentes impactos antropogênicos em três estuários de Pernambuco por meio da análise multivariada

### 2.2 Objetivos Específicos

- Analisar individualmente os parâmetros (pH, Temperatura (°C), Clorofila a (ug/L), Salinidade, Oxigênio Dissolvido (mg/L O<sub>2</sub>), Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O<sub>2</sub>), Transparência (m), Coliformes Totais (NMP/kg) e Coliformes Termotolerantes (NMP/kg)) de água e compará-los com os níveis mínimos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005;
- Analisar individualmente os parâmetros (Cromo-Cr, Cádmio-Cd, Arsênio-As, Ferro-Fe, Alumínio-Al, Chumbo-Pb, Zinco-Zn, Selênio-Se, Mercúrio-Hg, Matéria Orgânica, pH, Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes) de sedimento e compará-los com os estabelecidos pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e pela legislação canadense que é a mesma adotada pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo);
- Analisar, por análise multivariadas, os aspectos físicos, químicos e biológicos referente a água visando identificar os diferentes impactos antropogênicos;
- Analisar, por análise multivariadas, os aspectos físicos, químicos e biológicos referente ao sedimento visando identificar os diferentes impactos antropogênicos;
- Analisar, por análise multivariadas, as comunidades de fitoplâncton visando identificar os diferentes impactos antropogênicos.

### 3. Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Definição de Estuário

A definição de estuário com maior aceitação foi proposta por Pitchard (1967), ele define como sendo “um corpo de água costeiro e semifechado, que tem livre conexão com o mar aberto dentro do qual a água do mar é diluída gradativamente pela água doce proveniente da drenagem terrestre”.

Já Fairbridge (1980) descreve da seguinte maneira: “um estuário é uma reentrância de mar num vale fluvial, estendendo-se até ao limite da propagação da maré dinâmica, e divisível em três setores: a) o baixo estuário, ou zona marítima, com ligação aberta com o mar; b) o estuário médio, onde ocorre mistura intensa de água doce e salgada; e c) o estuário superior ou fluvio marítimo, com água doce, mas sujeito à influência da maré dinâmica.”

Um dos ecossistemas aquáticos que mais sofre mudanças são os estuários, isto ocorre devido às mares e em pequena proporção devido às estações climáticas, as mudanças ocorrem na profundidade e claridade da água, salinidade, tipo de sedimento e muitas outras propriedades físicas que podem variar mesmo em curtas distancias (USEPA, 2002).

Os manguezais fazem parte do sistema estuarino e é considerado um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestres e marinhos. Estes ambientes possuem uma grande riqueza biológica fazendo com que essas áreas sejam grandes reservas naturais para muitas espécies características desses ambientes como peixe, mariscos, ostras, cavalo marinho, camarões e etc. (CETESB, 1999).

Muitas espécies aquáticas que habitam os estuários e conseqüentemente os manguezais vêm sendo muito utilizadas como bioindicadores de poluição, principalmente para monitoramento da poluição em ambientes costeiros. Isto ocorre devido a capacidade de bioconcentrar metais e compostos orgânicos na forma dissolvida, ou com matéria particulada em suspensão (CRUTIUS *et al.*, 2003).

### 3.1.1 Indicadores de Qualidade Hidrográfica em Estuários

A água é um recurso hídrico, o qual pode ser constituído em porção superficial ou subterrânea aptas ao uso e consumo em uma dada localidade ou bacia. Franco e Hernandez (2012) enfatizaram que apesar da significância da água, nem todo corpo d'água pode ser considerado recurso hídrico. Logo o que o caracteriza é se esse possui alguma finalidade de uso para a sociedade, isto faz-se jus devido as ações que influenciam de modo negativo os ecossistemas, promovendo prejuízos tanto ao ciclo da água quanto a biodiversidade. Ao longo dos anos, tornou-se crescente a preocupação social com os problemas ambientais, pois esses interferem na busca de melhor qualidade de vida das populações, haja vista que a manutenção do planeta depende de forma intrínseca da presença da água como recurso ambiental inerente a manutenção dos seres vivos (TUCCI *et al.*, 2001).

No Brasil existe uma resolução (CONAMA nº 357, 17/03/2005) específica que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e das diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”. (BRASIL, 2005). Esta resolução foi baseada no documento *Quality Criteria for Water* (Critérios de Qualidade para a Água) desenvolvido em 1986 pela *United States of Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) (USEPA, 1986). Assim em relação aos valores de referência assemelham-se aos presentes na legislação americana.

A Resolução nº 357/2005 classifica as águas em função da salinidade e são classificadas como:

- Águas Doces com salinidade igual ou inferior a 0,5;
- Água Salobras com salinidade superior a 0,5 e inferior a 30;
- Águas Salinas com salinidade igual ou superior a 30.

Cada uma das classificações acima citadas é dividida em classes de acordo com os seus usos. No total são 13 classes, 5 para as águas doces, 4 para as águas salobras e 4 para as águas salgadas. Os recursos hídricos estuarinos, pertencente

ao tipo de água salobra cuja salinidade varia de 0,5 a 30, os quais estão localizados na região costeira, a qual por sua vez, representa um dos sistemas mais complexos, diversos e produtivos da Terra e, inseridos nesse sistema costeiro, encontramos os estuários e manguezais (MIRANDA *et al.*, 2011).

Nas zonas litorâneas, os maiores impactos ambientais têm ocorrido nos estuários, os quais constituem áreas transacionais entre os corpos d'água continentais e marinhos, reconhecidos pelo alto grau de fertilidade e como produtores e exportadores de matéria orgânica para o ambiente (MACÊDO *et al.*, 2000).

O espaço estuarino cumpre uma função substancial no que tange ao controle de fluxo de materiais em direção aos oceanos, logo modificações antrópicas na paisagem, como a retirada de vegetação, modificação no curso dos rios promovem mudanças significativas no ciclo das águas que tendem a ter menor vazão nas estações secas e maior vazão nas chuvosas desequilibrando a região (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Desse modo, torna-se urgente o reconhecimento da qualidade hidrobiológica das águas em ambientes estuarinos, uma vez que a interface entre o continente e o mar é um dos ambientes mais dinâmicos do planeta e o seu desequilíbrio ambiental acarreta consequências à depuração dos efluentes, à manutenção da vida pesqueira e biológica e contaminação das águas oceânicas por conta da sobre exploração dos corpos d'água (GASPAR, 2009).

Um dos indicadores físicos de qualidade da água é a temperatura, cujas mudanças estão relacionadas normalmente as características usuais do regime climático e os recursos hídricos naturais acompanham a variabilidade apresentando alterações sazonais e diurnas, além do fator da estratificação. Em consequência desse processo considera-se que a temperatura atua no controle dos corpos d'água influenciando fatores físico-químicos (BASSOI *et al.*, 2004).

Com relação aos indicadores químicos destacam-se o oxigênio dissolvido (OD), a salinidade, o potencial hidrogeniônico (pH) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) .

De acordo com a resolução CONAMA n° 357/05 os estuários são classificados como água salobra que tem uma classificação especial voltada “à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas”.

Para potencial hidrogeniônico - pH, de acordo com a Resolução nº 357/05; em águas salobras de classe I este parâmetro deve variar entre 6,5 a 8,5. Ressalta-se na literatura que alterações bruscas de pH podem acarretar o desaparecimento de espécies aquáticas (PHILIPPI JR *et al.*, 2004), ou seja, um número considerável de organismos aquáticos não suportam variações bruscas de pH (MONTES *et al.*, 2009).

De acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) o valor do oxigênio dissolvido – OD não pode ser inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>. Um dos parâmetros mais utilizados para inferir a qualidade da água e a poluição por efluentes domésticos, por exemplo, é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Este parâmetro refere-se à quantidade de oxigênio necessária para realizar a oxidação da matéria orgânica biodegradável sob a presença de oxigênio, assim procede-se à determinação do oxigênio dissolvido, o qual será utilizado por organismos aeróbios no processo de degradação da matéria orgânica presente no ambiente (LIMA *et al.*, 2006).

Para a clorofila a, Passavante (2003) propôs quatro classificações para os estuários em níveis tróficos de acordo com a quantidade disponível de biomassa fitoplanctônica, essas divide em:

- 1 - Oligotrófico ou de baixa produção fitoplanctônica, com teores de clorofila a entre 0 e 5 µg/L;
- 2 - Mesotrófico ou de média produção fitoplanctônica, com teores de clorofila a entre 5 e 10 µg/L;
- 3 - Eutrófico ou de alta produção fitoplanctônica, com teores de clorofila a entre 10 e 20 µg/L;
- 4 - Hipereutrófico ou de altíssima produção fitoplanctônica, com teores de clorofila a superior a 20 µg/L.

### **3.1.2 Sedimentos**

Baird (2002) define os sedimentos como sendo camadas de partículas minerais e orgânicas que se encontram em contato com a parte inferior dos corpos

de água natural, como estuários, rios e oceanos. Possui uma importante função no processo de caracterização da poluição destes ambientes, além da grande importância no transporte físico, geoacumulação e acumulação biológica de metais, de compostos orgânicos e nutrientes. Assim modificações no ambiente influem diretamente em sua composição (ROCHA *et al.*, 2009). Os sedimentos funcionam como fonte de nutrientes para muitas espécies que habitam seu interior ou que estão na interface sedimento-água (SILVÉRIO, 2003).

Devido a sua grande importância nos ecossistema aquático, nos últimos anos os sedimentos tem sido objeto de preocupação com relação a sua qualidade, devido aos muitos lançamentos de carga poluidora proveniente de atividades antropicas nos corpos d água e conseqüentemente muitas substâncias inorgânicas e orgânicas são introduzidas nesse compartimento (QUINÁGLIA, 2006).

### **3.1.2.1 Metais em Sedimento**

Os metais estão presentes em todos os ambientes do planeta, como sedimento, água, ar, seres humanos entre outros, e nas mais variadas formas químicas e propriedades. Esta presença pode ser essencial (micronutrientes), outros como contaminantes.

#### **3.1.2.1.1 Alumínio (Al)**

O alumínio, símbolo Al (do latim *alumem* – referência ao sal duplo de sulfato de alumínio e potássio, conhecido como alúmem), é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre (VAITSMAN *et al.*, 2001). O aumento da concentração do alumínio esta associado com o período de chuva (SHUQAIR, 2002).

#### **3.1.2.1.2 Arsênio (As)**

O arsênio é um metalóide, símbolo As (do latim *arsenicum* – ouro, pigmento amarelo, em referência a um mineral desse elemento com esta cor; do grego

*arsenikon*; do árabe *az-zernikh* – ouro pigmento; do persa *zerni-zar* – ouro). Na água e no sedimento pode ocorrer contaminação por formas antrópicas das atividades de fundição de metais não-ferrosos, fabricação de transistores, espelhos metálicos, a produção de energia pela combustão de fosseis ou carvão, esmalte e tintas, em algumas ligas metálicas, entre outros (QUINÁGLIA, 2006).

A legislação canadense estabelece dois valores de referência para o arsênio baseado na probabilidade de ocorrência de possíveis efeitos adversos ao meio ambiente o menor valor é o limite TEL (Threshold Effect Level) que concentrações abaixo deste valor raramente são esperados efeitos adversos ao meio ambiente e o outro é o PEL (Probable Effect Level) que concentrações acima deste valor são frequentemente esperado efeitos adversos aos organismos. Os valores para o TEL é de 5,9 mg/kg e para o PEL é de 17 mg/kg (HORTELLANI, 2008).

### **3.1.2.1.3 Cádmio (Cd)**

O cádmio, símbolo Cd (do latim *cadmia*, e do grego *kadmeia*, antigo nome para o carbono de zinco) sua presença em qualquer sistema aquático, pode vim de diversos fatores como, o vazamento de aterros e locais contaminados, pelo uso de lodos e fertilizantes na agricultura, a erosão do solo e da camada de rocha viça, descargas atmosféricas diretas devido a operação industriais, etc. Uma vez em que os rios estão contaminados eles passam também a contaminar outros ambientes como, por exemplo, o solo que utilizam essas águas para quaisquer que seja os fins. Porém, se temos o cádmio associado às partículas de argila ou matérias orgânicas, torna-se muito mais fácil de ser bioacumulado ou mesmo liberado quando há distúrbios ambientais (QUINÁGLIA, 2006). Além disso, ele se bioacumula em peixes, mamíferos, plantas aquáticas e invertebrados. A presença é mais abundante quanto maior for o organismo (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Baseado na probabilidade de ocorrência de possíveis efeitos adversos ao meio ambiente a legislação canadense estabelece como valores de referencias para o cádmio os valores de 0,6 mg/kg para o TEL e 3,5 mg/kg para o PEL (HORTELLANI, 2008).

#### 3.1.2.1.4 Cromo (Cr)

O cromo, símbolo Cr (do latim *Chroma* – cor), pode ser despejados em rios, estuários ou outros corpos d'água através de efluentes industriais que contem este elemento. Ele é utilizado em ligas de aço inox, preservativos de madeira, alguns tipos de fertilizante, etc. Uma vez em que o cromo esta presente nos corpos d'água ele se “fixam” ao sedimento ou se bioacumula em ostras, peixe, camarões etc. (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Para o cromo os valores de referencias estabelecidos pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) é de 37,3 mg/kg para o TEL e 90 mg/kg para o PEL (HORTELLANI, 2008).

#### 3.1.2.1.5 Chumbo (Pb)

O chumbo, símbolo Pb (do latim *plumbim*, prata líquida), pode ser liberado na água dos rios, oceanos, estuários, etc., proveniente das emissões atmosféricas, lixiviação do solo, algumas fontes naturais ou como na maioria das vezes, o chumbo é oriundo de fontes antrópicas. (QUINÁGLIA, 2006).

Os valores de referencia para o chumbo adotados pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) é de 35 mg/kg e 91,3 mg/kg para o TEL e PEL respectivamente (HORTELLANI, 2008).

#### 3.1.2.1.6 Ferro (Fe)

O ferro é um metal de símbolo Fe (do latim *ferrum* – enquanto que a palavra inglesa *iron* tem origem no escandinavo *iarn*) é o quarto elemento químico mais abundante do planeta depois do oxigênio, silício e alumínio.

O ferro pode ser adicionado ao meio ambiente pelo o uso de lodo de esgoto, disposição de resíduos sólidos sobre a superfície e o uso excessivo de fertilizantes. (AZEVEDO *et al.*, 2003).

A USEPA - United States of Environmental Protection estabelece um limite máximo para a presença de ferro em sedimentos que é de 17.000 mg/kg , valores abaixo deste limite não são prejudiciais ao ecossistema (USEPA, 2002).

### 3.1.2.1.7 Mercúrio (Hg)

O mercúrio é um metal de símbolo Hg (do planeta mercúrio, de *hydrargyrum*, prata líquida). As fabricas de baterias, lâmpadas elétricas e fluorescentes, retificadores, termômetros, termostatos elétricos, as indústrias de cloro e soda caustica que utilizam catodos de mercúrios nas células eletrolíticas, instrumentos de medição, preparações odontológicas, borrachas, tintas de impressão, pesticidas, catalisadores, medicamentos e fotografia são algumas das formas antropicas deste metal e através delas podem contaminar o meio ambiente (QUINÁGLIA, 2006).

Para a USEPA - United States of Environmental Protection o limite máximo para a presença de mercúrio no sedimento é de 1 mg/kg (USEPA, 2002).

### 3.1.2.1.8 Selênio (Se)

O selênio é um não metal de símbolo Se (do grego *Selene*– lua). O selênio pode ser lançado ao meio ambiente através das metalúrgicas que o utilizam para obter aços especiais, indústrias da borracha para aumentar a vulcanização e as propriedades mecânicas, fotografias, formulações anticaspas (sulfeto de selênio) indústrias de óleos lubrificantes, combustão de carvão, produção de metais como cobre, chumbo e níquel entre outras (AZEVADO *et al.*, 2003).

### 3.1.2.1.9 Zinco (Zn)

O zinco é um metal de símbolo Zn (do alemão *zink*, de origem obscura). A grande presença de zinco encontrado no meio ambiente é através das indústrias de óxido de zinco, tintas, borrachas, farmacêuticas, fungicidas, desodorante em pó para os pés, usados na odontologia, indústria de plástico, sabões, pulhas e baterias, têxtil, galvanoplastia (zincagem) e ligas de latão, usado como metal sacrifício na prevenção de corrosão, queima de carvão e lixo (QUINÁGLIA, 2006).

Em pHs ácidos, a concentração dissolvida de zinco na água aumenta, sendo assim há uma grande probabilidade de ser bioacumulado por espécies aquáticas, como peixe, ostras, etc. (QUINÁGLIA, 2006). Em sedimentos geralmente ocorre com

a adsorção sobre o ferro e óxidos de manganês, argila mineral e materiais orgânicos. (AZEVEDO *et al.*, 2003)

Os valores de referencia para o zinco adotados pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) é de 123,1 mg/kg e 312 mg/kg para o TEL e PEL respectivamente (HORTELLANI, 2008).

### **3.1.3 Matéria Orgânica**

Todo e qualquer composto orgânico é chamado de matéria orgânica. Geralmente tem grande estrutura e peso molecular e contém primariamente os elementos carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre. Nos estuários, tanto para a água quanto para o sedimento, a matéria orgânica desempenha um papel importante, pois ela apresenta propriedades singulares como a complexação ou adsorção de íons traço, resultando na imobilização e redução de seus estados de valência, com mudanças nas suas propriedades químicas (LICHT, 2001).

A matéria orgânica dos solos, de águas e sedimentos é constituída basicamente por substâncias húmicas, que são formadas pela degradação química e enzimática de restos de plantas e animais e pela ação sintética dos microorganismos (SCHNITZRE *et al.*, 1972).

As variações ambientais sofridas pelo ecossistema, dentre elas o influxo de águas marinhas, salobras ou dulcícolas, são registradas pelo conteúdo da matéria orgânica preservada nos sedimentos, cuja composição se inicia por uma mistura complexa de lipídios, carboidratos, proteínas e outros compostos bioquímicos contidos nos tecidos de organismos bentônicos (MEYERS *et al.*, 1993).

### **3.1.4 Coliformes Totais e Termotolerantes**

Os coliformes totais correspondem ao total de microorganismos "gram-negativos" encontrados em uma amostra. Já a contagem dos coliformes fecais ou termotolerantes, indica a quantidade dos microorganismos oriundos de excretas humanos, portanto com risco de serem possivelmente patogênicos. Ao nível de saúde pública e/ou quanto a comercialização de produtos destinados ao consumo humano (organismos aquáticos), é obrigatório a implantação de monitoramento

desse micro organismos. Os Coliformes fecais ou termotolerantes é tido como variável e parâmetro sensível para uma avaliação criteriosa da exposição de ambientes aquáticos a poluição fecal, humana e animal. Em fezes humanas a contribuição da *Escherichia coli* é praticamente de 100%, para ser mais preciso de 96,8%, quando comparada com outros microorganismos ali presentes. (CERQUEIRA *et al.*, 1998).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 especifica o limite de 2500 coliformes termotolerantes presentes em 80% dos 100 mililitros de água analisados, ou em mais seis amostras bimestrais em um período de um ano, o que em escala logaritma produz um parâmetro de  $\text{Log } 3,39 \text{ NMP.mL}^{-1}$ , como limite máximo de coliformes termotolerantes em águas salobras de rios de classe II (Santos, 2013).

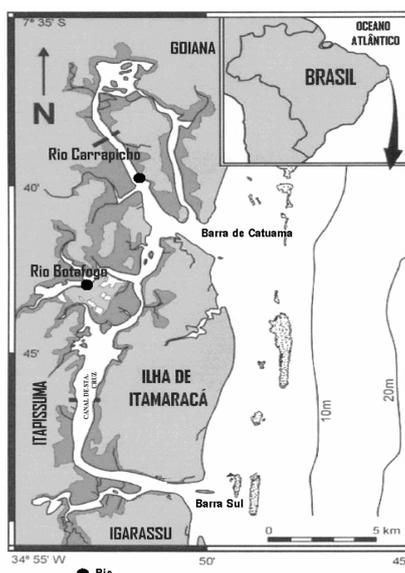
## **4 Material e Métodos**

### **4.1 Local e Área de Estudo**

#### **Rio Botafogo e Rio Carrapicho, região norte de Pernambuco**

Os Rios Botafogo e Carrapicho estão situados no seguimento norte do Canal de Santa Cruz (FIGURA 1), integrante do sistema estuarino de Itamaracá, entre 7°40'- 7°50'S e 34°50'-34°54'W, nos municípios de Itapissuma, Itamaracá e Goiana, litoral norte do estado de Pernambuco, Brasil. O canal comunica-se com o mar ao norte, pela Barra de Catuama e ao sul pela Barra Sul ou Orange. Os parâmetros analisados no presente estudo foram obtidos no segmento norte deste canal que apresenta largura e batimetria variada, diversos bancos de areia que afloram na baixamar e vales submersos em forma de V, onde a profundidade máxima atinge 20 metros, próximo à desembocadura do rio Carrapicho. Este e o Botafogo, juntamente com Catuama e Congo, são os principais rios desta região (MACÊDO *et al.*, 2000). A contínua movimentação das águas através das barras norte e sul, proporciona uma periódica renovação de água no ecossistema, minimizando o efeito da poluição nestes ambientes.

**Figura 1** - Mapa do Sistema Estuarino de Itamaracá, Pernambuco, Brasil, indicando os rios Botafogo e Carrapicho



Fonte: ITEP

De acordo com Grego *et al.* (2004), o litoral pernambucano apresenta um clima quente e úmido pseudotropical do tipo AS', segundo a classificação de Köppen, com chuvas de outono-inverno distribuídas de março a agosto, o qual contribui para a formação do complexo estuarino do Rio Carrapicho.

O Rio Botafogo nasce no município de Araçoiaba, segue a direção sudeste no trecho entre a nascente e a barragem do Botafogo, desenvolvendo a maior parte desse percurso em terrenos de Embasamento Cristalino. A jusante desse reservatório toma a direção nordeste na qual se mantém até a desembocadura no Canal de Santa Cruz. Nesse trecho apresenta várzea relativamente larga, ladeada por sedimentos da Formação Barreiras, até as proximidades do estuário, onde aquela formação cede lugar ao arenito Beberibe. Pela margem esquerda, o Botafogo tem como principais afluentes o riacho Caiana que deságua a montante da barragem e os rios Pilão e Cumbe que o encontram no trecho entre a barragem e a Usina São José. Pela margem direita, destacam-se como afluentes mais extensos o riacho Gil, que deságua próximo à Vila Araripe e o rio Itapicuru, que conflui a jusante da Vila Botafogo (CPRH, 2011).

Na bacia do Botafogo-Arataca localizam-se apenas dois núcleos urbanos de pequeno porte: a cidade de Araçoiaba e a Vila de Três Ladeiras, e três povoados (Chá de Sapé, Vila Araripe e Vila Botafogo). A atividade predominante na área é a

cultura de cana-de-açúcar praticada pelas usinas São José e Santa Tereza, seguida pela policultura, cultivada em sítios e assentamentos rurais, e pelas granjas de fins de semana. A carga de poluentes da bacia provém não só dos núcleos populacionais acima citados, dotados de sistemas precários de coleta dos resíduos domésticos, mas, sobretudo, das atividades agrícolas e das indústrias ali localizadas. A atividade agrícola de maior potencial poluidor dos recursos hídricos da área é a cana-de-açúcar, praticada em toda a bacia, seguindo-se a atividade industrial desenvolvida à margem do rio Botafogo, no trecho a oeste da BR-101, onde estão quatro indústrias químicas, uma indústria de produtos de matérias plásticas e uma usina de açúcar e álcool (CPRH, 2011).

A área estuarina dos rios em apreço estende-se das proximidades da BR-101 até o canal de Santa Cruz, com largura máxima de 1 km. É constituída de mangues e alagados que abrigam uma fauna, hoje, reduzida, sobretudo no estuário do rio Botafogo, onde a carga poluidora é maior. O trecho do estuário localizado no rio Arataca vem sendo utilizado pelos produtores do Assentamento Engenho Ubu, com pequenos projetos de aquicultura (cultivo de ostras). No trecho final do estuário, encontram-se instaladas dois grandes projetos de carcinicultura: a Maricultura Netuno, no Engenho Porto e Salina, no município de Itapissuma e a Atapuz Aquicultura, no município de Goiana. Esta região é a uma das principais fornecedoras de frutos do mar (ostra, sururu, marisco, peixe, camarão, etc.) para a Região Metropolitana do Recife (FAVARO *et al.*, 2007). Dados da Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH, 2003) e trabalhos de Souza (2003), Melo (2007) e Gaspar (2009) indicam ao longo da bacia, cultivo de frutas, do coco, cana-de-açúcar, extração de areia no baixo vale do Rio Sirigi e calcário para produção de cimento (na Ilha de Itapessoca), pescaria, avicultura e a exploração de cal (no Engenho Megaó de Cima, em Tejucupapo).

### **Rio Maracaípe litoral sul de Pernambuco**

O estuário do rio Maracaípe compreendido entre as coordenadas 08° 31' a 08° 33" de latitude sul e 34° 59' a 35° 01' longitude oeste, está localizado no município de Ipojuca, litoral sul do estado de Pernambuco, a 52 km da cidade do Recife e constitui junto ao rio Merepe, a Bacia GL-3, que apresenta ao sul um divisor

de água com a bacia do Sirinhaém, na estrada que une o povoado de Feiteira à praia do Toco (FIDEM, 1998).

Devido a sua localização geográfica, o estuário tem clima do tipo AS que segundo a classificação de Köppen é clima tropical com chuvas de outono-inverno e a temperatura varia entre 24 e 32°C (CHAVES, 1991).

O rio Maracaípe nasce próximo à PE-060, em terras do Engenho Todos os Santos, dali seguindo para sudeste até a Planície Costeira que percorre no sentido norte-sul, ladeado por manguezais e restingas, até a desembocadura no Pontal de Maracaípe (CPRM, 1998). O rio Maracaípe se estende paralelamente ao litoral contíguo à estreita faixa de terra que separa a beira-mar, desde as proximidades de Porto de Galinhas até a foz do rio Serinhaém, numa extensão de cerca de 13k m. A bacia hidrográfica compreende os rios Seribó, da Palma, Trapiche e Arrumador e o riacho Duas Irmãs que deságuam no rio Serinhaém e a lagoa Ilha da Ave e o rio Maracaípe formando um ecossistema subaquático, alagadiço e de terras firmes, coberto por denso manguezal (ANDRADE, 1999).

Comunica-se com o mar através de um curto canal e forma o Pontal de Maracaípe, cuja praia possui uma extensão de 570 m. Dentro do estuário é praticada a pesca de peixes, siri, e também ocorre a retirada de estronca (madeira do mangue, para construção de casas de barro, palafitas ou para uso como lenha).

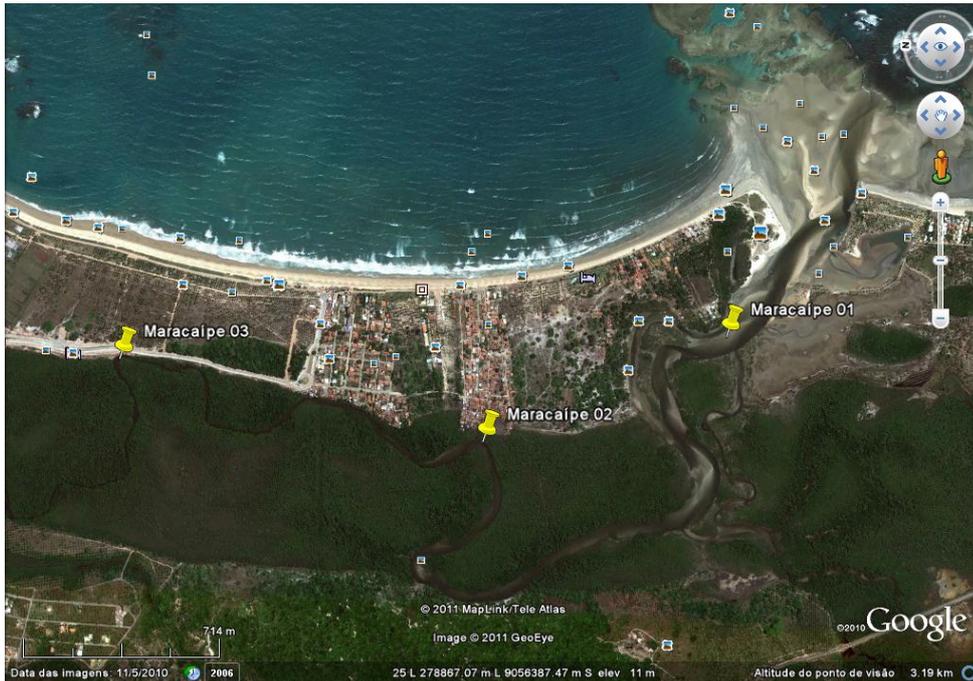
O estuário do rio Maracaípe vem sofrendo processo de urbanização bastante acelerado e Vila Nova *et al.* (2012) observaram que a vegetação de mangue e restinga existente no estuário na última década houve redução de aproximadamente 16,59% e 52,81% respectivamente, em detrimento da urbanização, que aumentou 247,01% entre 1989 e 2011.

#### **4.1.1 Pontos de Coletas**

As coletas foram realizadas nos 03 estuários no litoral do estado de Pernambuco, sendo contemplados 02 estuários no litoral norte e um estuário no litoral sul do estado.

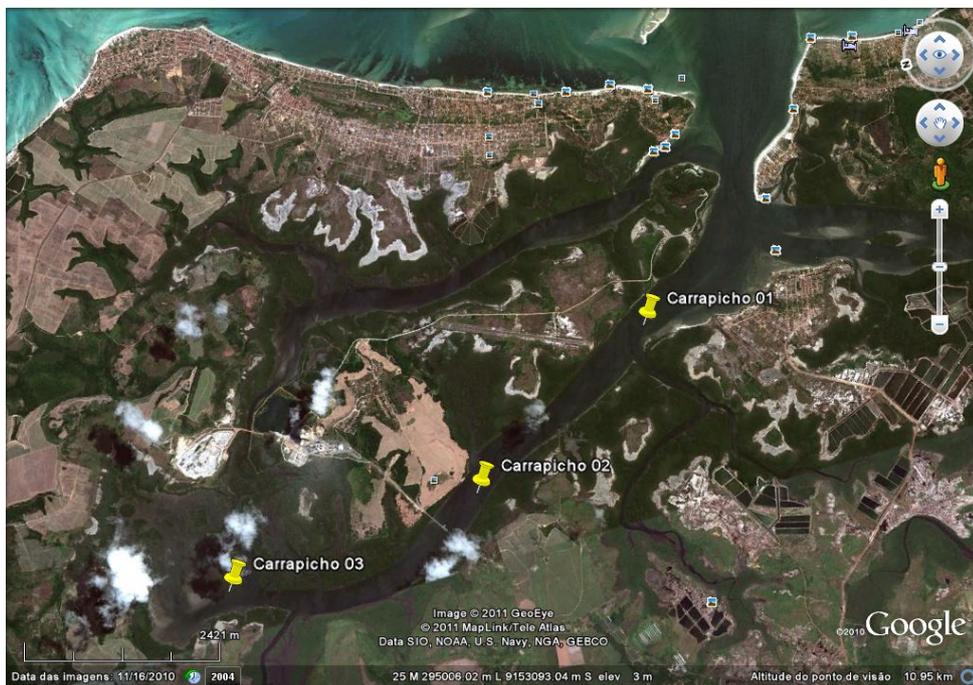
Para cada estuário foram coletados amostras de água e sedimento em 03 estações diferentes conforme FIGURAS 2, 3 e 4.

**Figura 2 - Estações de coleta no estuário do Rio Maracaípe.**



Fonte: GOOGLE (ADPTADO PELO AUTOR)

**Figura 3 - Estações de coleta no estuário do Rio Carrapicho.**



Fonte: GOOGLE (ADPTADO PELO AUTOR)

Figura 4 - Estações de coleta no estuário do Rio Botafogo.



Fonte: GOOGLE (ADPTADO PELO AUTOR)

As estações de coletas foram divididas de modo que contemplasse todo o estuário, ou seja, foram coletadas amostra no início do estuário (estação 3), no meio (estação 2) e no final (estação 1).

## 4.1.2 Parâmetros Analisados

### 4.1.2.1 Coleta da Água

As amostras de água foram coletadas mensalmente ao longo de 6 (seis) meses, buscando avaliar o período de clima seco e chuvoso entre junho e dezembro de 2011. As amostragens foram realizadas através de uma garrafa oceanográfica de Van Dorn, efetuando-as na coluna de água sub-superficial a uma profundidade de 20 cm e outra entre 20 e 30 cm do fundo. Em cada mês foram coletados amostra tanto na preamar quanto na baixamar.

As amostras de água, após coletadas, foram armazenadas em garrafas de polietileno para fitoplâncton e microbiologia e de vidro para DBO. Os dados de salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, clorofila *a*, pH e sólidos dissolvidos totais foram medidos *in situ* através de uma sonda multiparâmetros de marca YSI modelo 6820-V2 (figura 5).

Figura 5 - **Sonda multiparâmetros utilizada em água.**



Todas as amostras foram devidamente etiquetadas por tipo de ensaio e estação de coleta. Posteriormente acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo, mantendo-se a temperatura em torno de  $\pm 4^{\circ}$  C e enviadas à Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP/OS para análise no Laboratório de Tecnologia Ambiental.

No total foram coletadas 99 amostras para a água, sendo 39 para o rio Botafogo, 30 para o rio Carrapicho e 30 para o rio maracaipe. Em cada uma dessas amostras foram observados os seguintes parâmetros:

**Físico-Químico** – pH, Temperatura ( $^{\circ}$ C), Clorofila *a* ( $\mu$ g/L), Salinidade, Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg/L O}_2$ ), Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{mg/L O}_2$ ) e Transparência (m).

**Micro-Biológicas** – Coliformes Totais (NMP/kg) e Coliformes Termotolerantes (NMP/kg).

**Biológicas** – Comunidades de Fitoplancton nas divisões Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Dinophyta e Euglenophyta.

#### 4.1.2.2 Coleta do Sedimento

Para os sedimentos foram coletados em três estações por estuário representado por uma coleta na margem direita e uma na margem esquerda em cada estação, visando a determinação do teor de matéria orgânica, identificação da presença de metais traços e de coliformes totais e termotolerantes, totalizando 6 amostras de sedimento por coleta (3 estações x 2 margens). No período chuvoso, foram realizadas 3 coletas de sedimento no Rio Botafogo, (junho/11, julho/11 e agosto/11) e 2 nos Rios Carrapicho e Maracaípe (julho/11 e agosto/11), enquanto para o período seco, só foi possível realizar 1 coleta em dezembro para o rio Botafogo.

As amostras de solo (aproximadamente 1,5 kg) foram coletadas com auxílio de uma pá de plástico em profundidade de 0 a 10 cm, em seguida armazenada em sacos plásticos identificados e acondicionados em caixas térmicas com gelo. Aos chegar ao Laboratório de Tecnologia Ambiental (LABTAM) do ITEP, foram separadas em alíquotas para realização de análises microbiológicas pelo método de (SMEWW 21A), para determinação de matéria orgânica pelo método EMBRAPA (1998) e o restante congelado para posterior envio a laboratório, visando a realização das análises de metais traço via espectrofotometria de absorção atômica (ICE 3500 da ThermoScientific) pelo método EPA (2001).

Figura 6 - **Coleta de sedimento.**



Fonte: ITEP

Para os sedimentos o banco de dados ficou composto por 48 observações (21 do Rio Botafogo, 12 do Rio Carrapicho e 12 do Rio Maracaípe) com 11 variáveis Físico-químico e 02 variáveis Biológicas, são elas:

**Físico-Químico** – Metais traço (Cromo-Cr, Cádmio-Cd, Arsênio-As, Ferro-Fe, Alumínio-Al, Chumbo-Pb, Zinco-Zn, Selênio-Se, Mercúrio-Hg), Matéria Orgânica e pH.

**Micro Biológico** – Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes.

## 4.2 Análise dos Dados

Foram realizadas análises descritivas de todas as variáveis, (Média, Mediana, Mínimo, Máximo, Desvio Padrão e o Coeficiente de Variação) para analisar o comportamento de cada uma das variáveis e identificar possíveis padrões entre os estuários.

O teste de Lillifors e o teste de Bartlett foram aplicados para verificar a normalidade e homocedasticidade de todas as variáveis, porém para ambos os testes, utilizando 5% de significância, observou que todos os p-valores encontrados para cada um dos testes foi menor do que 0,05.

Pelo cenário encontrado foi optado em não transformar todas as variáveis para satisfazer as suposições da ANOVA e com isso foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis, utilizando 5% de significância, para identificar diferenças significativas entre as medianas encontradas em cada estuário para cada um dos parâmetros coletados, tanto para a água quanto para o sedimento, e foram encontradas algumas diferenças significativas. Neste caso foi utilizado o teste de comparação múltipla, teste de Dunn (Dunn, 1964) para identificar que estuário diferencia significativamente do outro para cada uma das variáveis estudadas.

A análise de componentes principais foi aplicada com objetivo de encontrar padrões de diferentes características de um mesmo estuário ou de estuários diferentes para correlacionar com as características territoriais e os impactos causados pela população. Isto é possível, pois a técnica de componentes principais reduz a dimensão dos dados e formam componentes com características comuns entre si e diferentes entre os componentes. Os números de componentes foram

escolhidos levando em consideração o total da variância explicada, foi utilizado um total superior a 70% da explicação desta variância dos dados iniciais.

Para as comunidades de fitoplâncton também foi utilizada uma técnica multivariada chamada de análise de correspondência simples no intuito de verificar a correspondência das espécies encontradas com as características de cada um dos estuários visando explicar o que as características físicas e químicas influenciam nestas comunidades.

Foram utilizados os software R e o STATISTICA 7 para obter os resultados.

## **4.2.1 Técnicas aplicadas**

Foram aplicadas as técnicas multivariadas de componentes principais e de análise de correspondência e os métodos para aplicação destas técnicas encontra-se detalhado a seguir.

### **4.2.1.1 Análise de Componentes Principais**

A análise de componentes principais foi desenvolvida por Pearson (1901) e Hotelling (1933). É uma técnica matemática da análise multivariada, que tem como ideia central a redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis não independentes. Conforme Regazzi (2001), "procura-se redistribuir a variação nas variáveis (eixos originais) de forma a obter o conjunto ortogonal de eixos não correlacionados".

Para a redução dos dados originais é feita transformando o conjunto destes dados em um novo conjunto de variáveis, este novo conjunto são chamados de componentes principais que mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto, fazendo com que a perda de informações seja a mínima possível. Outro fator importante é que a técnica de análise de componentes principais permite que cada um dos componentes principais agrupe os indivíduos mais similares. Cada um dos componentes criados pela análise são independentes um dos outros (SOUZA, 2000).

A aplicação da técnica de componentes principais pode ser descrita em 6 passos:

- 1° Passo – Obter a matriz dos dados originais;
- 2° Passo – Calcular a matriz de covariância ou correlação;
- 3° Passo – Calcular os Autovalores e Autovetores da matriz obtida no passo 2;
- 4° Passo – Calcular os componentes principais (conforme formula abaixo);
- 5° Passo – Calcular a importância de cada um dos componentes principais baseado em seu Autovalor;
- 6° Passo – Decidir quantos componentes principais utilizar.

Os componentes principais são obtidos pela formula abaixo.

$$CP_i = a_{1i}X_1 + a_{2i}X_2 + \dots + a_{pi}X_p = \sum_{j=1}^p a_{ij}X_j, \quad [1]$$

onde,  $CP_i$  é o i-ésimo componente principal;

$X_j$  é a j-ésima variável;

$a_{ij}$  é o coeficiente ponderado da j-ésima variável para o i-ésimo componente principal.

#### 4.2.1.2 Análise de Correspondência Simples

A Análise de Correspondência em sua forma mais simples utiliza como entrada inicial uma tabela de contingência, a partir disso são calculadas as distâncias existentes entre linhas e colunas compostas por categorias de variáveis qualitativas (GREENACRE, 1984). Essas distâncias são baseadas na métrica da distribuição Qui Quadrado (LAGARDE, 1995) e indicam as correspondências existentes entre categorias de linhas e de colunas de uma tabela de contingência. Note-se que, para a representação de categorias intra-linha ou intra-coluna (por exemplo, a distância entre marcas sem considerar os atributos), algumas operações de escalonamento são necessárias, conforme sugerido por Carol em 1986.

Análise de Correspondência é de certa forma um método de análise fatorial para variáveis categóricas. Foi primeiramente utilizada na década de 1940 para a análise de tabelas de contingência e a seguir foi difundida na França por Benzecri. A Análise de Correspondência é especialmente indicada para descrever matrizes com

grande volume de dados discretos e sem uma estrutura claramente definida a priori. Este método permite a visualização das relações mais importantes de um grande conjunto de variáveis entre si. Os resultados são apresentados sob forma de gráficos, em que estão representadas as categorias de cada variável e podem observar as relações entre estas através da distância entre os pontos desenhados (GREENACRE, 1981).

Essa técnica exploratória de simplificação da estrutura da variabilidade de dados multivariados utilizam variáveis categóricas dispostas em tabelas de contingência, levando-se em conta medidas de correspondência entre as linhas e colunas da matriz de dados. Segundo Czermainski em 2004 a Análise de Correspondência é um método para determinação de um sistema de associação entre os elementos de dois ou mais conjuntos, buscando explicar a estrutura de associação dos fatores em questão. Assim, são construídos gráficos com as componentes principais das linhas e das colunas permitindo a visualização da relação entre os conjuntos, em que a proximidade dos pontos referentes à linha e à coluna indicam associação e o distanciamento uma repulsão.

Uma das grandes vantagens de se trabalhar com a Análise de Correspondência de acordo com Farias é que esta técnica permite revelar relações que não teriam sido percebidas se a análise fosse feita aos pares de variáveis, além disso, ela é altamente flexível no tratamento dos dados por não ser necessária a adoção de nenhum modelo teórico de distribuição de probabilidade, basta que se tenha uma matriz retangular contendo dados não negativos.

## 5 Resultados

### 5.1 Sedimento

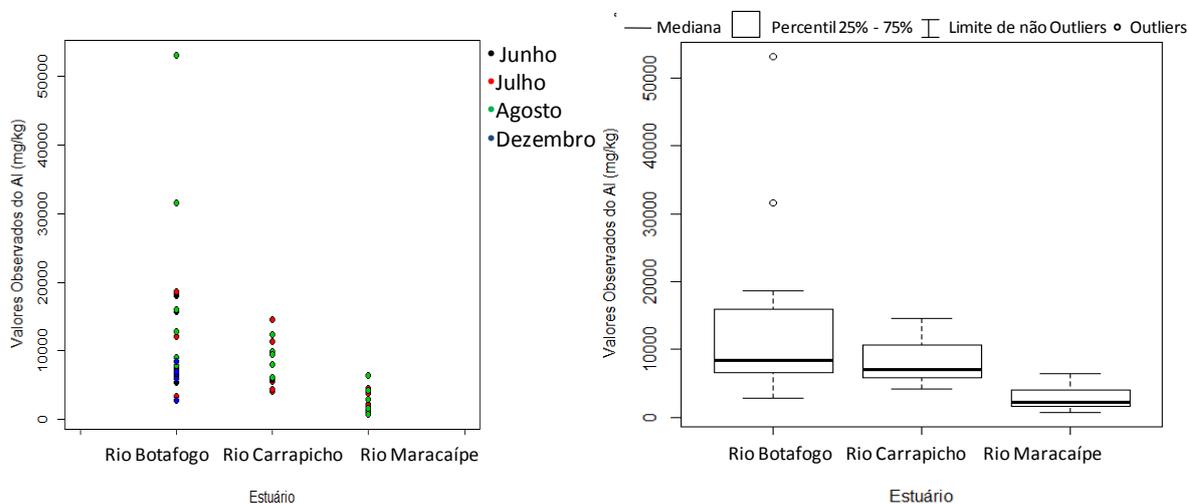
- **ALUMÍNIO – Al**

Para o alumínio não foi encontrado um limite oficial que determina se ele é ou não prejudicial ao meio ambiente. O rio Botafogo é o que apresenta a maior presença de alumínio no sedimento em média de 12.397 mg/kg e o rio Maracaípe a menor com 2.748 mg/kg. Na TABELA 1 e na FIGURA 7 pode-se observar a variação da presença de alumínio em cada estuário.

**Tabela 1** - Análise Descritiva para o Alumínio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

<b>Estuário</b>	<b>Freq.</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>Rio Botafogo</b>	24	12397,54	8431,50	2737,00	53136,00	10807,22	0,87
<b>Ria Carrapicho</b>	12	8154,67	7093,00	4141,00	14551,00	3368,22	0,41
<b>Rio Maracaípe</b>	12	2748,42	2148,50	740,00	6385,00	1692,77	0,62
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>8924,54</b>	<b>6626,50</b>	<b>740,00</b>	<b>53136,00</b>	<b>8748,19</b>	<b>0,98</b>

**Figura 7 - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do Alumínio (lado direito) -**



Pode-se verificar que o estuário do rio Maracaípe apresenta menor variabilidade em dados referente ao alumínio, já o estuário do rio Botafogo apresenta dois pontos muito dispersos em relação aos observados em todos os estuários, estes valores foram observados no mês de agosto, sendo o maior deles no final do estuário e o outro no início. Foi encontrada diferença significativa entre a média do rio Maracaípe com os demais estuários analisados neste trabalho.

- **ARSÊNIO – As**

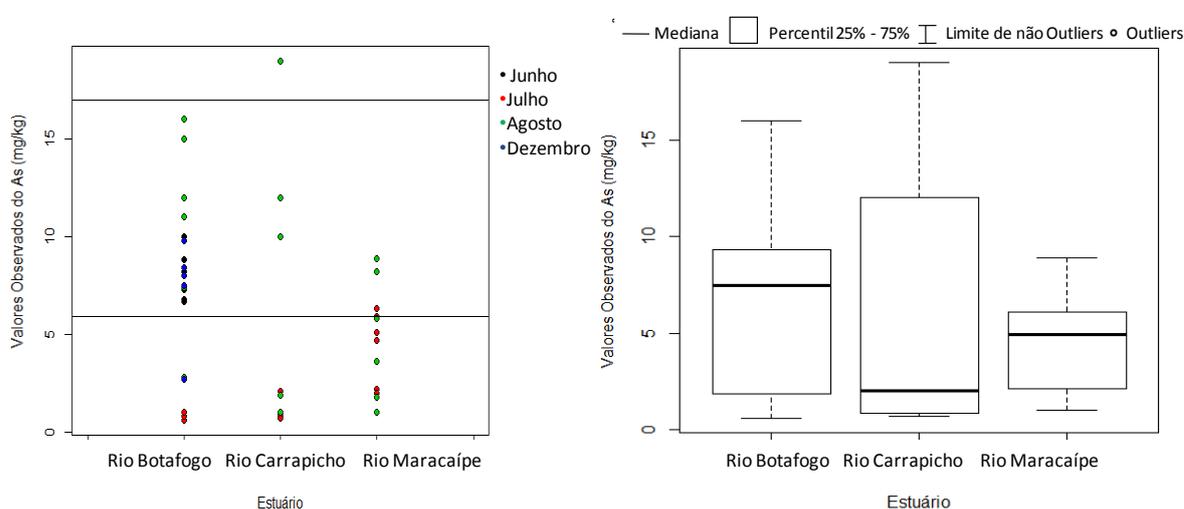
Considerando os limites estabelecidos pela NOAA que determinam os valores limites para o TEL=5,9 mg/kg e para o PEL=17 mg/kg foram comparados com os dados coletados para os três estuários. Sendo assim, observou-se que o único estuário que apresentou a sua média inferior a estes limites foi o do rio Maracaípe, e os demais estuários ficaram com suas médias entre os limites estabelecidos. O rio Carrapicho foi o que apresentou o maior valor para o arsênio chegando a ultrapassar o valor estabelecido para o PEL, este valor foi observado no final do estuário em sua margem direita.

**Tabela 2** - Análise Descritiva para o Arsênio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	24	6,76	7,45	0,60	16,00	4,53	0,67
<b>Rio Carrapicho</b>	12	6,09	2,00	0,70	19,00	6,46	1,06
<b>Rio Maracaípe</b>	12	4,63	4,90	1,00	8,90	2,56	0,55
<b>Geral</b>	<b>48</b>	<b>6,06</b>	<b>6,10</b>	<b>0,60</b>	<b>19,00</b>	<b>4,70</b>	<b>0,78</b>

Apesar de o rio Botafogo apresentar a maior média em relação aos demais estuários em estudo o mesmo apresentou todos seus valores entre os limites TEL e PEL. Na FIGURA 8 poder-se notar que no mês de agosto foram observados os maiores valores para este tipo de metal.

**Figura 8** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do arsênio (lado direito)



Os estuários apresentam variação e características diferentes quando observa-se o boxplot. O estuário do rio Carrapicho apresenta menor variabilidade abaixo de sua mediana e uma grande amplitude acima da mesma. Não foi identificada diferença significativa entre as médias dos estuários.

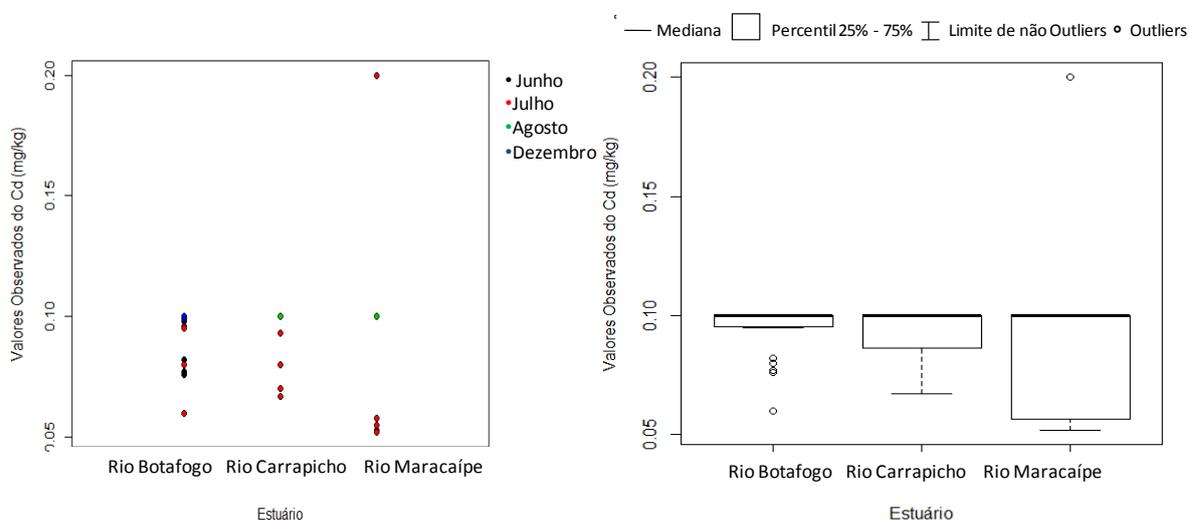
- **CÁDMIO – Cd**

Em média os 3 estuários apresentaram a mesma quantidade de cádmio em seus sedimentos, o rio Maracaípe foi o que encontrou em um de seus pontos coletados a maior quantidade deste metal, entretanto os limites adotados pela NOAA e pela Legislação Canadense que estabelecem o valor para o TEL = 0,6 mg/kg e o PEL = 3,5 mg/kg, nenhum estuário apresentou valores acima destes limites, sendo assim a presença do cádmio nos estuários não proporcionam nenhum efeito adverso a sociedade. Na TABELA 3 encontram algumas estatísticas descritivas para cada um dos estuários e na FIGURA 9 a sua variação em relação aos meses coletados.

**Tabela 3** - Análise Descritiva para o Cádmio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

<b>Estuário</b>	<b>Freq.</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>Rio Botafogo</b>	24	0,094	0,10	0,060	0,10	0,011	0,11
<b>Rio Carrapicho</b>	12	0,093	0,10	0,067	0,10	0,013	0,14
<b>Rio Maracaípe</b>	12	0,093	0,10	0,052	0,20	0,040	0,43
<b>Geral</b>	<b>48</b>	<b>0,093</b>	<b>0,10</b>	<b>0,052</b>	<b>0,20</b>	<b>0,022</b>	<b>0,22</b>

**Figura 9** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do cádmio (lado direito)



O estuário do rio Maracaípe é o que apresenta maior variação e amplitude, tendo os três estuários a mesma mediana.

- **CROMO - Cr**

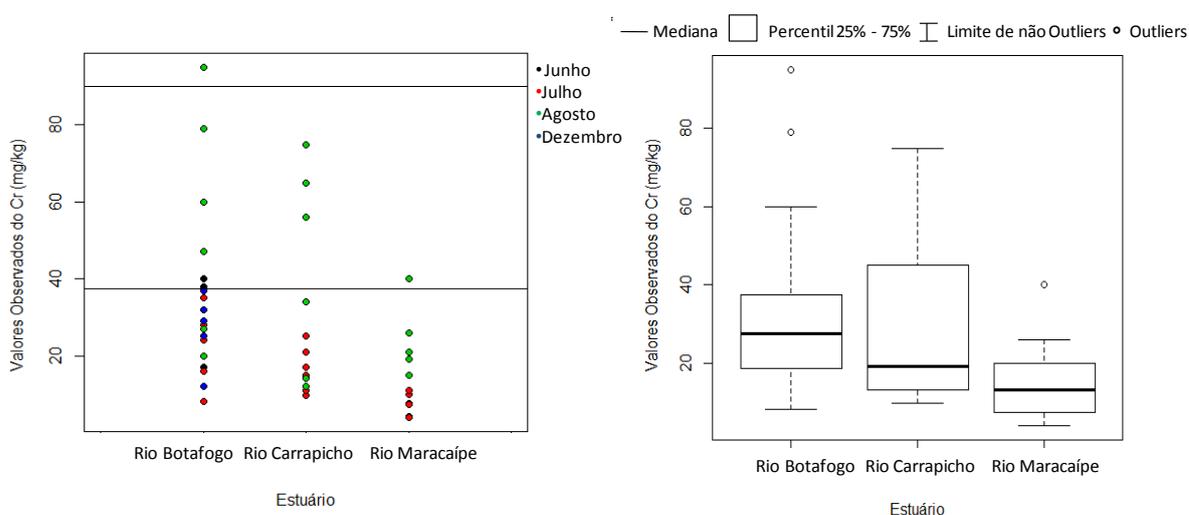
Analisando a quantidade de cromo encontrado nos sedimentos dos três estuários em estudo e considerando os limites estabelecidos pela NOAA que determina o TEL=37,3 mg/kg e o PEL=90 mg/kg, pode-se verificar através da TABELA 4 que em média os estuários estão abaixo do índice de contaminação, entretanto todos os estuários apresentaram em alguns de seus pontos de coletas valores da presença do cromo acima do preconizado.

**Tabela 4** - Análise Descritiva para o Cromo (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	24	32,63	27,50	8,20	95,00	20,64	0,63
<b>Rio Carrapicho</b>	12	29,55	19,00	9,60	75,00	22,96	0,78
<b>Rio Maracaípe</b>	12	15,00	13,00	4,00	40,00	10,41	0,69
<b>Geral</b>	<b>48</b>	<b>27,45</b>	<b>21,00</b>	<b>4,00</b>	<b>95,00</b>	<b>20,29</b>	<b>0,74</b>

Na FIGURA 10 pode-se observar os pontos que ultrapassaram os limites determinados pela NOAA foram coletados em Agosto de 2011, podendo causar assim algum efeito adverso ao ecossistema. Além disso, verifica-se que o estuário do rio Maracaípe é o que apresenta os melhores valores para este tipo de metal.

**Figura 10** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do cromo (lado direito)



Através do boxplot observa-se grande variação nos dados referente ao cromo no estuário do rio Carrapicho e alguns outliers no estuário do rio Botafogo, estes valores foram observados no mês de agosto e coletados no início do estuário um na margem esquerda e o outro na margem direita e para o rio Maracaípe, o valor máximo encontrado neste estuário e este valor foi o único que ultrapassou o limite TEL. Foi encontrada diferença significativa entre a média do rio Botafogo e do rio Maracaípe.

- **CHUMBO – Pb**

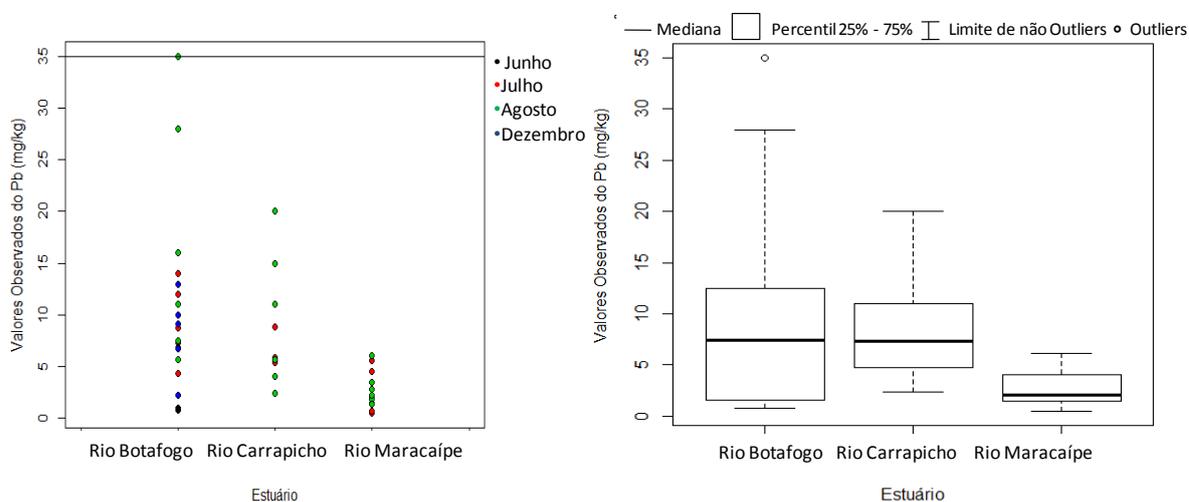
Os valores máximos encontrado para chumbo em cada estuários em estudos foram 35 mg/kg, 20 mg/kg, 6,1 mg/kg para o rio Botafogo, Carrapicho e Maracaípe respectivamente e comparando com os limites estabelecidos pela NOAA que são de 35 mg/kg para o TEL e 91.3 mg/kg para o PEL, observa-se que nos três estuários os

seus valores máximos não chegaram ultrapassar os limites prejudiciais ao meio ambiente. Todos os valores máximos para cada estuários foram observados no mês de agosto.

**Tabela 5** - Análise Descritiva para o Chumbo (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	24	9,11	7,40	0,80	35,00	8,54	0,94
<b>Rio Carrapicho</b>	12	8,70	7,35	2,40	20,00	5,16	0,59
<b>Rio Maracaípe</b>	12	2,73	2,10	0,50	6,10	1,84	0,67
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>7,41</b>	<b>5,70</b>	<b>0,50</b>	<b>35,00</b>	<b>7,088</b>	<b>0,96</b>

**Figura 11** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do chumbo (lado direito)



Pelo Boxplot observa-se uma diferença entre os estuário e esta diferença foi identificado através do teste de comparações de média em que o estuário do rio Maracaípe diferencia do estuário do rio Carrapicho e do rio Botafogo em relação a presença de chumbo no seu sedimento.

- **FERRO - Fe**

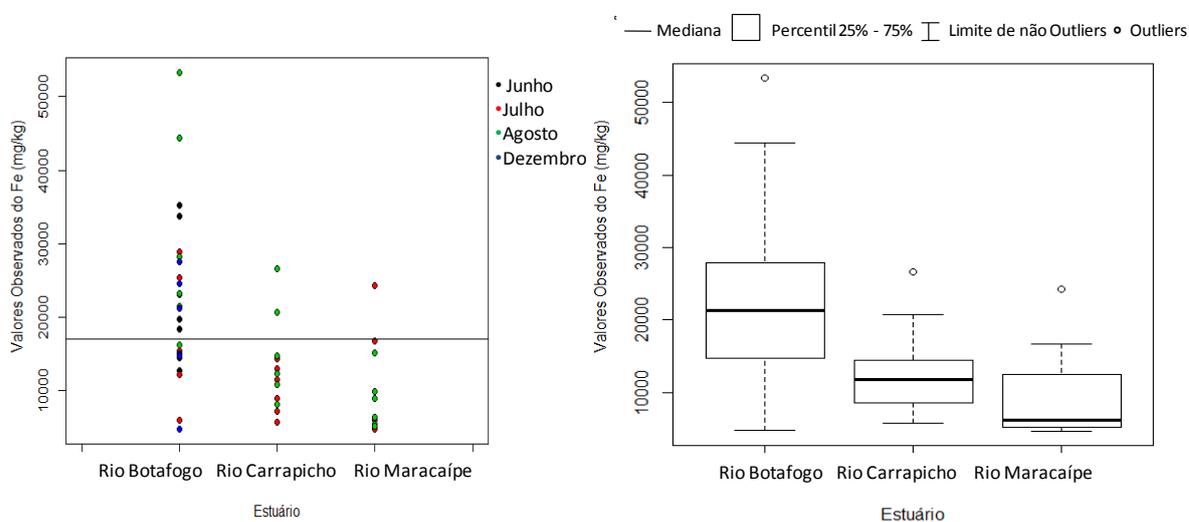
Para o ferro foi utilizado o limite estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA ou USEPA) que determina o valor de 17.000 mg/Kg como limite não prejudicial ao meio ambiente, sendo assim, o estuário do Rio Botafogo foi o que apresentou em média seus valores acima deste limite. O estuário do Rio Carrapicho e do Rio Maracaípe apresentaram valores em média abaixo do limite estabelecido pela EPA, conforme TABELA 6.

**Tabela 6** - Análise Descritiva para o Ferro (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

<b>Estuário</b>	<b>Freq.</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>Rio Botafogo</b>	24	22476,25	21303,00	4744,00	53348,00	11273,34	0,50
<b>Rio Carrapicho</b>	12	12820,92	11848,00	5730,00	26636,00	5905,83	0,46
<b>Rio Maracaípe</b>	12	9419,42	6148,50	4718,00	24237,00	6164,14	0,65
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>16798,21</b>	<b>14667,50</b>	<b>4718,00</b>	<b>53348,00</b>	<b>10660,73</b>	<b>0,63</b>

Na FIGURA 12 pode-se observar melhor a variação da quantidade de ferro encontrado nos sedimentos dos três estuários, o estuário do rio Botafogo apresenta a maioria de seus valores acima do limite estabelecido pela EPA, em Agosto foi o mês que apresentou os maiores valores de ferro nos sedimentos exceto para o estuário do rio Maracaípe.

**Figura 12** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do ferro (lado direito)



Em cada estuário pode-se notar outlier, sempre sendo seus valores máximos, para o rio botafogo e o rio carrapicho estes valores foram observados no mês de agosto e coletados no início do estuário, já para o rio maracaípe este valor foi observado no mês de julho. Os três estuários em relação ao ferro possuem características diferentes entre si, principalmente entre o rio Botafogo e os demais estuários em estudo.

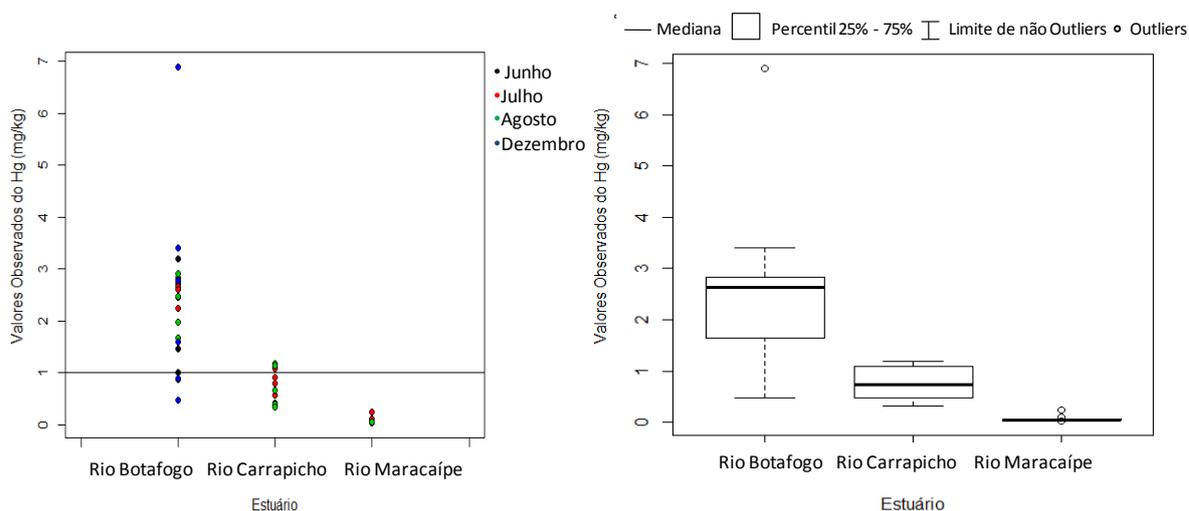
- **MERCURIO - Hg**

A USEPA utiliza como limite para a presença do mercúrio o valor de 1mg/kg, sendo valores menores que ele não prejudicial e valores maiores que ele prejudicial para o meio ambiente. Para os estuários em estudo o do rio Botafogo foi o que apresentou em média valores acima do limite. Na coleta realizado em dezembro o valor encontrado no início do rio Botafogo chegou a ser quase 7 vezes mais do que o limite estabelecido. Na FIGURA 13 observa-se a variação do mercúrio nos 3 estuários.

**Tabela 7** - Análise Descritiva para o Mercúrio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	24	2,46	2,64	0,48	6,90	1,26	0,51
Ria Carrapicho	12	0,77	0,74	0,33	1,18	0,31	0,40
Rio Maracaípe	12	0,071	0,050	0,03	0,25	0,059	0,84
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>1,44</b>	<b>1,05</b>	<b>0,03</b>	<b>6,90</b>	<b>1,39</b>	<b>0,96</b>

**Figura 13** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do mercúrio (lado direito)



Só no mês de dezembro foi que o rio Botafogo apresentou valores menores do que o limite estabelecido pela EPA. O comportamento da presença do mercúrio em cada um dos estuários é bastante diferente e esta diferença foi detectada através do teste de comparações de média que identificou que as médias de cada um dos estuários diferenciam significativamente dos demais.

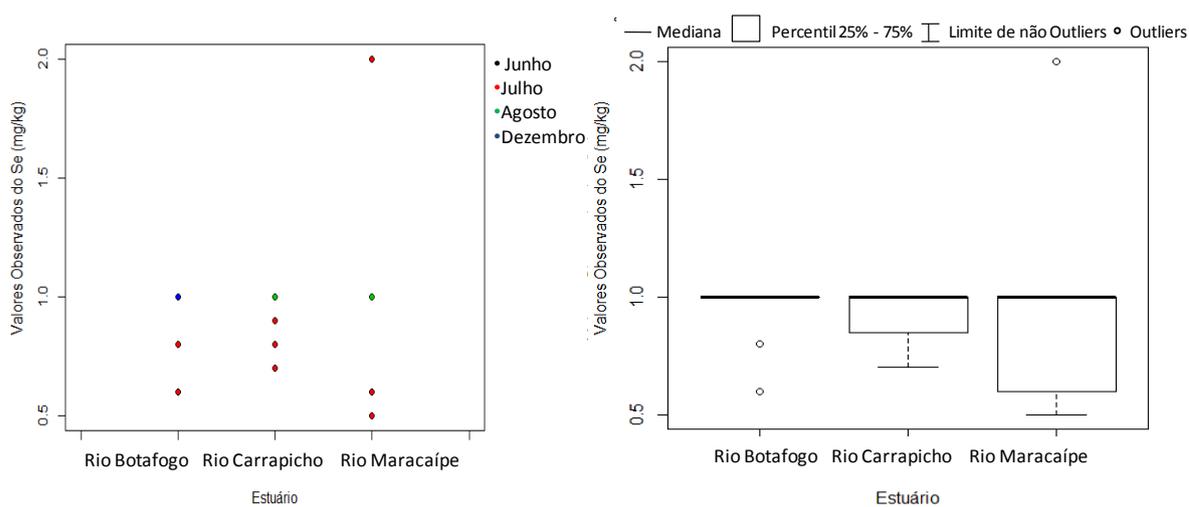
- **SELÊNIO - Se**

A quantidade de selênio nos estuários em estudo não apresentou nenhuma diferença visível nem através do teste de comparações de médias, todos os estuários apresentaram valores próximos um dos outros como demonstrado na TABELA 8 e na FIGURA 14.

**Tabela 8** - Análise Descritiva para o Selênio (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	24	0,95	1,00	0,60	1,00	0,11	0,11
<b>Ria Carrapicho</b>	12	0,93	1,00	0,70	1,00	0,12	0,13
<b>Rio Maracaípe</b>	12	0,93	1,00	0,50	2,00	0,40	0,43
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>0,94</b>	<b>1,00</b>	<b>0,50</b>	<b>2,00</b>	<b>0,22</b>	<b>0,24</b>

**Figura 14** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do selênio (lado direito)



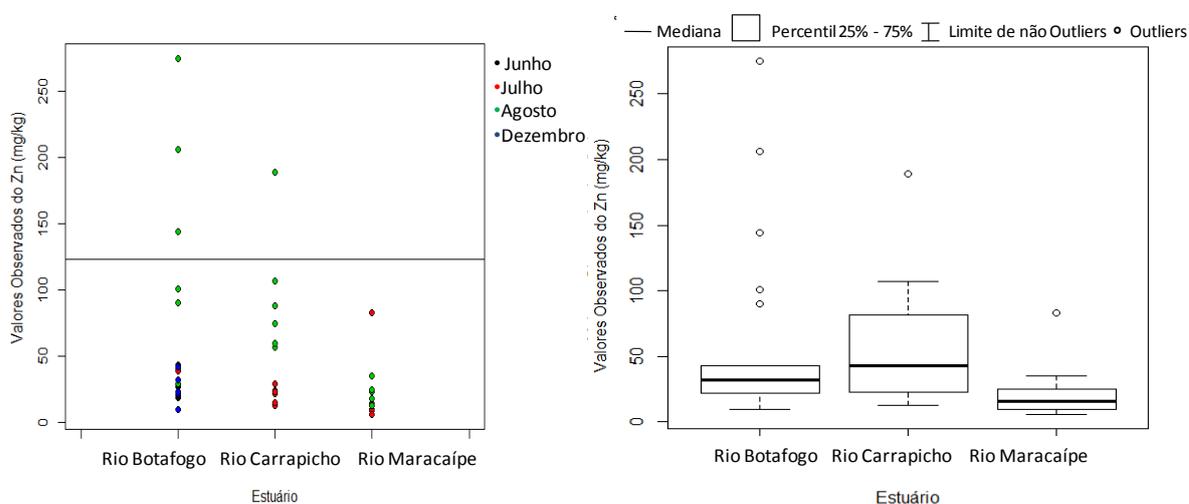
- **ZINCO - Zn**

Adotando os valores estabelecidos pela NOAA e comparando com os encontrados nos estuário dos rios Botafogo, Carrapicho e Maracaípe observa-se o valor médio de 48,60 mg/kg para a presença de zinco e os parâmetros estabelecidos são de 123,1 mg/kg e 312 mg/kg para o TEL e PEL assim em média os 3 estuários apresentaram valores abaixo destes limites. Na FIGURA 15 verifica-se que no mês de agosto foi o mês em que apresentou valores acima do limite TEL para o rio Botafogo e Carrapicho. Estes dois estuários em média diferenciam significativamente do estuário do rio Maracaípe.

**Tabela 9** - Análise Descritiva para o Zinco (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	24	56,73	32,00	9,50	275,00	65,12	1,15
<b>Ria Carrapicho</b>	12	58,50	43,00	13,00	189,00	51,47	0,88
<b>Rio Maracaípe</b>	12	22,45	16,00	5,90	83,00	20,93	0,93
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>48,60</b>	<b>28,00</b>	<b>5,90</b>	<b>275,00</b>	<b>55,058</b>	<b>1,13</b>

**Figura 15** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do zinco (lado direito)



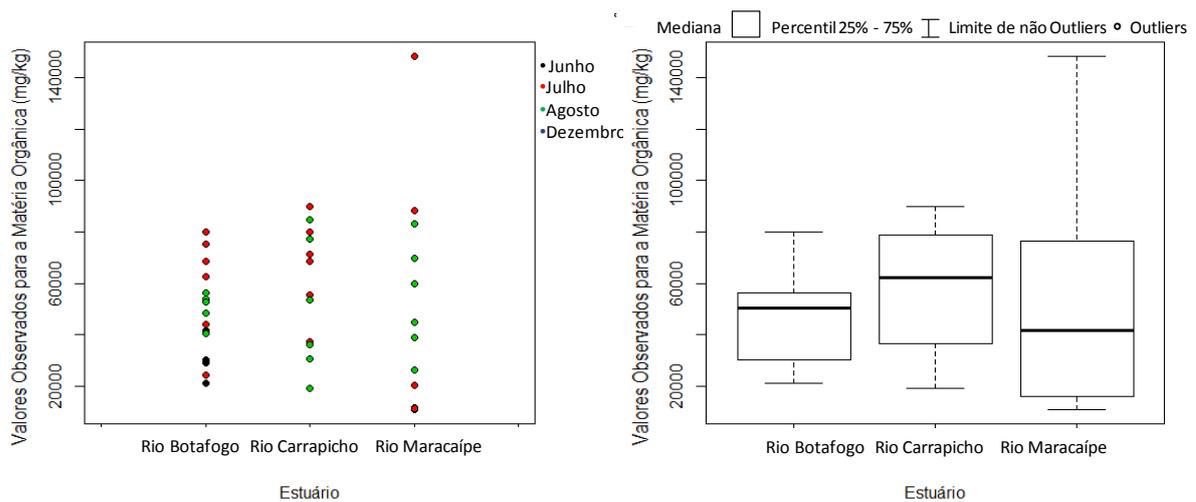
- **MATÉRIA ORGÂNICA**

Em relação a matéria orgânica pode-se constatar que o rio Botafogo é o que apresenta a menor media e a menor variância sendo assim apresentando menor amplitude em relação aos demais. O rio Maracaípe é o que apresenta o menor e o maior valor para a matéria orgânica. Não foi identificada diferença significativa entre as médias dos estuários.

**Tabela 10** - Análise Descritiva para a Matéria Orgânica (mg/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	18	48005,21	50440,75	21205,00	80166,00	17118,07	0,36
<b>Ria Carrapicho</b>	12	58651,75	62064,50	19203,60	89992,00	23488,80	0,40
<b>Rio Maracaípe</b>	12	51083,13	41763,90	10861,20	148436,00	41390,23	0,81
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>51926,48</b>	<b>52506,10</b>	<b>10861,20</b>	<b>148436,00</b>	<b>27374,18</b>	<b>0,53</b>

**Figura 16** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da matéria orgânica (lado direito)



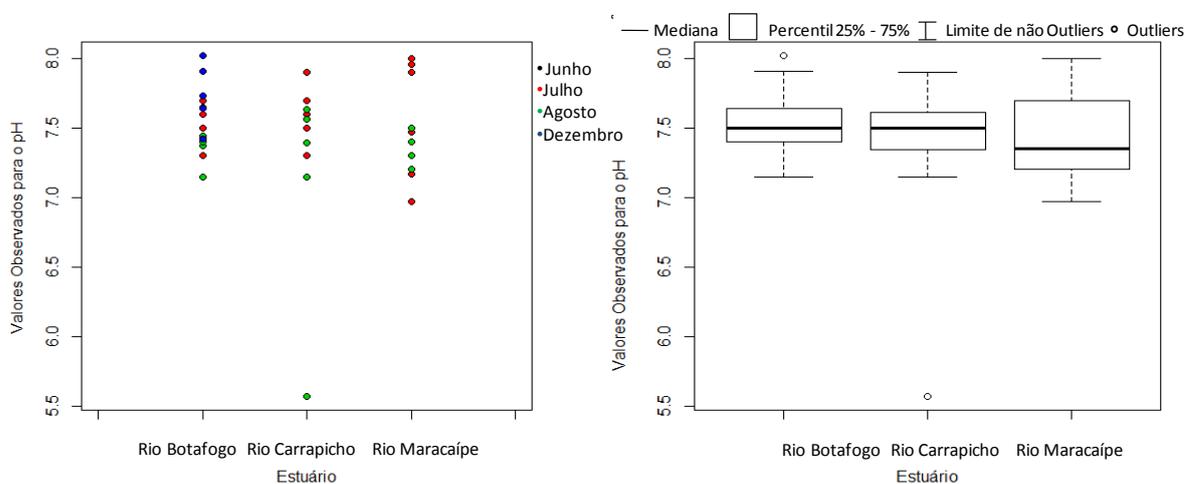
• **POTENCIAL HIDROGENIÔNICO - pH**

Para o potencial hidrogeniônico - pH os valores para cada estuário são bem próximos um dos outros tendo o rio Carrapicho com a menor média e apresentando o menor valor observado. O valor máximo para o rio Botafogo juntamente com o valor mínimo para o rio Carrapicho são valores poucos esperados para os dados observados para cada um dos estuários sendo assim outlines conforme demonstrado na FIGURA 17.

**Tabela 11** - Análise Descritiva para o pH – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	N	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	24	7,54	7,50	7,15	8,02	0,19	0,03
<b>Rio Carrapicho</b>	11	7,35	7,50	5,57	7,90	0,62	0,08
<b>Rio Maracaípe</b>	12	7,45	7,35	6,97	8,00	0,34	0,05
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>7,47</b>	<b>7,50</b>	<b>5,57</b>	<b>8,02</b>	<b>0,37</b>	<b>0,05</b>

**Figura 17** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do pH (lado direito)



- **COLIFORMES TOTAIS**

Para os coliformes não foi encontrado um valor limite para a presença do mesmo em sedimentos. O rio Maracaípe foi o que apresentou a maior presença deste parâmetro e maior variabilidade, porém não foi identificada diferença significativa entre as médias dos estuários.

**Tabela 12** - Análise Descritiva para o coliforme total (NMP/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	24	174,87	12	0,0018	790	273,21	1,56
Ria Carrapicho	12	148,54	25	1,70	700	234,99	1,58
Rio Maracaípe	12	11806,75	86,5	1,10	140000	40370,99	3,42
<b>Geral</b>	<b>48</b>	<b>3076,26</b>	<b>33</b>	<b>0,0018</b>	<b>140000</b>	<b>20185,24</b>	<b>6,56</b>

- **COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

Para os coliformes termotolerantes ou fecais observou-se que o rio Maracaípe é que apresentou os maiores valores para a presença do mesmo. A média do rio Maracaípe chega a ser 50 vezes maior em relação aos outros estuários porém devido a grande variabilidade destes valores não foi identificada diferença significativa entre as médias destes estuários.

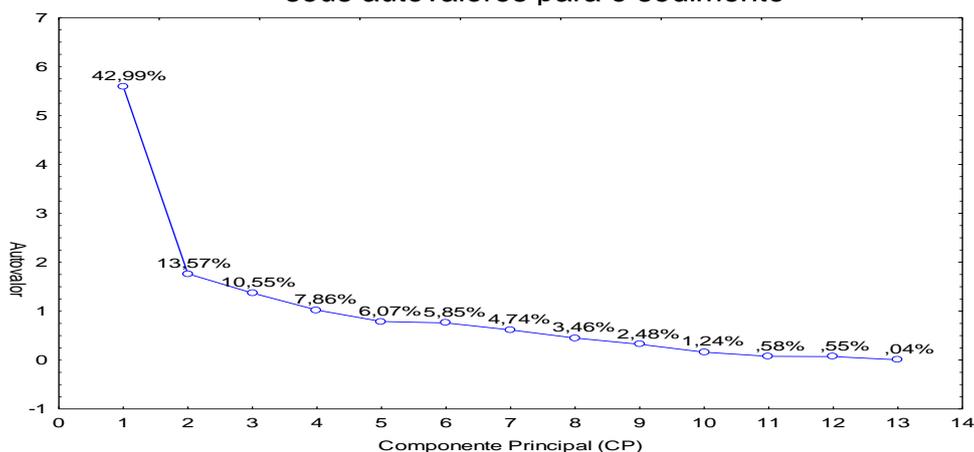
**Tabela 13** - Análise Descritiva para o coliforme termotolerantes (NMP/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	24	43,39	1,24	0,0018	490	109,20	2,51
Ria Carrapicho	12	57,74	5,6	0,13	330	107,80	1,86
Rio Maracaípe	12	2360,31	14,5	0,14	28000	8074,50	3,42
<b>Geral</b>	<b>48</b>	<b>626,21</b>	<b>2,8</b>	<b>0,0018</b>	<b>28000</b>	<b>4036,25</b>	<b>6,44</b>

- **Análise Multivariada nos parâmetros coletados no sedimento**

A análise de componentes principais foi aplicada ao banco de dados referente ao sedimento e foi identificado as seguintes características nos estuários:

**Figura 18** – Percentual explicado para cada um dos componentes principais por seus autovalores para o sedimento



O primeiro passo é decidir quantos componentes utilizar nas análises sendo assim a FIGURA 18 mostra o percentual explicado para cada um dos componentes. O primeiro componente principal (CP) representa 42,99% da variabilidade dos dados, o segundo CP 13,57%, o terceiro 10,55% e o quarto 7,86% totalizando 75% um valor razoável para analisar os dados, com isso ao invés de se trabalhar com 13 variáveis será trabalhado com 4 CP.

Através das contribuições de cada CP, conforme TABELA 14, verifica-se que o CP 1 explica melhor os metais cromo, ferro, alumínio, chumbo e zinco, mostrando a alta correlação entre estes metais, já o CP 2 explica melhor o cádmio, selênio e a matéria orgânica, o CP 3 o mercúrio, pH e o arsênio e o CP 4 os coliformes.

**Tabela 14** - Contribuição e correlação de cada variável por cada componente principal – MO = Matéria Orgânica, CTO = Coliforme Total e CTE = Coliformes Termotolerantes

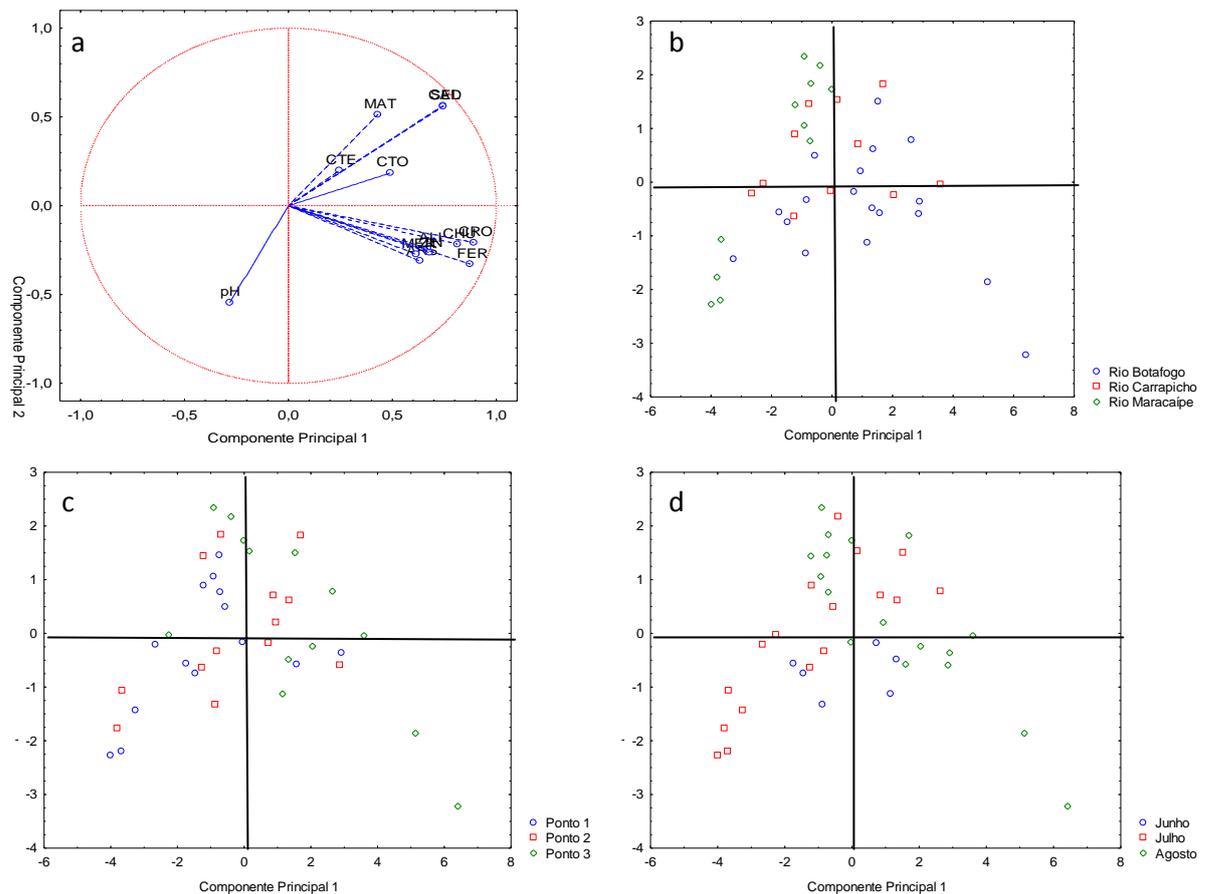
Variável	CP 1		CP 2		CP 3		CP 4	
	Corre	Contri	Corre	Contri	Corre	Contri	Corre	Contri
Cromo	0,890	<b>0,141</b>	-0,206	0,023	-0,217	0,034	-0,148	0,021
Cádmio	0,745	0,099	0,563	<b>0,179</b>	-0,119	0,010	0,205	0,041
Arsênio	0,634	0,071	-0,311	0,054	-0,545	<b>0,216</b>	-0,053	0,002
Ferro	0,875	<b>0,137</b>	-0,328	0,060	0,129	0,012	0,087	0,007
Alumínio	0,671	<b>0,080</b>	-0,242	0,033	0,090	0,005	0,217	0,045
Chumbo	0,812	<b>0,118</b>	-0,217	0,026	0,151	0,016	-0,224	0,048
Zinco	0,678	<b>0,082</b>	-0,265	0,039	-0,215	0,033	-0,043	0,001
Selênio	0,746	0,099	0,562	<b>0,178</b>	-0,100	0,007	0,208	0,042
Mercúrio	0,616	0,067	-0,272	0,041	0,445	<b>0,144</b>	0,282	0,078
MO	0,431	0,033	0,514	<b>0,149</b>	0,341	0,085	0,335	0,109
Ph	-0,281	0,014	-0,545	0,168	0,483	<b>0,170</b>	0,287	0,080
CTO	0,491	0,043	0,185	0,019	0,277	0,055	<b>-0,567</b>	<b>0,314</b>
CTE.	0,246	0,010	0,201	0,022	<b>0,533</b>	0,207	-0,458	<b>0,205</b>

**Tabela 15** - Percentual de explicação de cada variável para cada componente principal – MO=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes

<b>Variável</b>	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>	<b>CP 3</b>	<b>CP 4</b>	<b>Total</b>
Cromo	79,24%	4,23%	4,73%	2,20%	90,40%
Cádmio	55,56%	31,64%	1,42%	4,20%	92,82%
Arsênio	40,20%	9,68%	29,71%	0,28%	79,87%
Ferro	76,65%	10,73%	1,65%	0,76%	89,79%
Alumínio	45,07%	5,84%	0,81%	4,70%	56,42%
Chumbo	65,96%	4,72%	2,28%	5,01%	77,97%
Zinco	45,97%	7,03%	4,61%	0,18%	57,79%
Selênio	55,61%	31,58%	1,01%	4,31%	92,51%
Mercúrio	37,99%	7,40%	19,81%	7,98%	73,18%
MO	18,58%	26,41%	11,66%	11,24%	67,89%
pH	7,91%	29,75%	23,36%	8,26%	69,28%
CTO	24,08%	3,41%	7,68%	32,13%	67,30%
CTE	6,05%	4,02%	28,41%	20,99%	59,47%

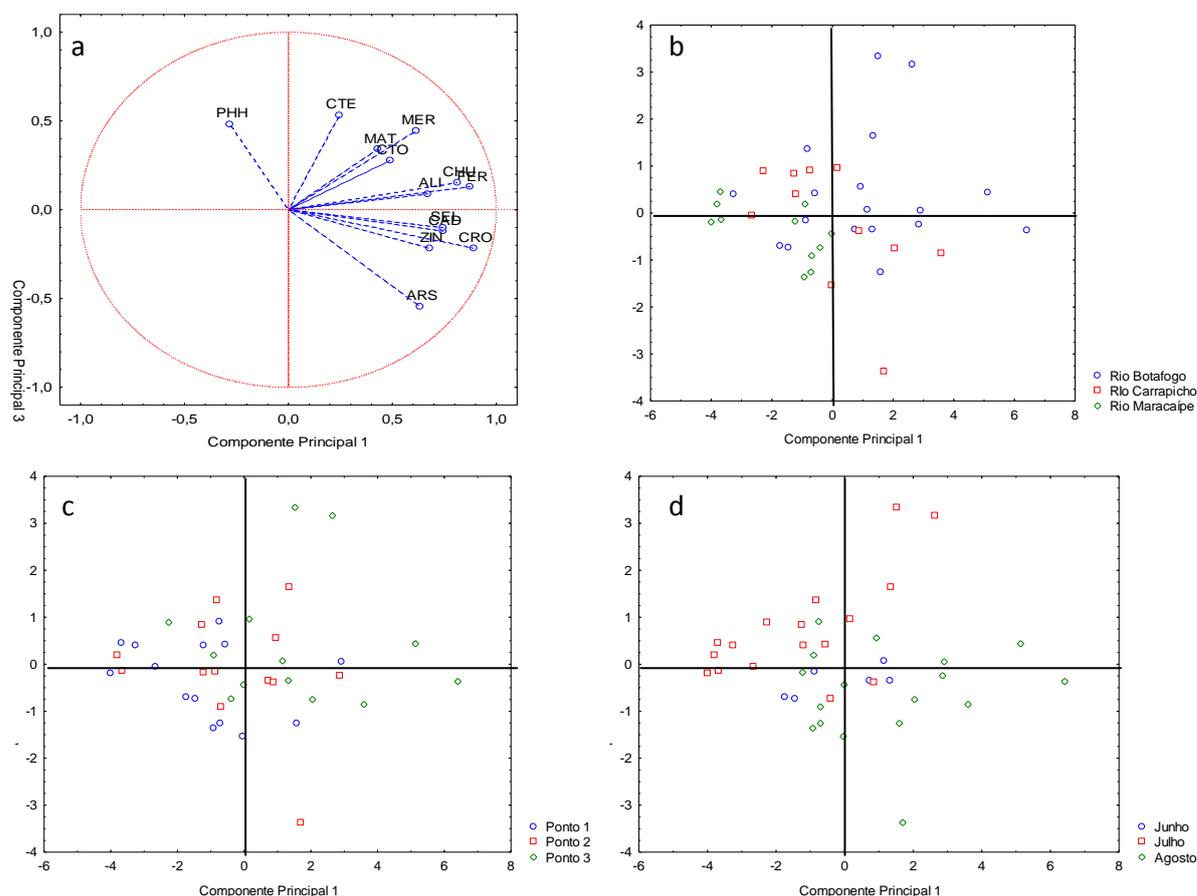
Na TABELA 15 observa-se o percentual que cada componente principal explica da variância total de cada variável, por exemplo, o CP 1 explica 79,24% do cromo, o CP 2 4,23%, o CP 3 4,73% e o CP 4 2,20%. Através das figuras abaixo de um CP versus outro CP identifica-se as seguintes características:

**Figura 19** - Componente Principal 1 versus Componente Principal 2 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes



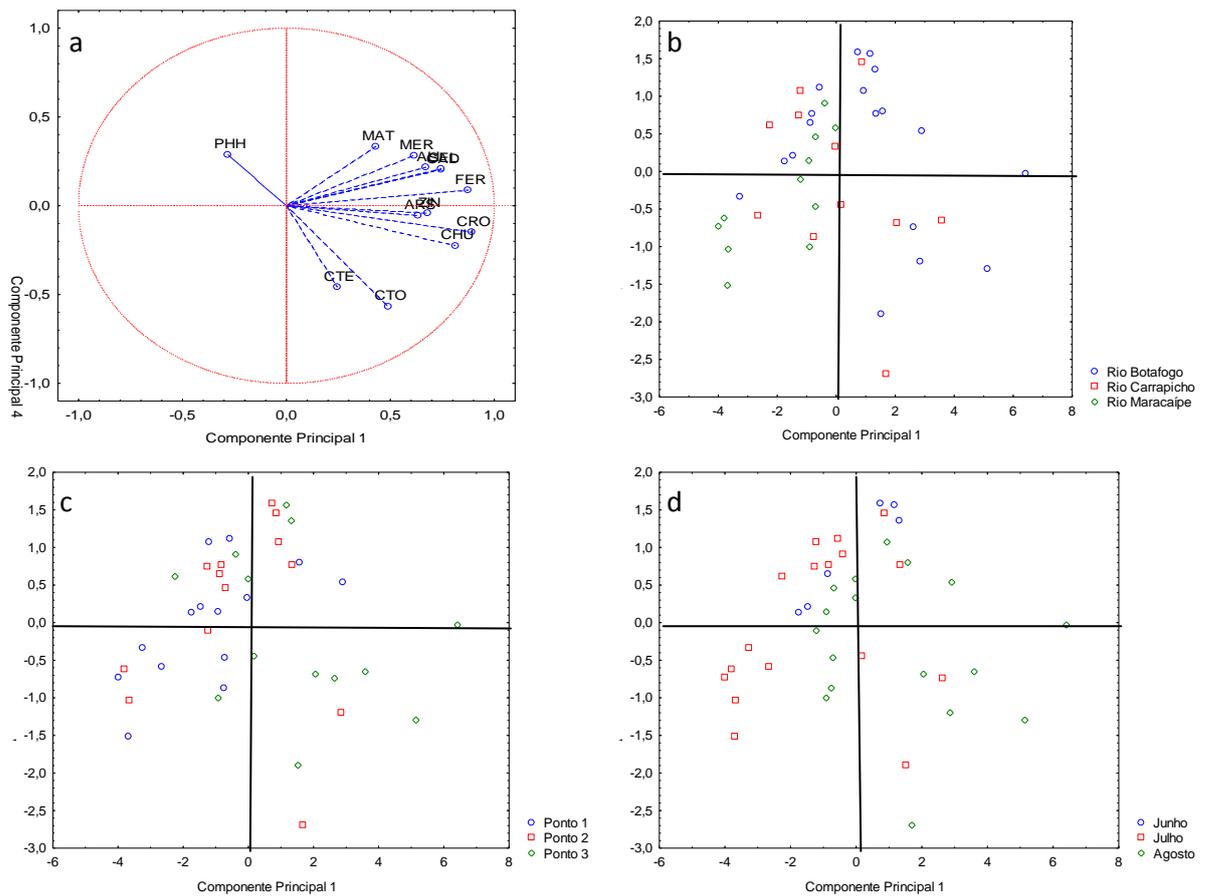
Assim através da FIGURA 19 (b) pode-se notar que o estuário do rio Maracaípe apresenta seus pontos no 3° e 4° quadrante significando que os valores dos metais não são muitos significativos sendo assim apresentando maior qualidade em seu sedimento, já o estuário do rio Botafogo apresentam seus valores no 1° e 2° quadrante demonstrando grande presença de metais pesados. Já na FIGURA 19 (c) identifica-se que os pontos da coleta do início do estuário (ponto 3) é o que apresenta maior quantidade de metais pesados que são prejudiciais ao meio ambiente. Quando avalia-se a FIGURA 19 (d) observa-se uma diferença entre cada um dos meses, o mês de agosto apresenta maior quantidade de metais pesados. O CP 1 e CP 2 explica aproximadamente 70% da variabilidade dos metais pesados.

**Figura 20** - Componente Principal 1 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes



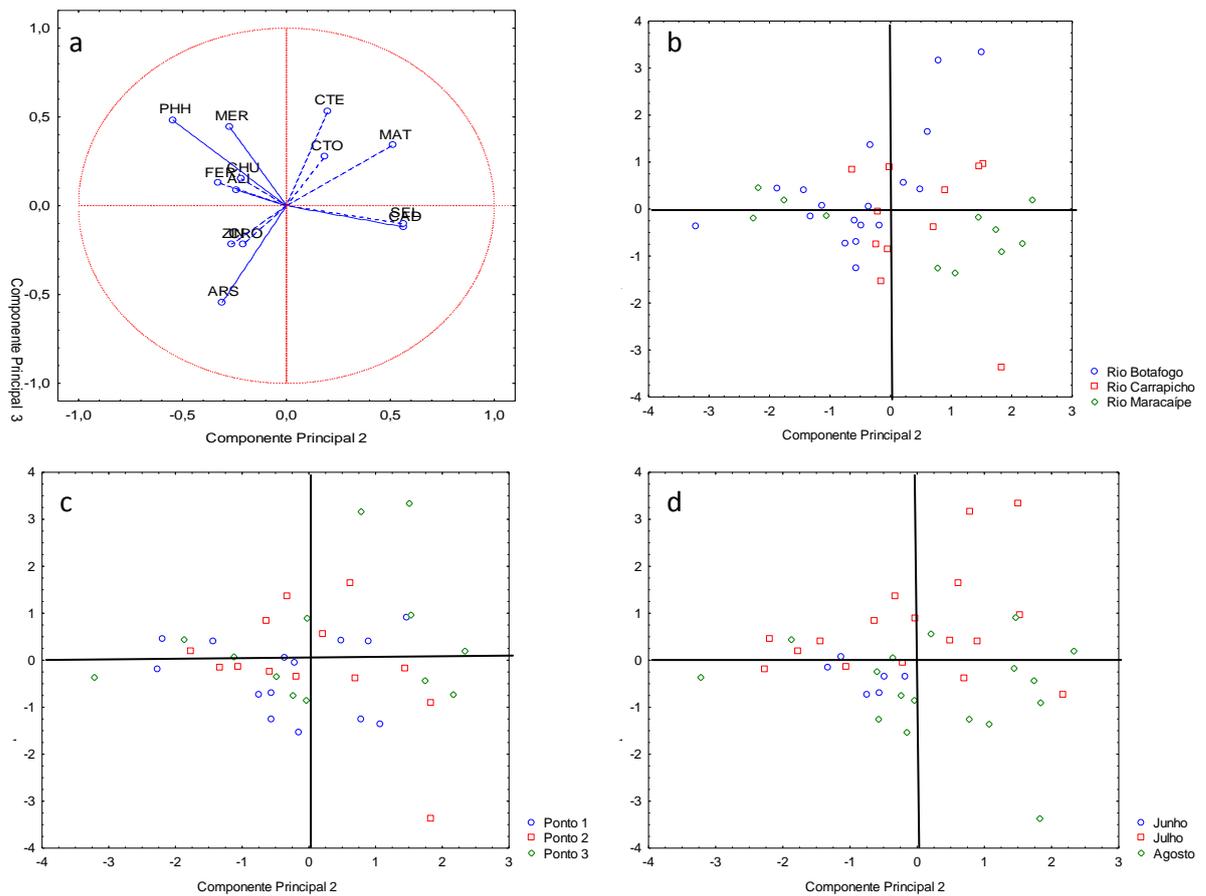
Através do CP 1 versus o CP 3 identifica-se pela FIGURA 20 (b) que todo o estuário do rio Maracaípe encontra-se no terceiro e quarto quadrante ilustrando menor presença de metais. O estuário do rio Carrapicho apresenta valores em todos os quadrantes significando que em alguns de seus pontos apresentou valores elevados dos metais pesados e o estuário do rio Botafogo apresenta vários pontos no lado direito e no segundo quadrante apresentando elevados valores de metais pesados. Pode-se notar uma diferença quando avalia-se por mês (FIGURA 20 (d)), o mês de julho e o mês de agosto formam dois grupos diferentes, no mês de julho encontra-se maior presença de matéria orgânica, um pH com valores mais alto, coliformes mais presentes já no mês de agosto maior concentração de metais pesados.

**Figura 21** - Componente Principal 1 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes



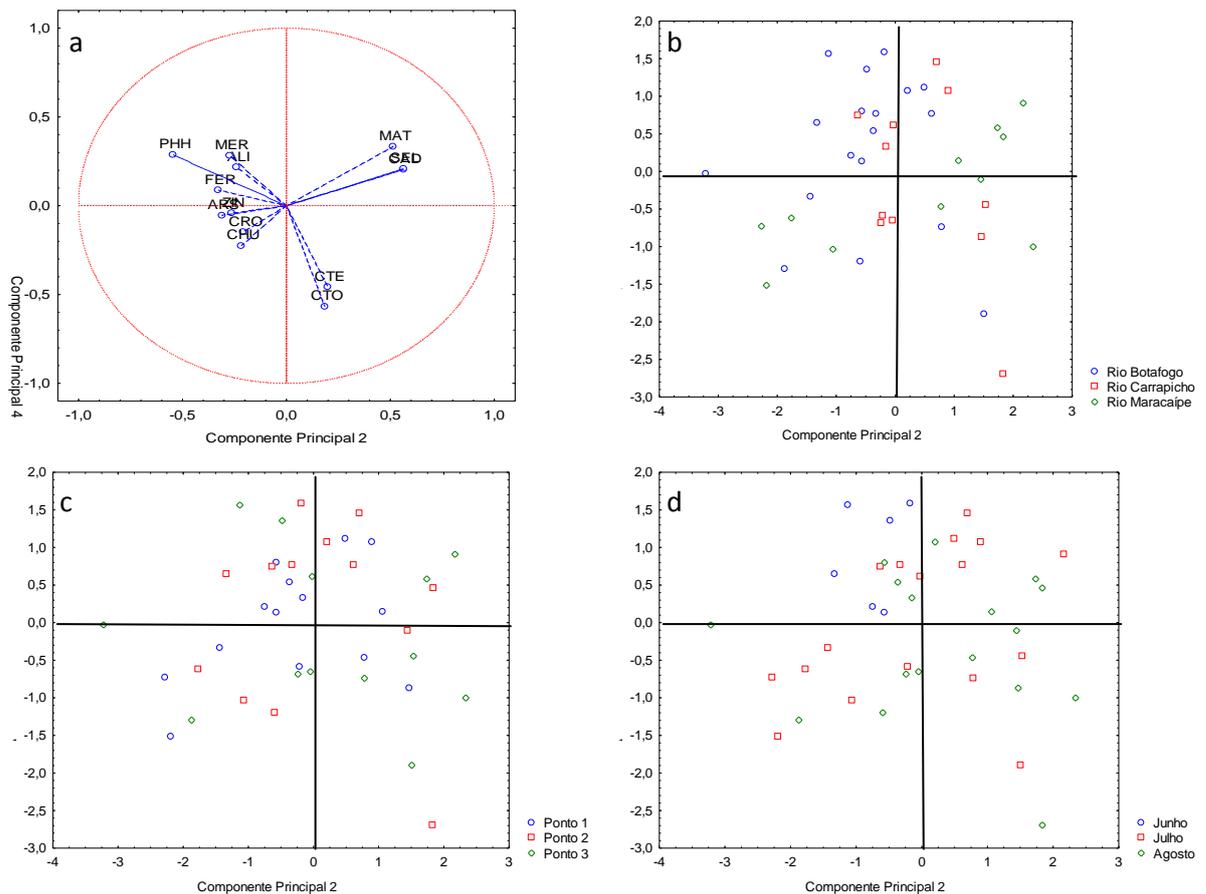
Quando avalia-se a variação do CP 1 pela FIGURA 21 (b) observa que o estuários do rio Maracaípe apresentam todos os seus valores no lado negativo deste componente evidenciando menor presença de metais em seu sedimento. Na FIGURA 21 (d) verifica que o mês de junho e Julho a presença dos metais e menor em relação ao mês de agosto.

**Figura 22** - Componente Principal 2 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes



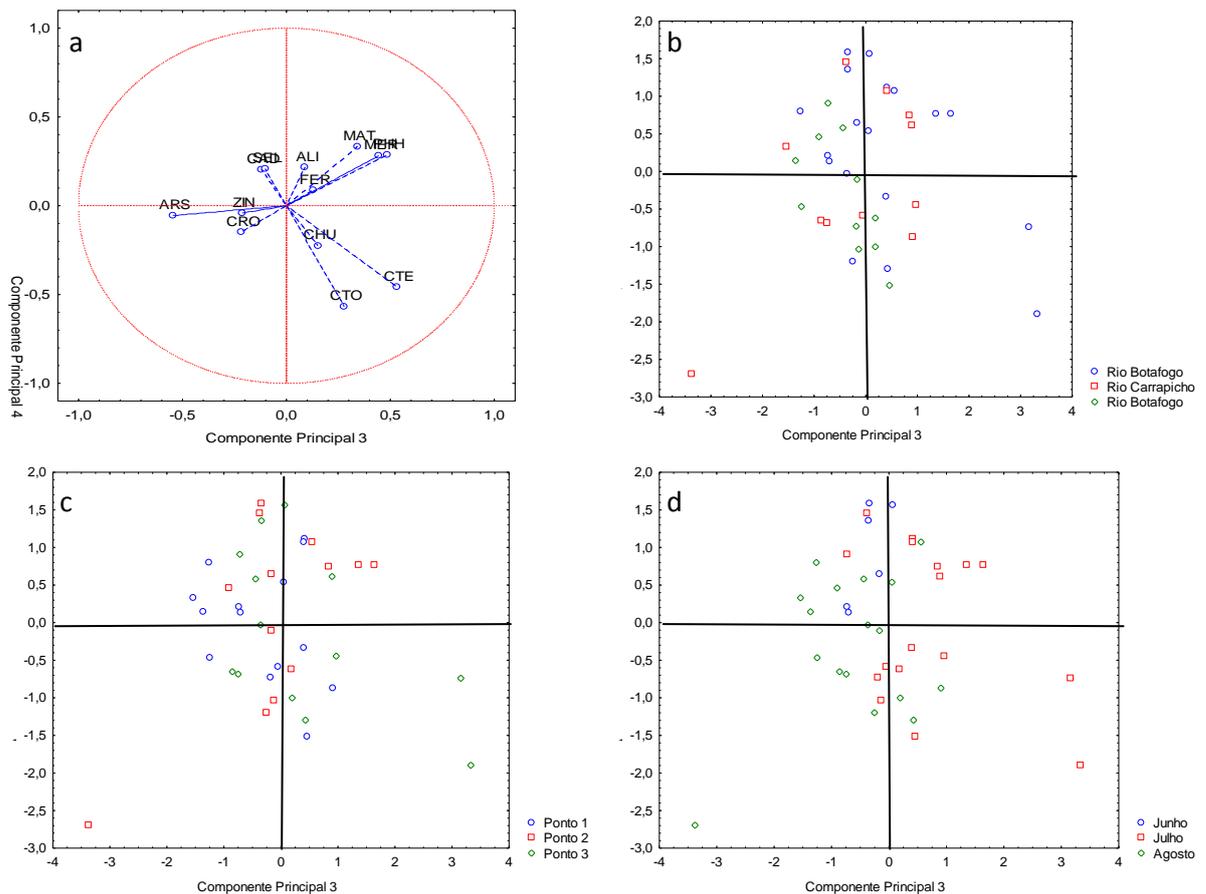
Como o CP 3 explica melhor a variação do mercúrio assim na FIGURA 22 (b) observa-se que a maioria dos pontos do estuário do rio Botafogo estão no lado positivo do CP 3 mostrando maior presença deste metal.

**Figura 23** - Componente Principal 2 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes



Pelo CP 4 observa-se que para o lado negativo estão presente maior quantidade de coliformes (FIGURA 23 (a)) assim pela FIGURA 23 (b) verifica-se que a maioria dos pontos para o estuário do rio Maracaípe esta neste lado evidenciando maior presença de coliformes totais e termotolerantes em seu sedimento.

**Figura 24** - Componente Principal 3 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para o sedimento – CRO=Cromo, CAD=Cadmio, SEL=Selênio, FER=Ferro, ALI=Alumínio, CHU=Chumbo, ZIN=Zinco, ARS=Arsênio, MER=Mercúrio, MAT=Matéria Orgânica, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes



O CP 3 versus o CP 4 pela FIGURA 24 (d) observa-se a diferença entre o mês de julho e agosto, o mês de julho está mais presente no lado direito mostrando maior presença de coliformes, matéria orgânica e pH, já o mês de agosto encontra-se no lado esquerdo evidenciando maior presença de metais.

## 5.2 Água

Para as análises dos dados referente a água foram confrontados quanto aos limites determinados pela resolução CONAMA 357/05 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. Sendo as estações de coleta classificadas na categoria de águas salobras (superior a 0,5 e inferior a 30 ) de Classe 2.

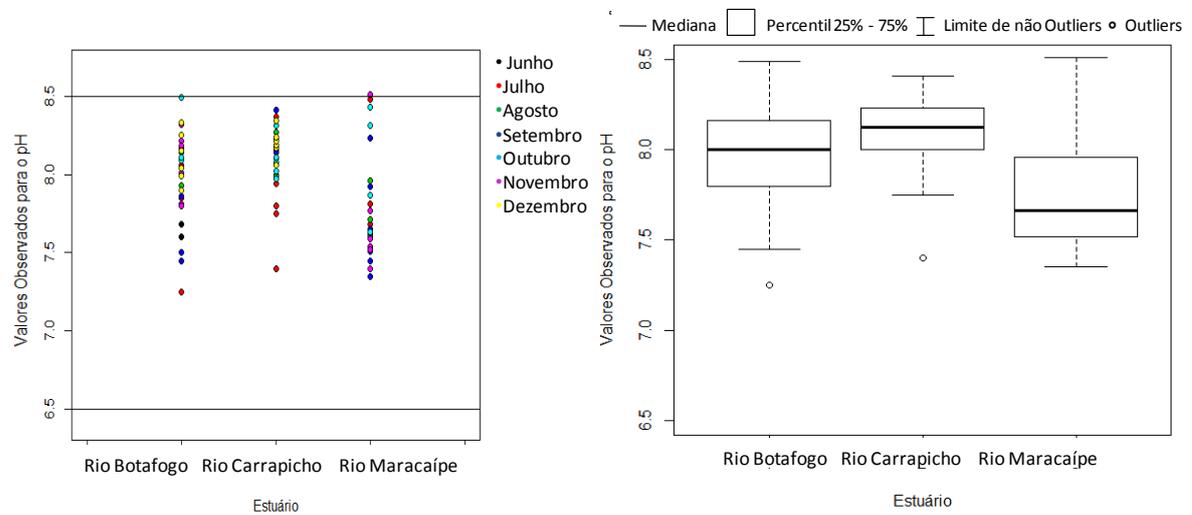
- **POTENCIAL HIDROGENIÔNICO - pH COLETADO NA SUPERFÍCIE**

Segundo a resolução CONAMA 357/05 os limites ideais para o potencial hidrogeniônico (pH) são os valores de 6,5 a 8,5 assim os valores observados para os três estuários ficaram praticamente dentro deste limite com exceção de um único ponto no rio Maracaípe que ultrapassou o valor máximo em 0,1.

**Tabela 16** - Análise Descritiva para o pH na superfície – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

<b>Estuário</b>	<b>Freq.</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>Rio Botafogo</b>	39	7,96	8,00	7,25	8,49	0,27	0,033
<b>Rio Carrapicho</b>	30	8,10	8,13	7,40	8,41	0,20	0,025
<b>Rio Maracaípe</b>	30	7,81	7,67	7,35	8,51	0,36	0,046
<b>Geral</b>	<b>99</b>	<b>7,95</b>	<b>8,00</b>	<b>7,25</b>	<b>8,51</b>	<b>0,30</b>	<b>0,038</b>

**Figura 25** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do pH (lado direito)



O teste não paramétrico de Kruskal Wallis identificou que existe diferença significativa entre as médias do estuário do rio Carrapicho com o do rio Maracaípe.

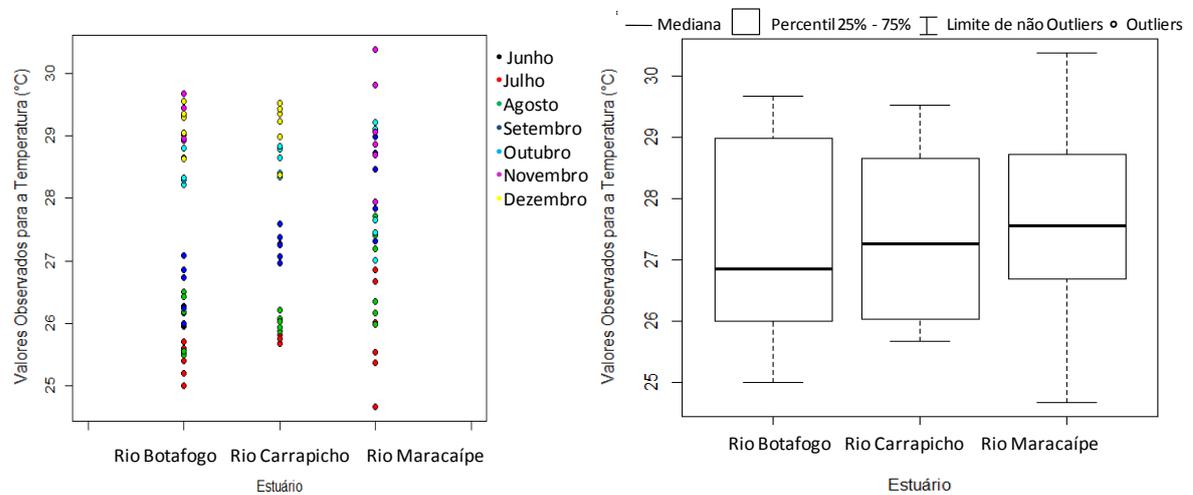
- **TEMPERATURA COLETADA NA SUPERFÍCIE**

Para a temperatura observada para os três estuários durante o período de seis meses verificou que não existe uma diferença significativa entre os estuários, haja visto que os mesmos pertencem a um mesmo clima segundo a classificação de Köppen.

**Tabela 17** - Análise Descritiva para a Temperatura na superfície (°C) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	39	27,38	26,85	25,00	29,67	1,59	0,05
<b>Rio Carrapicho</b>	30	27,36	27,27	25,67	29,52	1,38	0,05
<b>Rio Maracaípe</b>	30	27,59	27,55	24,67	30,38	1,38	0,05
<b>Geral</b>	<b>99</b>	<b>27,44</b>	<b>27,32</b>	<b>24,67</b>	<b>30,38</b>	<b>1,45</b>	<b>0,05</b>

**Figura 26** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da Temperatura (lado direito)



Através do boxplot verifica-se que os dados observados para cada estuários não se diferenciam muito um dos outros fato este foi comprovado pelo teste de comparação de Kruskal Wallis que não identificou diferença significativa entre os estuários.

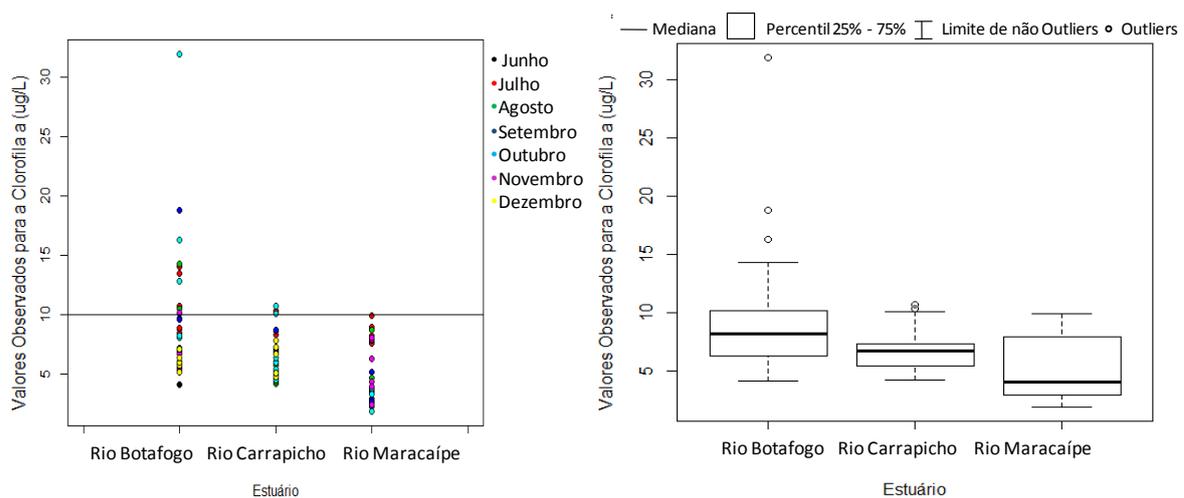
- **CLOROFILA A COLETADA NA SUPERFÍCIE**

Baseando na resolução CONAMA 357/2005 que estabelece um limite máximo de 10 ug/L para a clorofila a e comparando com os valores observados verificamos que o rio Botafogo é o único que em média se encontra próximo a este limite. De acordo com a classificação proposta por Passavante em 2003 em média todos os estuários são classificados como Mesotrófico, ou seja, com uma produção média de fitoplâncton.

**Tabela 18** - Análise Descritiva para a clorofila a na superfície (ug/L) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	39	9,42	8,20	4,10	31,90	4,91	0,52
<b>Rio Carrapicho</b>	30	6,73	6,70	4,20	10,70	1,72	0,25
<b>Rio Maracaípe</b>	30	5,11	4,00	1,90	9,90	2,52	0,49
<b>Geral</b>	<b>99</b>	<b>7,30</b>	<b>6,90</b>	<b>1,90</b>	<b>31,9</b>	<b>3,94</b>	<b>0,53</b>

**Figura 27** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da clorofila a (lado direito)



Através da figura acima verificamos uma diferença nos valores observados de cada estuário para isso foi aplicado o teste de Kruskal Wallis para comparação das medianas e observou-se que o rio Botafogo difere em média significativamente dos demais estuários em relação à presença da clorofila a.

#### • SALINIDADE COLETADA NA SUPERFÍCIE

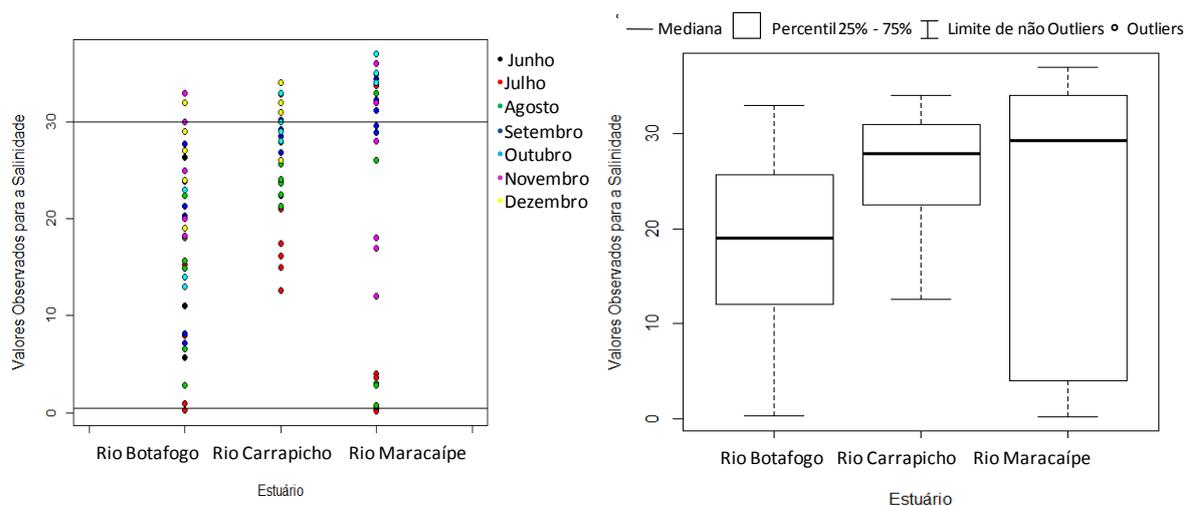
A água é dividida em três classificações conforme a resolução CONAMA 357/2005 segundo a sua salinidade. A água é considerada doce se sua salinidade for igual ou inferior a 0,5, salobra se a salinidade estiver entre 0,5 a 30 e água salina

com salinidade igual ou superior a 30. Os estuários são classificados como água salobra devido a sua conexão da água do rio (água doce) com a água do mar (água salina) e em média a salinidade dos estuários está dentro deste limites, porém o rio Carrapicho e o rio Maracaípe apresentam boa parte de seus valores acima do limite de 30 tendendo a uma água mais salgada em relação ao do rio Botafogo. Foi observado diferença significativa na média do estuário do rio Botafogo com os demais estuários.

**Tabela 19** - Análise Descritiva para a salinidade na superfície – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	39	18,44	19,00	0,30	33,00	9,10	0,49
<b>Rio Carrapicho</b>	30	26,21	27,95	12,60	34,00	5,65	0,21
<b>Rio Maracaípe</b>	30	22,19	29,27	0,20	37,00	14,08	0,63
<b>Geral</b>	<b>99</b>	<b>21,93</b>	<b>24,00</b>	<b>0,20</b>	<b>37,00</b>	<b>10,52</b>	<b>0,48</b>

**Figura 28** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da salinidade (lado direito)



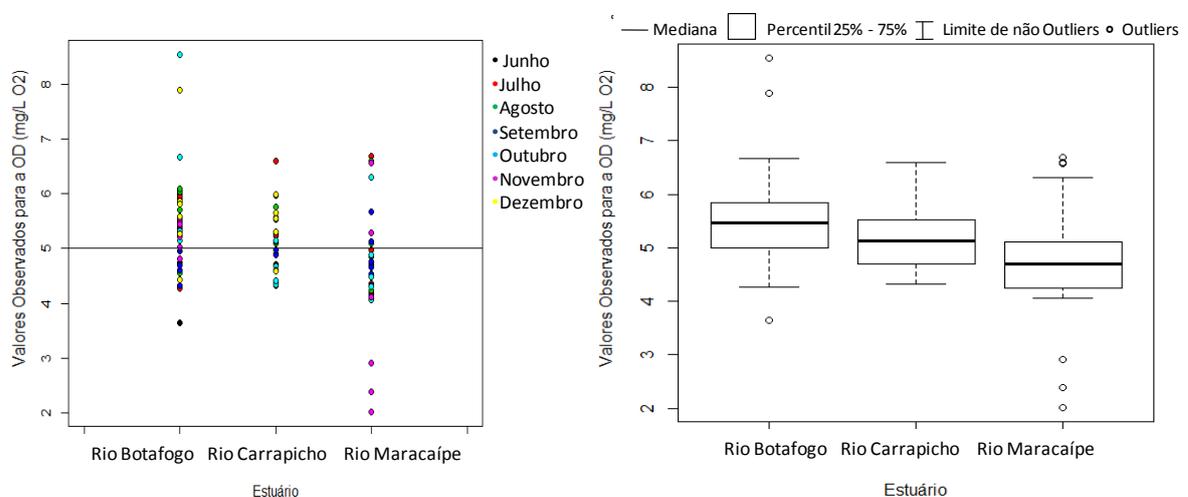
• **OXIGÊNIO DISSOLVIDO - OD COLETADO NA SUPERFÍCIE**

Uma água para ser de boa qualidade, segundo a resolução CONAMA 357/2005, não pode ter seu valor do oxigênio dissolvido inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>, sendo assim o rio Botafogo foi o que apresentou os melhores valores para esta variável e o rio Maracaípe os piores valores. Esta diferença foi detectada pelo teste de comparações de médias de Kruskal Wallis que identificou diferença significativa entre o estuário do rio Botafogo com o do rio Maracaípe.

**Tabela 20** - Análise Descritiva para o OD na superfície (mg/L O<sub>2</sub>) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	39	5,47	5,46	3,64	8,54	0,88	0,16
Rio Carrapicho	30	5,13	5,13	4,32	6,60	0,54	0,10
Rio Maracaípe	30	4,68	4,69	2,02	6,68	1,07	0,22
<b>Geral</b>	<b>99</b>	<b>5,13</b>	<b>5,13</b>	<b>2,02</b>	<b>8,54</b>	<b>0,91</b>	<b>0,17</b>

**Figura 29** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do OD (lado direito)



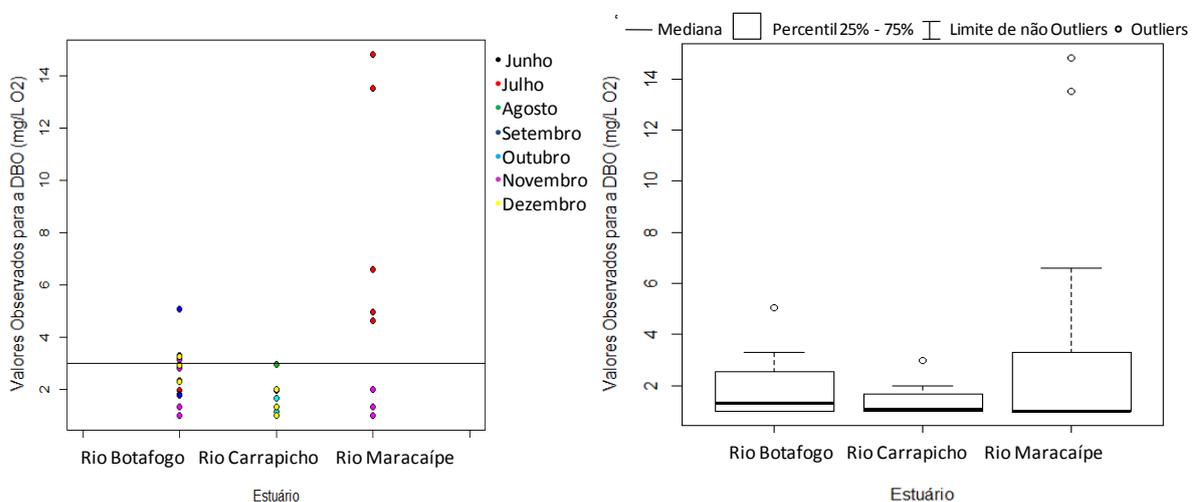
• **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO COLETADA NA SUPERFÍCIE**

Para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) não existe um limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para água salobra, porém para água doce o valor do DBO não pode ultrapassar 3 mg/L O<sub>2</sub> e este valor vai ser adotado como um parâmetro tendo em vista que é o mesmo adotado para as águas canadenses. Adotando este valor verifica-se que o rio Maracaípe no mês de Julho ultrapassou este limite em todos os seus pontos de coletas fazendo-se com que a média ficasse acima desde limite, o rio Botafogo apresentou alguns valores acima deste limite e o rio Carrapicho não ultrapassou o limite.

**Tabela 21** - Análise Descritiva para o DBO na superfície (mg/L O<sub>2</sub>) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	39	1,87	1,32	1,00	5,05	1,01	0,54
<b>Rio Carrapicho</b>	30	1,35	1,08	1,00	2,96	0,49	0,36
<b>Rio Maracaípe</b>	24	3,31	1,00	1,00	14,82	4,53	1,36
<b>Geral</b>	<b>93</b>	<b>2,07</b>	<b>1,15</b>	<b>1,00</b>	<b>14,82</b>	<b>2,49</b>	<b>1,20</b>

**Figura 30** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do DBO (lado direito)



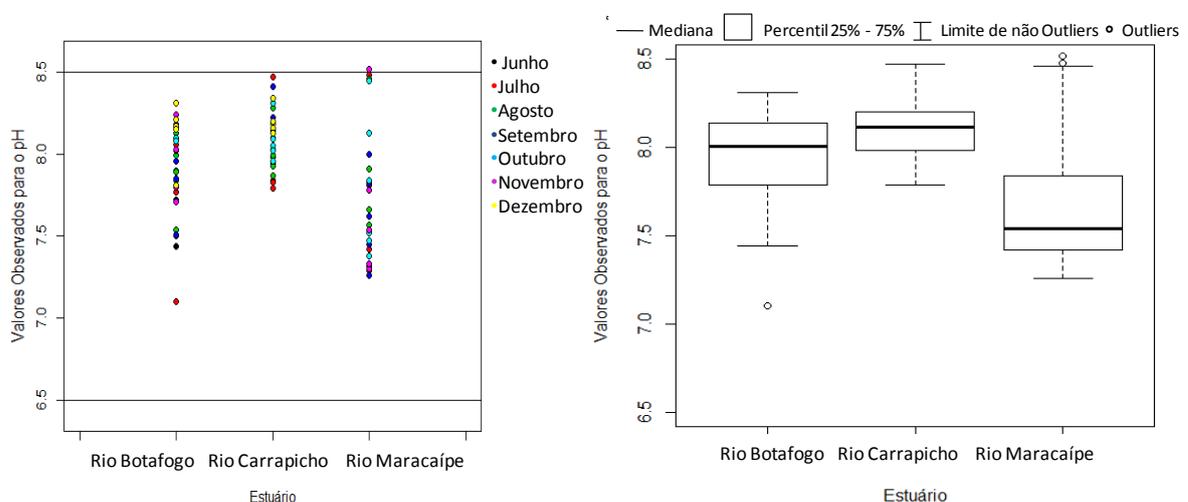
• **POTENCIAL HIDROGENIÔNICO - pH COLETADO NO FUNDO**

O pH coletado no fundo dos estuários apresentaram valores sem muitas variações e bem próximo dos coletado na superfície dos estuários. Assim como ocorreu na superfície o púnico estuário que ultrapassou o limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 foi o do rio Maracaípe, entretanto o valor máximo encontrado neste estuário só ultrapassou o limite em 0,2.

**Tabela 22** - Análise Descritiva para o pH no fundo do estuário – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	32	7,92	8,01	7,10	8,31	0,28	0,035
<b>Rio Carrapicho</b>	30	8,10	8,12	7,79	8,47	0,17	0,021
<b>Rio Maracaípe</b>	29	7,69	7,54	7,29	8,52	0,39	0,05
<b>Geral</b>	<b>91</b>	<b>7,91</b>	<b>7,98</b>	<b>7,10</b>	<b>8,52</b>	<b>0,33</b>	<b>0,041</b>

**Figura 31** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do pH (lado direito)



Para verificar se os estuários em média diferem um dos outros foi aplicado o teste de Kruskal Wallis que constatou diferença significativa entre o estuário do rio Maracaípe com os demais estuários em estudo.

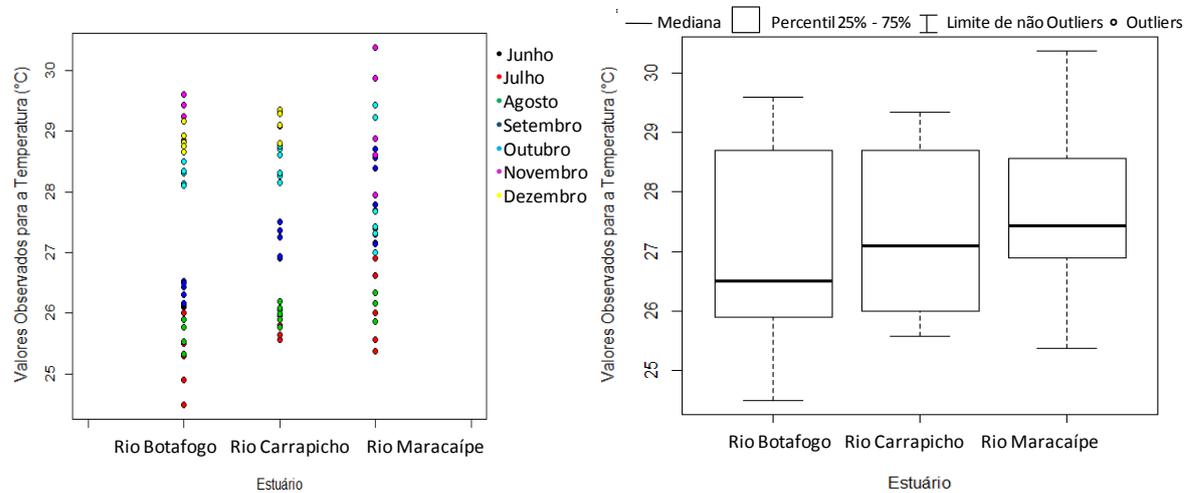
- **TEMPERATURA COLETADA NO FUNDO**

A temperatura observada no fundo dos estuários foram bastantes próximas uma das outras, a variância total dos três estuários foi de 1,98 mostrando a pouca variabilidade dos dados. Não foi identificado diferença significativa entre os estuários.

**Tabela 23** - Análise Descritiva para a temperatura no fundo do estuário (°C) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

<b>Estuário</b>	<b>Freq.</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>Rio Botafogo</b>	32	27,19	26,51	24,50	29,60	1,58	0,058
<b>Rio Carrapicho</b>	30	27,32	27,10	25,57	29,34	1,35	0,049
<b>Rio Maracaípe</b>	29	27,60	27,43	25,38	30,37	1,27	0,046
<b>Geral</b>	<b>91</b>	<b>27,36</b>	<b>27,31</b>	<b>24,50</b>	<b>30,37</b>	<b>1,41</b>	<b>0,051</b>

**Figura 32** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da Temperatura (lado direito)



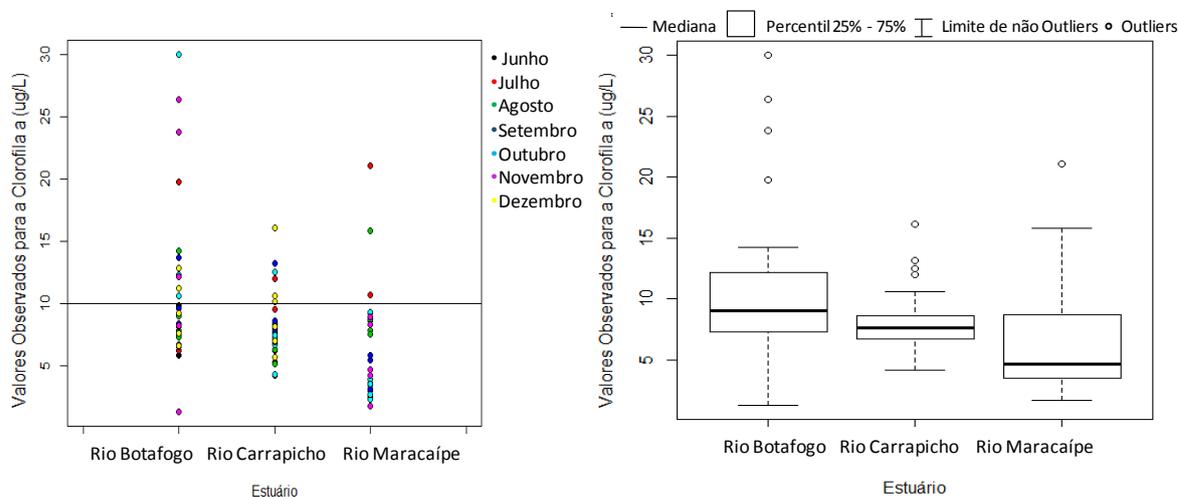
- **CLOROFILA A COLETADO NO FUNDO**

Assim como aconteceu para a clorofila a na superfície o rio Botafogo foi o que apresentou a maior média, entretanto desta vez ele chegou a ultrapassar o limite de  $10 \mu\text{g/L}$ . O teste de Kruskal Wallis encontrou diferença significativa entre a média do estuário do rio Botafogo com a do rio Maracaípe. No fundo a classificação segundo Passavante para o rio Botafogo é Eutrófico, ou seja, têm uma alta produção de fitoplâncton.

**Tabela 24** - Análise Descritiva para a clorofila a no fundo do estuário ( $\mu\text{g/L}$ ) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	32	10,77	9,00	1,30	30,00	6,19	0,57
Rio Carrapicho	30	8,08	7,65	4,20	16,10	2,66	0,32
Rio Maracaípe	29	6,40	4,70	1,70	21,10	4,31	0,67
<b>Geral</b>	<b>91</b>	<b>8,49</b>	<b>7,80</b>	<b>1,30</b>	<b>30,00</b>	<b>4,95</b>	<b>0,58</b>

**Figura 33** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da clorofila a (lado direito)



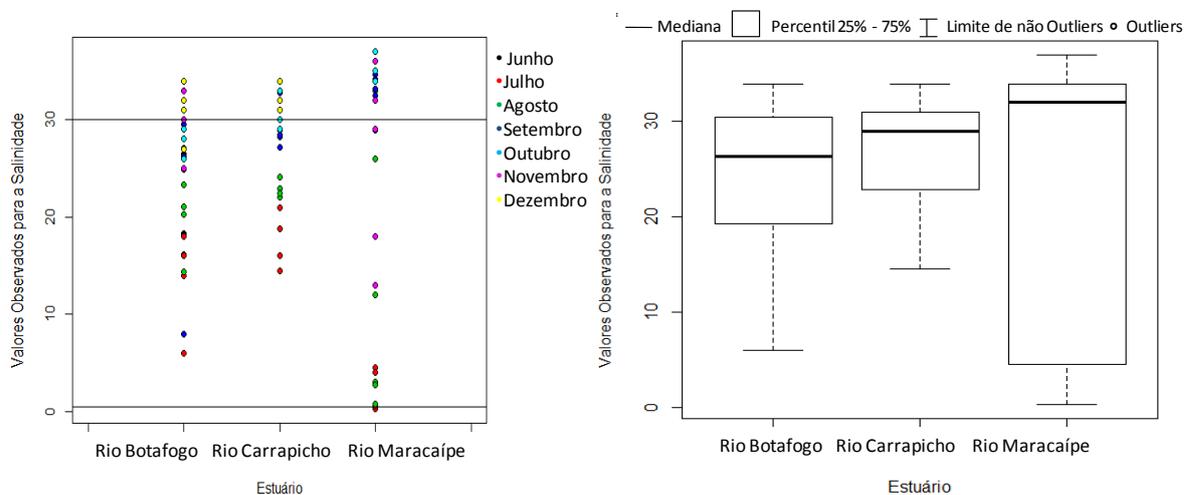
- **SALINIDADE COLETADA NO FUNDO**

Em média a salinidade encontrada nos estuários está dentro dos limites para água salobra que é de 0,5 a 30. Os dados variam entre 0,3 a 37 e estes valores foram encontrados no rio Maracaípe que apresentou também a maior variância e a maioria dos dados para este estuários estão acima do limite de 30 tendo em vista que a mediana é de 32.

**Tabela 25** - Análise Descritiva para a salinidade no fundo do estuário – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	32	24,54	26,32	6,00	34,00	7,34	0,29
Rio Carrapicho	30	26,99	28,97	14,50	34,00	5,48	0,20
Rio Maracaípe	29	22,65	32,00	0,30	37,00	14,36	0,63
<b>Geral</b>	<b>91</b>	<b>24,75</b>	<b>28,43</b>	<b>0,30</b>	<b>37,00</b>	<b>9,77</b>	<b>0,39</b>

**Figura 34** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da salinidade(lado direito)



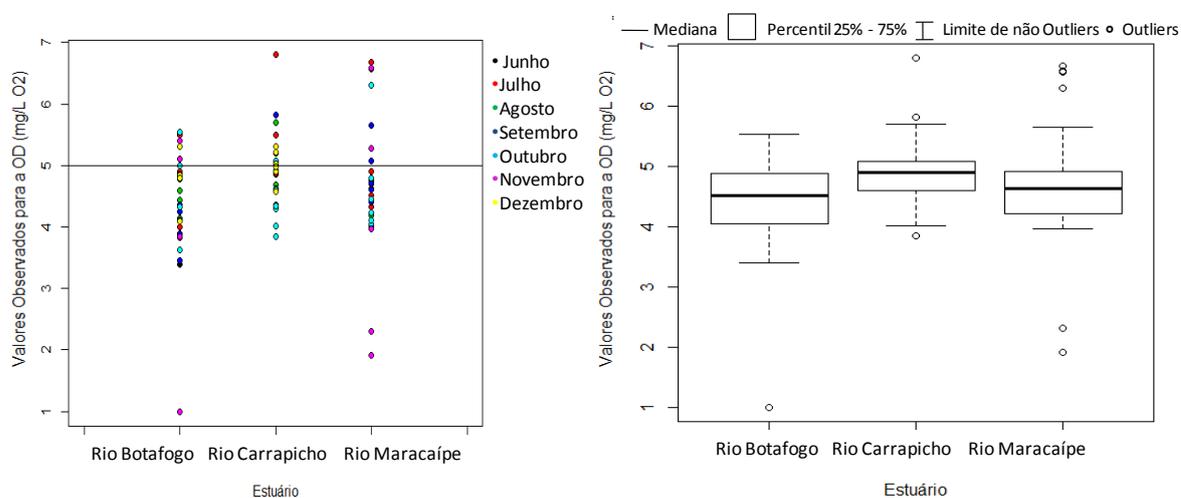
- **OXIGÊNIO DISSOLVIDO COLETADO NO FUNDO**

A maioria dos valores observados nos três estuários ficaram dentro do limite crítico estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 que é de inferior a 5. O rio Botafogo foi o que apresentou os menores valores para o OD consequentemente a menor média, já o rio Carrapicho apresentou a maior média. A diferença entre as médias destes dois estuários é significativa segundo o teste de Kruskal Wallis

**Tabela 26** - Análise Descritiva para o OD no fundo do estuário (mg/L O<sub>2</sub>) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	32	4,41	4,52	1,00	5,54	0,85	0,19
<b>Rio Carrapicho</b>	30	4,90	4,91	3,84	6,80	0,57	0,11
<b>Rio Maracaípe</b>	29	4,67	4,63	1,91	6,67	1,06	0,22
<b>Geral</b>	<b>91</b>	<b>4,65</b>	<b>4,71</b>	<b>1</b>	<b>6,80</b>	<b>0,86</b>	<b>0,18</b>

**Figura 35** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do OD (lado direito)



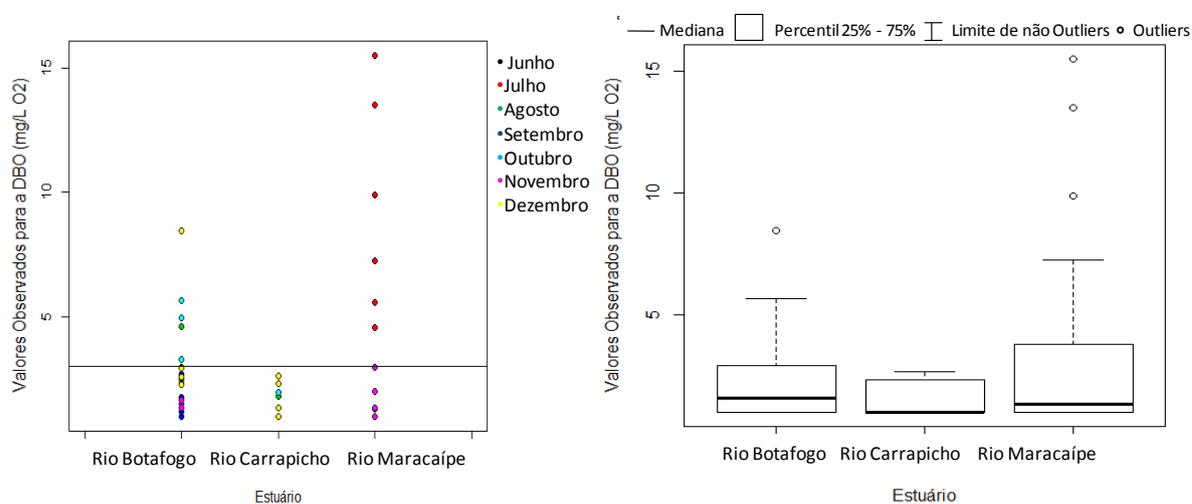
- **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO COLETADO NO FUNDO**

Para as observação do DBO coletado no fundo dos estuários será adotado o valor 3 como valor máximo que é o mesmo estabelecido para a água doce, assim comparando com os valores observados verificamos que em média o estuário do rio Maracaípe esta acima deste valor, entretanto a maioria dos valores estão abaixo deste valor se observar-se a mediana.

**Tabela 27** - Análise Descritiva para o DBO no fundo do estuário (mg/L O<sub>2</sub>) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	32	2,27	1,57	1,00	8,44	1,69	0,74
Rio Carrapicho	30	1,48	1,00	1,00	2,64	0,66	0,44
Rio Maracaípe	23	3,43	1,32	1,00	15,49	4,20	1,22
<b>Geral</b>	<b>85</b>	<b>2,31</b>	<b>1,32</b>	<b>1,00</b>	<b>15,49</b>	<b>2,53</b>	<b>1,09</b>

**Figura 36** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do DBO (lado direito)



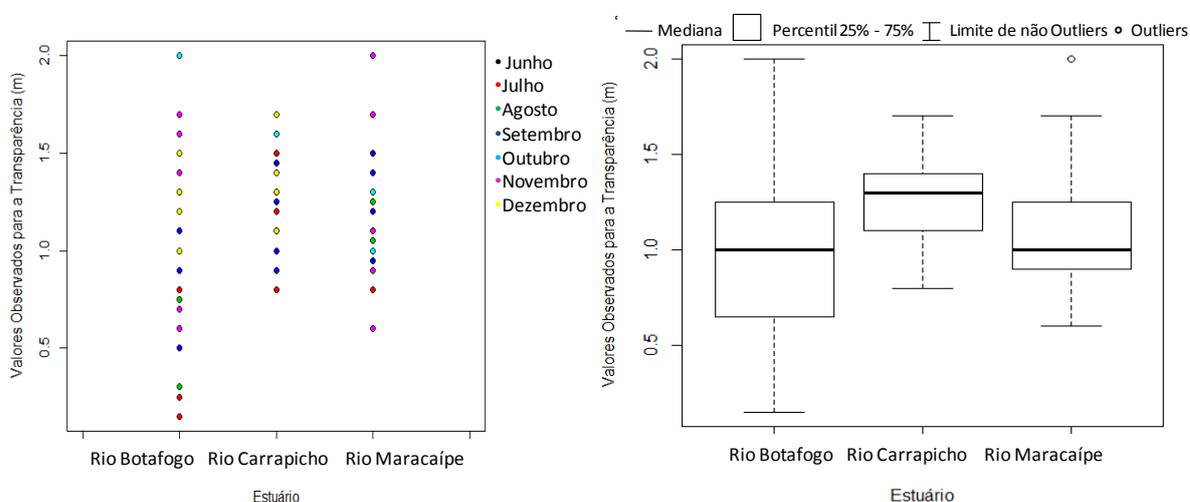
## • TRANSPARÊNCIA

A transparência observada na água dos estuários variou de 0,15 a 2,00 sendo o rio Carrapicho com a menor amplitude e maior média diferenciando significativamente dos demais estuários.

**Tabela 28** - Análise Descritiva para a transparência no estuário (m) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	39	0,97	1,00	0,15	2,00	0,48	0,49
<b>Rio Carrapicho</b>	27	1,25	1,30	0,80	1,70	0,22	0,17
<b>Rio Maracaípe</b>	29	1,06	1,00	0,60	2,00	0,35	0,33
<b>Geral</b>	<b>95</b>	<b>1,08</b>	<b>1,10</b>	<b>0,15</b>	<b>2,00</b>	<b>0,39</b>	<b>0,36</b>

**Figura 37** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot da Transparência (lado direito)



#### • COLIFORMES TOTAIS COLETADOS NA SUPERFÍCIE

O estuário do rio Maracaípe apresentou a maior média para a presença de coliformes totais na água, seguido do rio Botafogo que em média foi menos da metade do observado no rio Maracaípe. O rio Carrapicho apresentou aproximadamente 10% em média do observado no rio Maracaípe. Existe diferença significativa entre o rio Carrapicho com os demais estuários deste trabalho.

**Tabela 29** - Análise Descritiva para o coliforme total na superfície do estuário (NMP/kg) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	30	2,26	0,79	0,0020	23	4,45	1,97
Rio Carrapicho	30	0,41	0,03	0,0078	3,5	0,899	2,20
Rio Maracaípe	30	4,87	1,00	0,0045	79	14,25	2,92
<b>Geral</b>	<b>90</b>	<b>2,51</b>	<b>0,24</b>	<b>0,002</b>	<b>79</b>	<b>8,738</b>	<b>3,48</b>

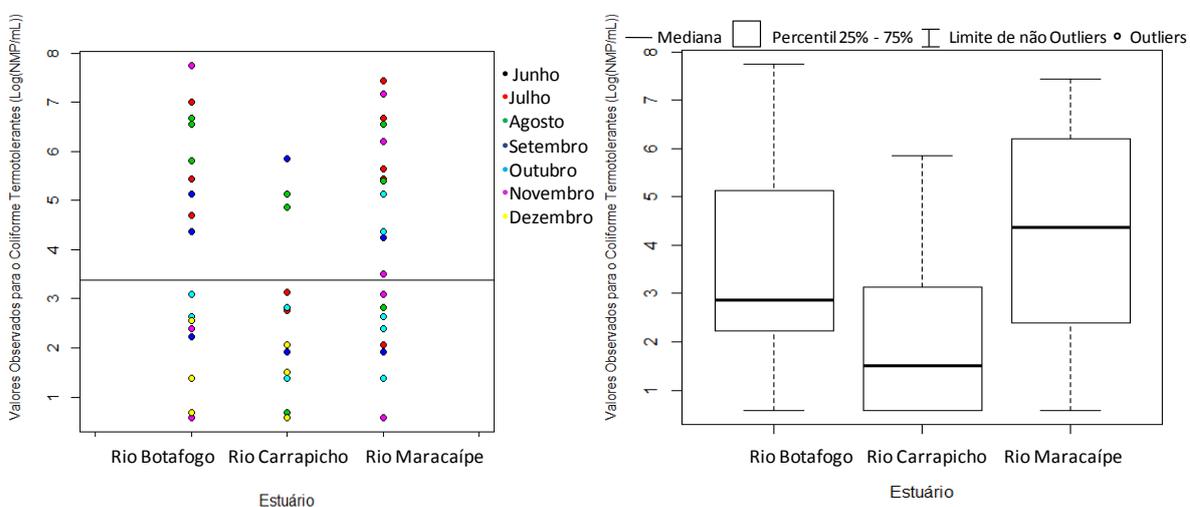
## • COLIFORMES TERMOTOLERANTES COLETADOS NA SUPERFÍCIE

Os coliformes termotolerantes ou também conhecidos como coliformes fecais estão mais presente no rio Maracaípe, segundo a resolução CONAMA é determinado um valor de  $3,39 \text{ NMP.mL}^{-1}$  para o Log do valor observado na base 10. Comparando com os valores observados verificamos que o rio Maracaípe apresenta mais da metade de seus valores acima deste limite quando avaliamos a mediana. Em média o rio Botafogo e Maracaípe ficaram acima do limite estabelecido.

**Tabela 30** - Análise Descritiva para o coliforme termotolerante na superfície do estuário (Log(NMP/mL)) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
Rio Botafogo	30	3,43	2,86	0,58	7,74	2,17	0,63
Rio Carrapicho	30	2	1,5	0,58	5,85	1,61	0,80
Rio Maracaípe	30	4,31	4,37	0,58	7,43	2,06	0,48
<b>Geral</b>	<b>90</b>	<b>3,25</b>	<b>2,80</b>	<b>0,58</b>	<b>7,74</b>	<b>2,16</b>	<b>0,66</b>

**Figura 38** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do coliforme termotolerante (lado direito)



- **COLIFORMES TOTAIS COLETADOS NO FUNDO**

O estuário do rio Maracaípe é o que apresenta a maior variabilidade dos dados com seus valores variando de 0,002 NMP/kg a 17000 NMP/kg. O rio Botafogo foi o que apresentou o menor valor de todas as coletas. Em média o rio Carrapicho diferencia significativamente do rio Botafogo e do rio Maracaípe.

**Tabela 31** - Análise Descritiva para o coliforme total no fundo do estuário (NMP/kg) –  
DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

<b>Estuário</b>	<b>Freq.</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>Rio Botafogo</b>	36	3,13	0,64	0,0013	49	8,34	2,66
<b>Rio Carrapicho</b>	30	0,69	0,023	0,0075	7,9	1,93	2,79
<b>Rio Maracaípe</b>	29	592,2	2,3	0,002	17000	3155,68	5,33
<b>Geral</b>	95	<b>182,18</b>	<b>0,24</b>	<b>0,0013</b>	<b>17000</b>	<b>1743,84</b>	<b>9,57</b>

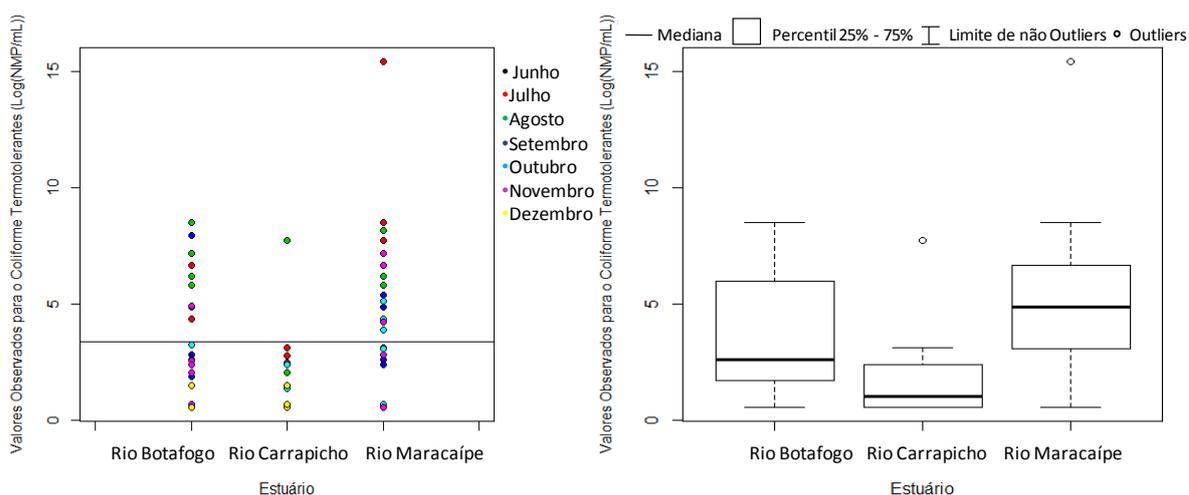
- **COLIFORMES TERMOTOLERANTES COLETADOS NO FUNDO**

Os coliformes termotolerantes no fundo dos estuários estão mais presente no rio Maracaípe seguido do rio Botafogo e Carrapicho. Comparando com o limite estabelecido na resolução 357 do CONAMA observamos que o em média o rio Botafogo e Maracaípe estão acima do limite estabelecido.

**Tabela 32** - Análise Descritiva para o coliforme termotolerante no fundo do estuário (Log(NMP/mL)) – DP = Desvio Padrão e CV = Coeficiente de Variação

Estuário	Freq.	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	DP	CV
<b>Rio Botafogo</b>	36	3,67	2,60	0,58	8,49	2,45	0,66
<b>Rio Carrapicho</b>	30	1,57	1,03	0,58	7,74	1,48	0,94
<b>Rio Maracaípe</b>	29	5,20	4,86	0,58	15,40	2,91	0,55
<b>Geral</b>	95	<b>3,47</b>	<b>2,63</b>	<b>0,58</b>	<b>15,40</b>	<b>2,74</b>	<b>0,78</b>

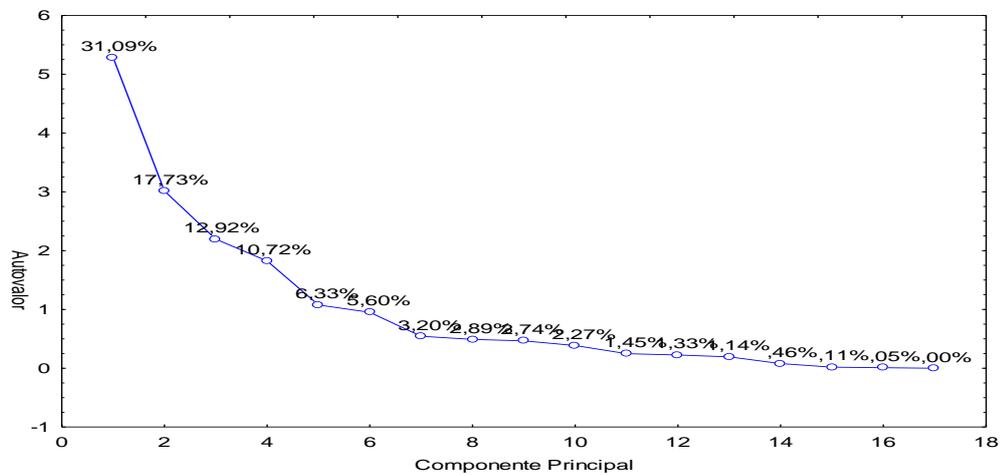
**Figura 39** - Valores observados por mês e estuário (lado esquerdo) e boxplot do coliforme termotolerante (lado direito)



- **Análise Multivariada nos parâmetros coletados na água**

A análise de componentes principais foi aplicada ao banco de dados referente a água e foi identificado as seguintes características nos estuários:

**Figura 40** - Percentual explicado para cada um dos componentes principais por seus autovalores para a água



Foram escolhidos para reduzir a dimensão do banco de dados 5 CP que representam 78,79% de toda a variabilidade dos dados, sendo que o primeiro CP representa 31,09% desta variabilidade, o segundo CP 17,73%, o terceiro 12,92%, o quarto CP 10,72% e o quinto 6,33%. Na TABELA 33 encontra-se as correlações e contribuição de cada variável para cada CP.

**Tabela 33** - Contribuição e correlações de cada variável por cada componente principal- - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH

Variável	CP 1		CP 2		CP 3		CP 4		CP 5	
	Corre.	Contr.								
pH S	0,482	0,043	0,634	<b>0,133</b>	0,208	0,019	-0,293	0,046	-0,041	0,001
TE. S	0,656	0,081	-0,287	0,027	-0,453	0,093	-0,423	<b>0,098</b>	0,044	0,001
CA. S	-0,438	0,036	0,187	0,011	0,342	0,053	-0,521	<b>0,148</b>	-0,324	0,097
SA S	0,913	<b>0,157</b>	-0,114	0,004	-0,157	0,011	0,037	0,001	0,051	0,002
OD S	0,342	0,022	0,576	<b>0,110</b>	0,451	0,092	-0,211	0,024	0,057	0,002
DB S	-0,387	0,028	0,584	<b>0,113</b>	-0,400	0,072	-0,002	0,001	0,456	0,193
pH F	0,694	<b>0,091</b>	0,524	0,090	0,274	0,034	-0,133	0,009	-0,027	0,001
TE. F	0,593	0,066	-0,164	0,008	-0,635	<b>0,183</b>	-0,351	0,067	-0,026	0,001
CA F	-0,242	0,011	0,094	0,002	0,118	0,006	-0,817	<b>0,366</b>	-0,157	0,022
SA F	0,928	<b>0,162</b>	-0,081	0,002	-0,074	0,002	-0,069	0,002	0,013	0,001
OD F	0,389	0,028	0,602	0,120	0,399	0,072	0,289	0,045	0,147	0,019
DB F	-0,295	0,016	0,530	0,093	-0,333	0,050	-0,195	0,020	0,576	<b>0,308</b>
TRA	0,746	<b>0,105</b>	0,026	0,001	-0,198	0,017	-0,054	0,001	-0,015	0,001
CT S	-0,494	<b>0,046</b>	-0,191	0,012	0,043	0,001	-0,121	0,008	0,147	0,020
CE S	-0,607	0,069	-0,169	0,009	-0,088	0,003	-0,490	<b>0,131</b>	0,158	0,023
CT F	-0,292	0,016	0,626	0,130	-0,559	0,142	0,157	0,013	-0,404	<b>0,151</b>
CE F	-0,291	0,016	0,626	0,130	-0,559	0,142	0,157	0,013	-0,405	<b>0,152</b>

As variáveis que mais contribui para o CP 1 são a Transparência, Coliforme Totais e salinidade coletado na superfície e a Salinidade e pH coletado no fundo dos estuários, o CP 2 explica melhor o pH, OD e DBO coletados na superfície, o CP 3 a temperatura no fundo, o CP 4 a Temperatura na superfície, a clorofila a na fundo e na superfície e o coliforme termotolerante na superfície e o CP 5 o DBO e os coliformes totais e termotolerantes no fundo.

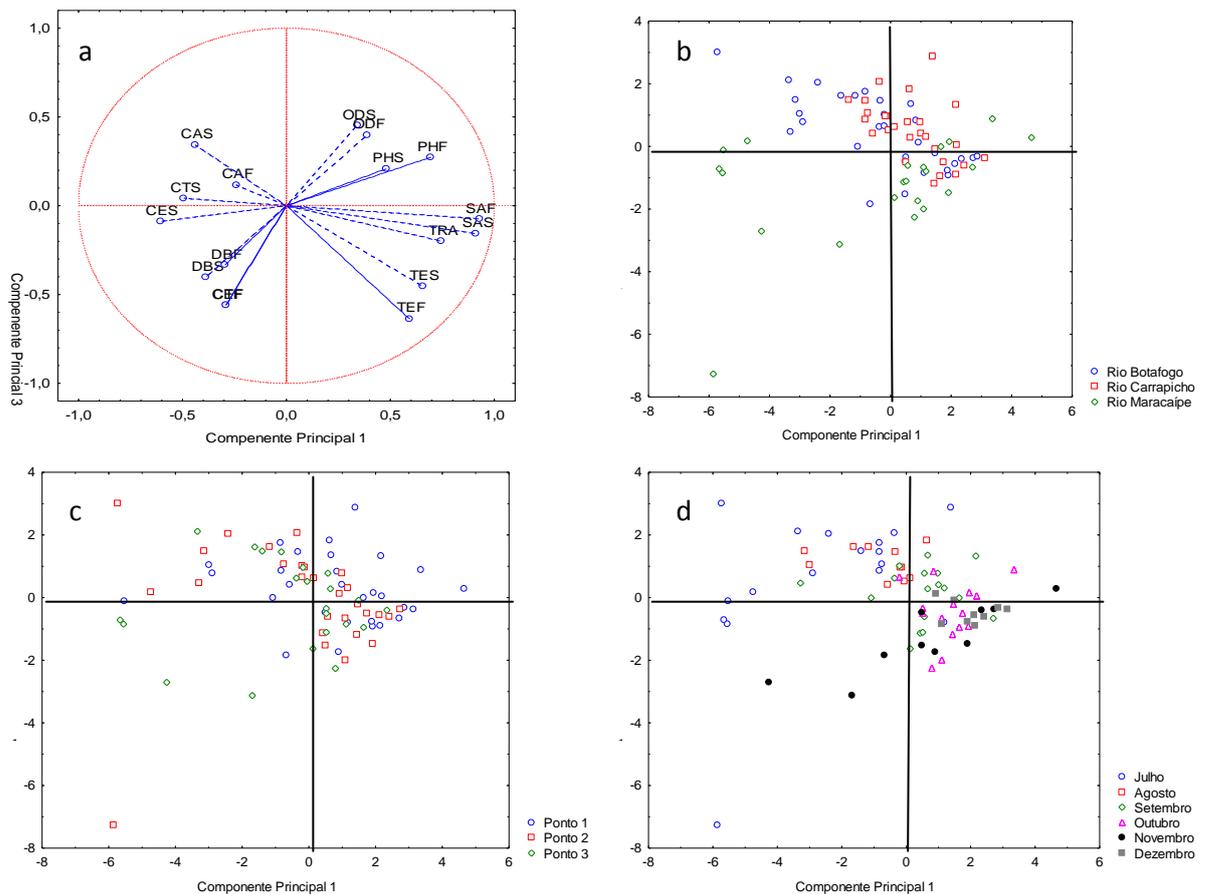
**Tabela 34** - Percentual de explicação acumulado para cada variável – S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DBO=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CTO=Coliforme Total e CTE=Coliformes Termotolerantes

<b>Variável</b>	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>	<b>CP 3</b>	<b>CP 4</b>	<b>CP 5</b>	<b>Total</b>
<b>pH S.</b>	23,22%	40,19%	4,34%	8,57%	0,17%	76,49%
<b>Temperatura S.</b>	43,00%	8,21%	20,51%	17,93%	0,19%	89,84%
<b>Clorofila a S.</b>	19,18%	3,49%	11,71%	27,11%	10,48%	71,97%
<b>Salinidade S.</b>	83,31%	1,30%	2,47%	0,14%	0,26%	87,48%
<b>OD S.</b>	11,71%	33,20%	20,38%	4,47%	0,32%	70,08%
<b>DBO S.</b>	14,99%	34,06%	15,98%	0,00%	20,78%	85,81%
<b>pH F.</b>	48,20%	27,42%	7,50%	1,78%	0,07%	84,97%
<b>Temperatura F.</b>	35,11%	2,68%	40,33%	12,33%	0,07%	90,52%
<b>Clorofila a F.</b>	5,87%	0,88%	1,39%	66,74%	2,47%	77,35%
<b>Salinidade F.</b>	86,08%	0,67%	0,54%	0,48%	0,02%	87,79%
<b>OD F.</b>	15,15%	36,24%	15,90%	8,33%	2,15%	77,77%
<b>DBO F.</b>	8,71%	28,12%	11,11%	3,79%	33,15%	84,88%
<b>Transparência</b>	55,68%	0,07%	3,93%	0,29%	0,02%	59,99%
<b>CTO. S</b>	24,37%	3,63%	0,19%	1,48%	2,16%	31,83%
<b>CTE. S</b>	36,86%	2,85%	0,78%	23,96%	2,49%	66,94%
<b>CTO. F</b>	8,53%	39,18%	31,26%	2,48%	16,33%	97,78%
<b>CTE. F</b>	8,49%	39,19%	31,23%	2,48%	16,39%	97,78%

Na TABELA 34 verifica-se o percentual da variância total explicada por cada componente principal para cada variável, por exemplo, o CP 1 explica 23,22% da variância total do pH coletado na superfície, o CP 2 explica 40,19%, e assim por diante.

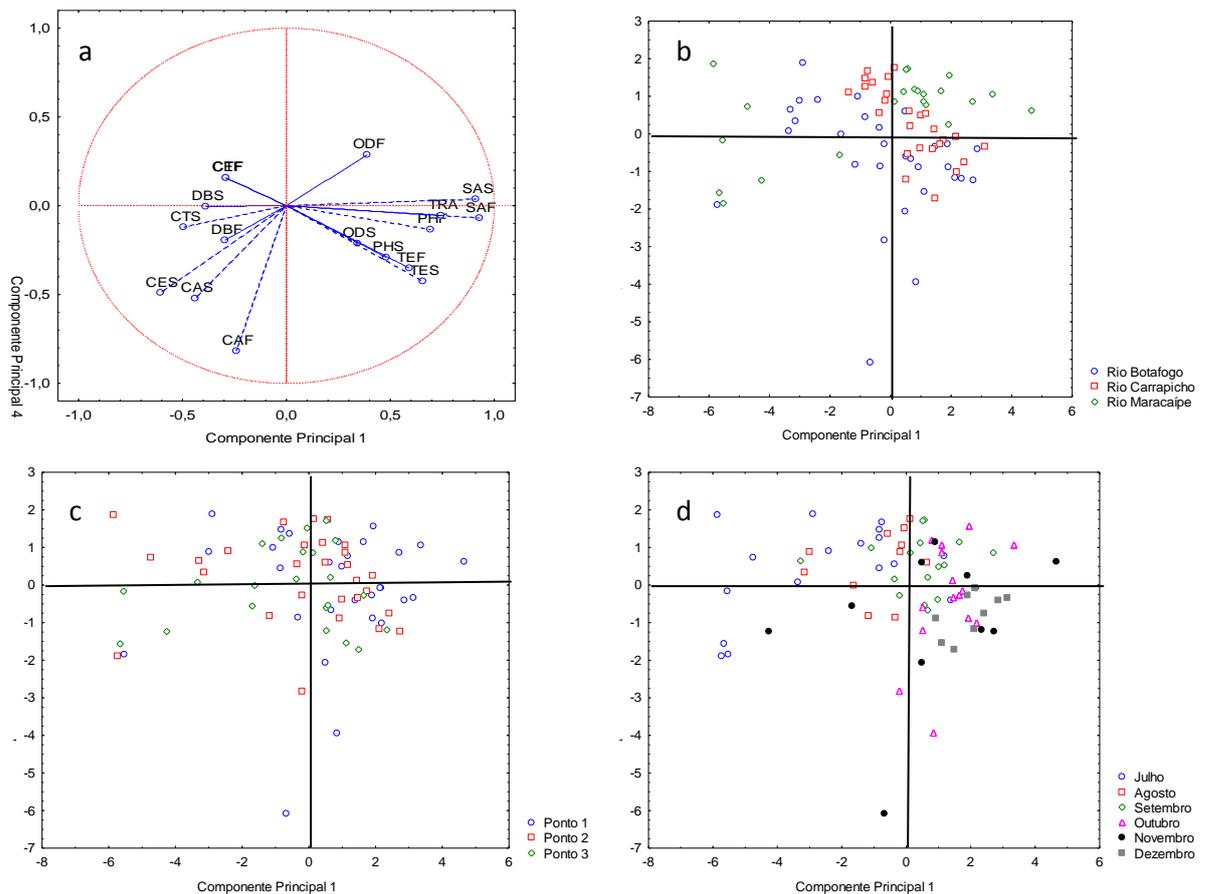


**Figura 42** - Componente Principal 1 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



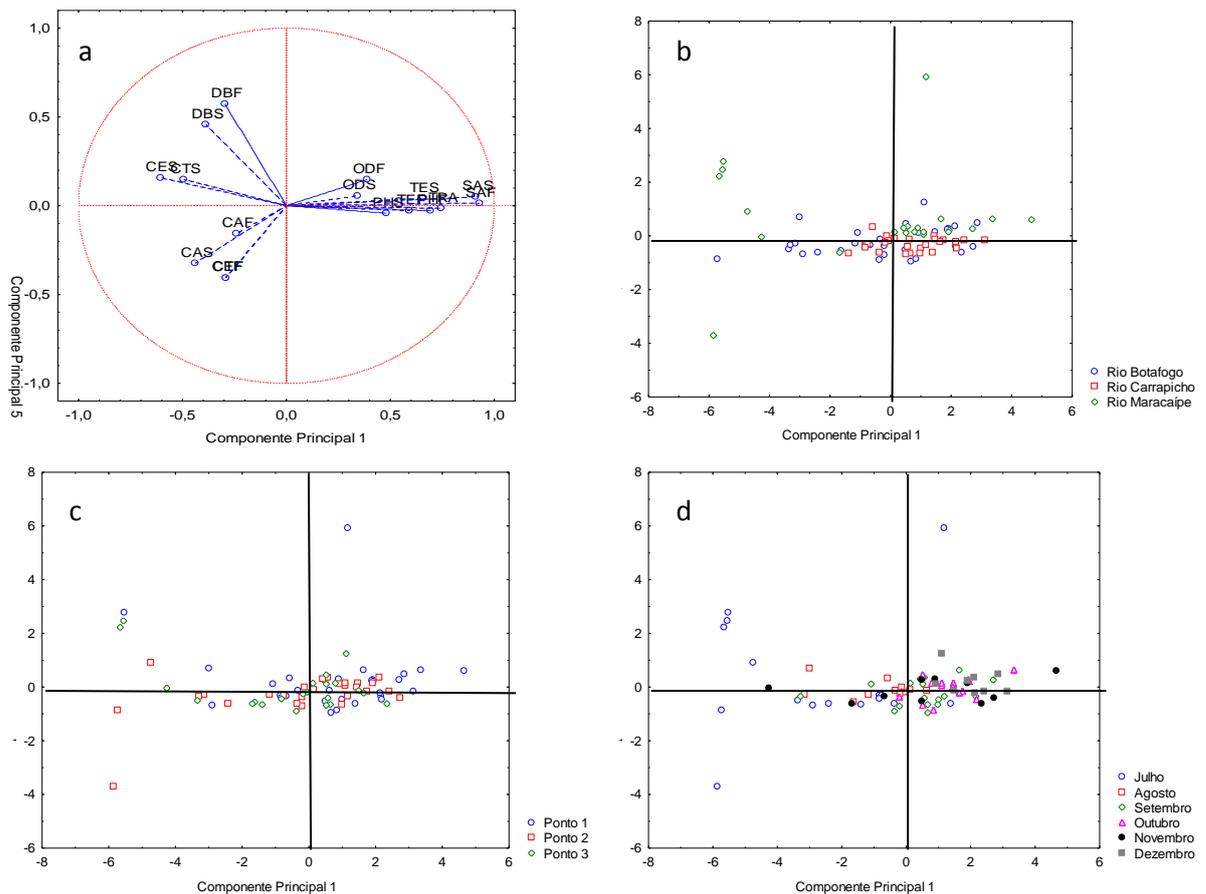
O CP 1 com o CP 3 observa-se a variação da temperatura, haja visto que estes dois componentes explicam muito bem este parâmetro, em relação ao mês (FIGURA 42 (d)) verifica-se que no mês de Julho os pontos estão mais no 3 quadrante mostrando menor temperatura porém, com o passar dos meses observa-se que os pontos vão caminhando para o primeiro quadrante evidenciando maior temperatura, os meses de Outubro, Novembro e Dezembro encontra-se praticamente neste quadrante. Pela FIGURA 42 (b) o rio Maracaípe encontra-se no eixo negativo do CP 3 devido a grande presença de coliformes, já o rio Botafogo se localiza no terceiro quadrante mostrando maior quantidade de clorofila a e o rio Carrapicho no segundo quadrante destacando valores mais alto para o oxigênio dissolvido e principalmente para o pH.

**Figura 43** - Componente Principal 1 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



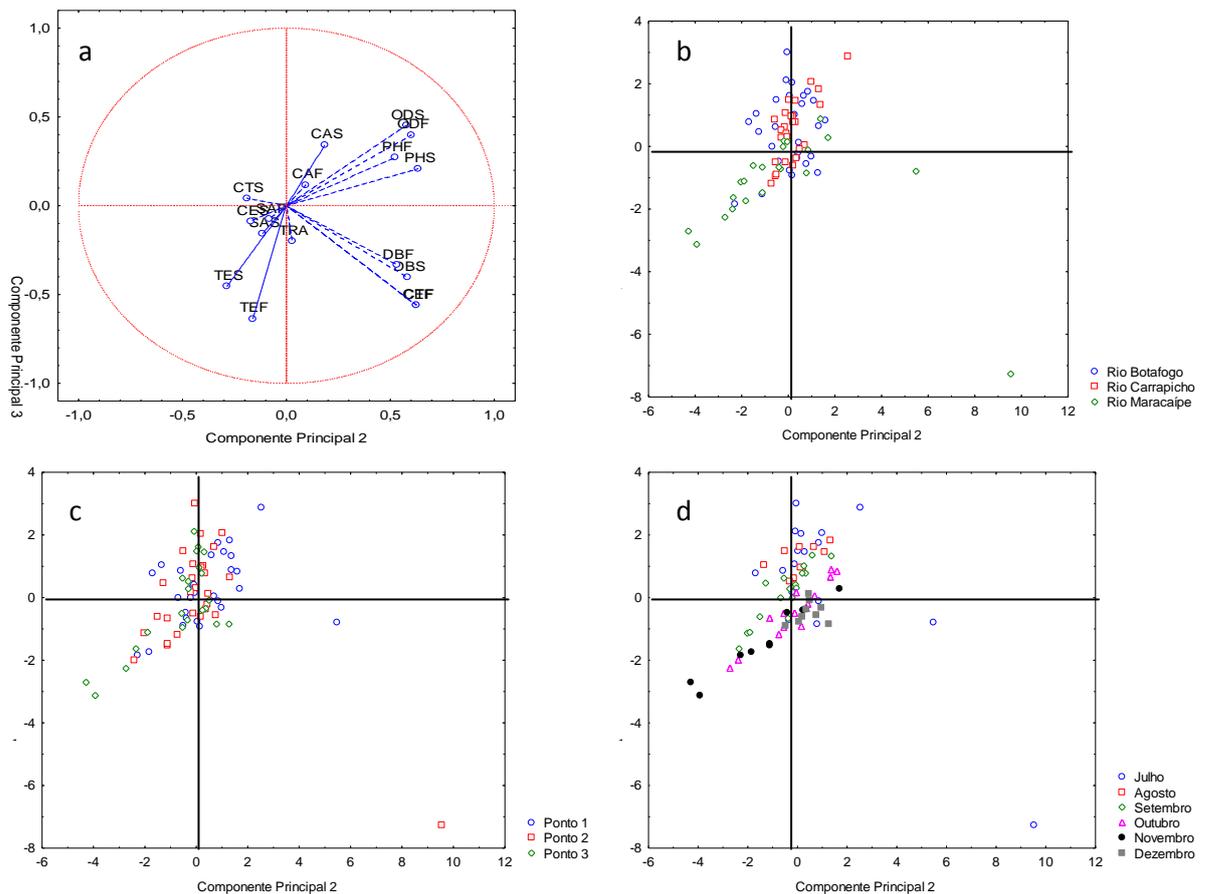
Observa-se que a temperatura não varia muito dentro do estuário quando avalia-se a FIGURA 43 (c) pois os pontos de coletas estão bem distribuídos dentro do gráfico. Pela FIGURA 43 (b) verifica-se que os estuários do rio Carrapicho e Maracaípe estão localizados mais a direita, demonstrando maior salinidade e transparência em relação ao estuário do rio Botafogo.

**Figura 44** - Componente Principal 1 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



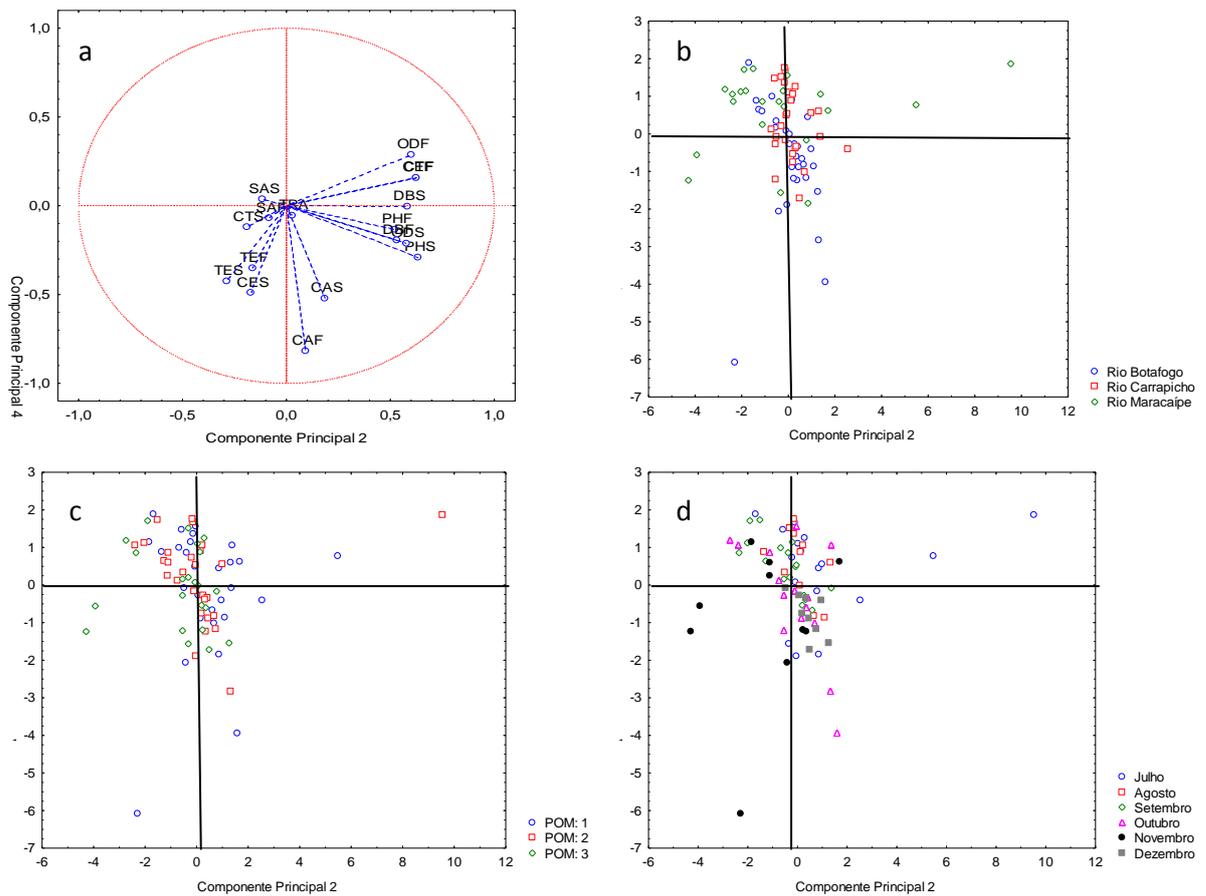
Observa-se na FIGURA 44 (b) que o estuário do rio Carrapicho encontra-se no lado positivo do CP 1 devido aos altos valores observados para sua transparência. O estuário Maracaípe encontra-se dispersos na FIGURA 44 (b) pois o mesmo apresenta valores mais altos para os coliformes com isso o CP 1 influencia estes pontos para seu lado negativo e o CP 5 para os dois lados. Na FIGURA 44 (d) verifica que o mês de Julho foi o que apresentou os maiores valores para os coliformes e para a clorofila a.

**Figura 45** - Componente Principal 2 versus Componente Principal 3 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



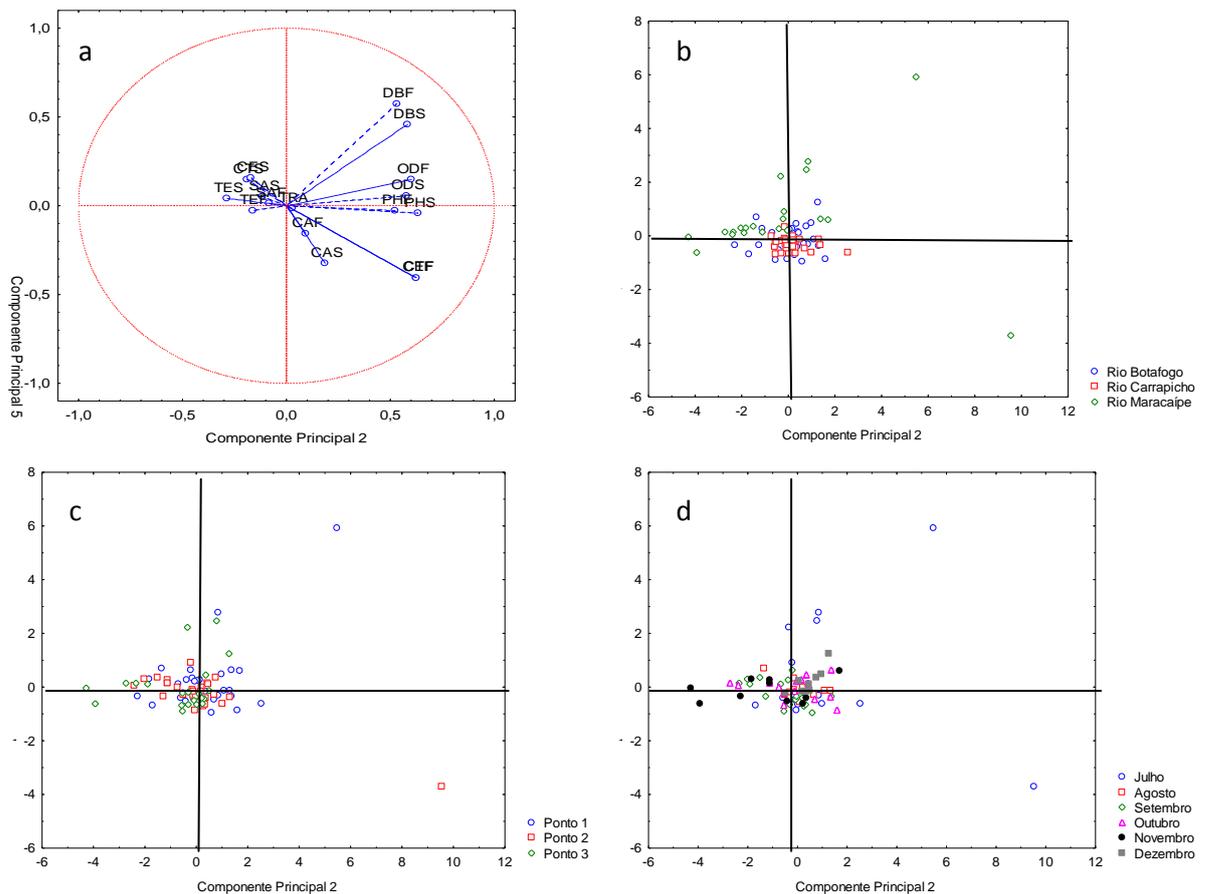
Na FIGURA 45 (b) observa-se que o estuário do rio Maracaípe encontra-se na parte negativa do CP 3, isto é referente a maior presença de coliformes em relação com os demais estuários deste trabalho. Existe um equilíbrio em relação a posição (ponto) em que foi coletado as parâmetros, pois não se identifica um grupo na FIGURA 45 (c).

**Figura 46** - Componente Principal 2 versus Componente Principal 4 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



Pela FIGURA 46 (b, c e d) encontra-se cinco pontos mais dispersos do grupo central, isto é influencia dos valores atípicos encontrados para o coliforme no estuário do rio Botafogo e Maracaípe nos meses de Julho e Dezembro. O CP 4 explica a Clorofila a, com isso observa-se o estuário do rio Botafogo mais no primeiro quadrante da FIGURA 46 (a).

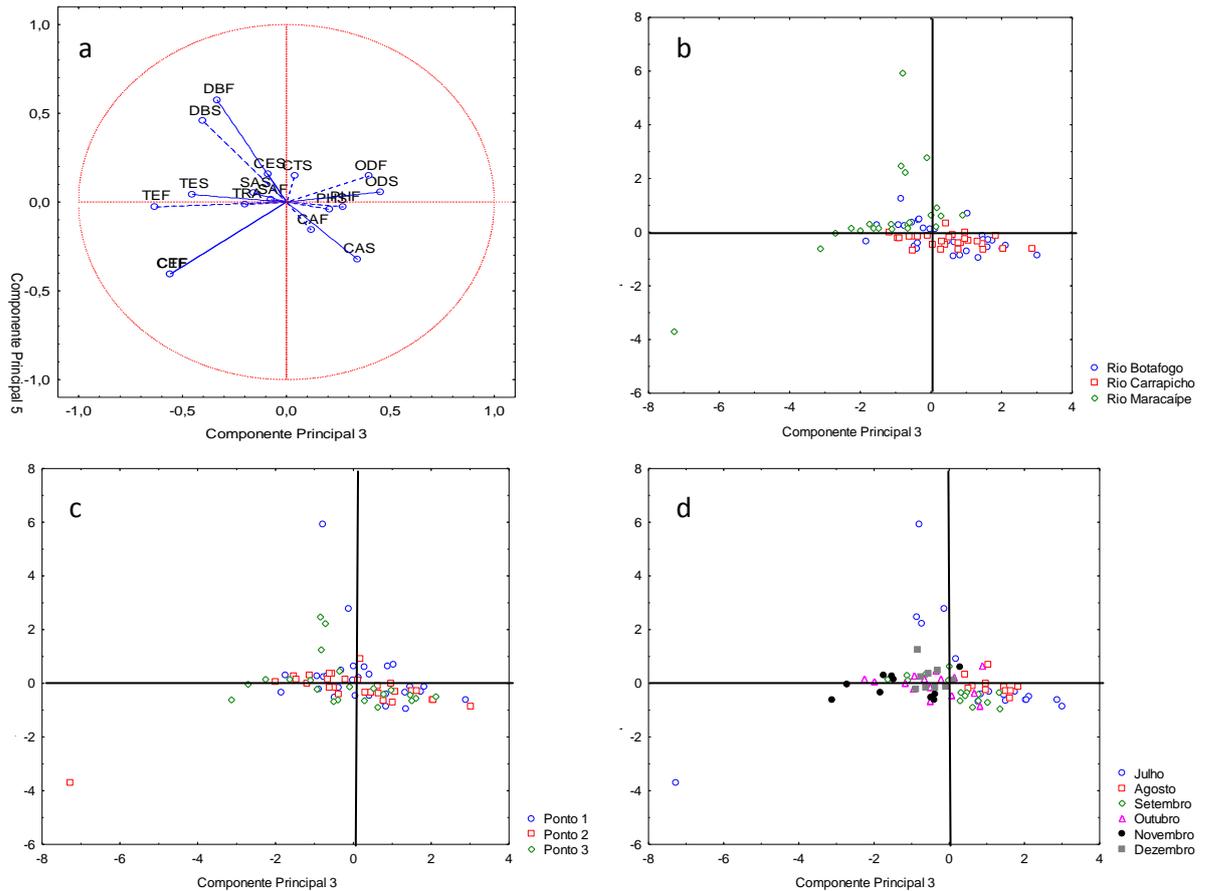
**Figura 47** - Componente Principal 2 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



O CP 2 com o CP 5 observa-se que o estuário do rio Carrapicho encontra-se distribuído no centro da FIGURA 47 (b), isto significa que este estuário possui pouca presença de coliformes e DBO no fundo do estuário tendo em vista que estes dois componentes explicam melhor estes parâmetros.

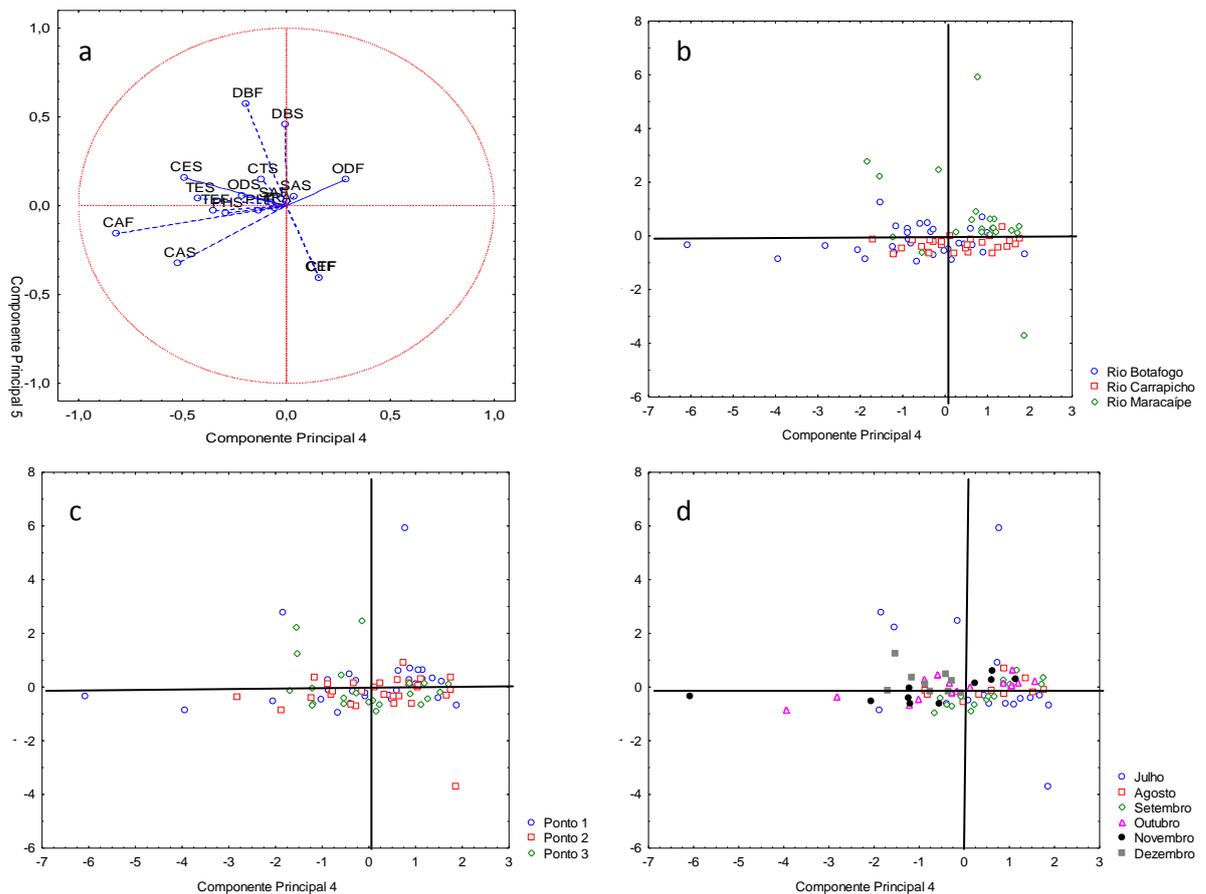


**Figura 49** - Componente Principal 3 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



O estuário do rio Maracaípe apresenta-se mais no lado esquerdo da FIGURA 49 (b) mostrando maior presença de coliformes no fundo do estuário e maior DBO em relação aos outros estuários. Dentro dos estuários não verifica-se uma diferença explícita do CP 3 com o CP 5 quando observa-se a FIGURA 49 (c).

**Figura 50** - Componente Principal 4 versus Componente Principal 5 por scores (a), por estuário (b), por ponto de coleta (c) e por mês (d) para a água - S=Superfície, F=Fundo, OD=Oxigênio Dissolvido, DB=Demanda Bioquímica de Oxigênio, CT=Coliforme Total e CE=Coliformes Termotolerantes, CA=Clorofila a, SA=Salinidade, TRA=Transparência, TE=Temperatura, PH=pH



O CP 4 explica melhor a clorofila a tanto na superfície quanto no fundo, assim quando observamos a variação do eixo horizontal da FIGURA 50 (b), o do CP 4, verifica-se que no lado esquerdo está completamente o estuário do rio Botafogo mostrando maior presença da clorofila a neste estuário.

- **Fitoplâncton**

No período de coleta foram encontrados 62 táxons de fitoplâncton distribuídos em seis divisões (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta e Dinophyta). Para o rio Botafogo foram encontrados 32 táxons distribuídos em 4 divisões, sendo 84,38% dos táxons pertencente a divisão Bacillariophyta, 6,25% da divisão Chlorophyta, 3,13% da divisão Cyanophyta e 6,25% da divisão Dinophyta, no rio Carrapicho foram encontrados 33 táxons distribuídos em 4 divisões, sendo 87,88% dos táxons da divisão das Bacillariophyta, 3,03% da divisão Chlorophyta, 6,06% da divisão Cyanophyta e 3,03% da divisão Dinophyta e para o rio Maracaípe 49 táxons distribuídos em 6 divisões sendo 57,14% pertencente a divisão das Bacillariophyta, 2,04% da divisão Charophyta, 20,41% da divisão Chlorophyta, 12,24% da divisão Cyanophyta, 4,08% da divisão Euglenophyta e 4,08% das Dinophyta. Mesmo apresentando maior variedade de táxons, o rio Maracaípe teve em média a presença de 10,5 táxons por coleta, já o rio Carrapicho 13,3 e o rio Botafogo 14,5.

As espécies mais frequente (que apareceram em mais de 50% das coletas) em cada um dos estuários foram: Rio Botafogo: *Nitzchia acicularis*, *Asterionellopsis glacialis*, *Cocinodiscus centralis*, *Gyrosigma balticum*, *Chaetoceros sp.*, *Guirdia sp.*, *Nitzchia longissima*, *Rhizosolenia sp.*, *Etmoneis palludosa*, *Cylindrotheca closterium*, *Surirella robusta*. Para o Rio Carrapicho foram: *Cocinodiscus centralis*, *Gyrosigma balticum*, *Odontella sp.*, *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros sp.*, *Ocellularia sp.*, *Etmoneis palludosa*, *Guirdia sp.*, *Surirella robusta* e *Nitzchia longissima*. Para o Rio Maracaípe foram: *Gyrosigma balticum*, *Chaetoceros sp.*, *Nitzchia sigma* e *Surirella robusta*.

Para verificar a relação desses táxons com as características físicas e químicas de cada estuário foi aplicado a técnica de análise de correspondência e observamos as seguintes características:

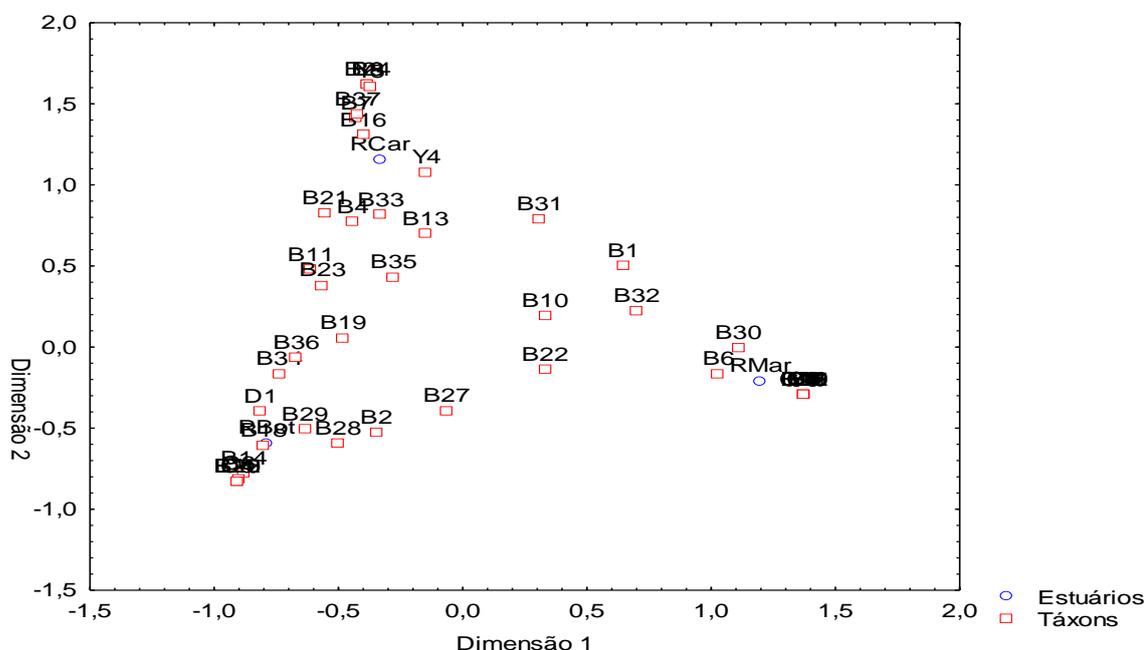
**Tabela 35** – Valores das coordenadas para cada um dos estuários juntamente com a Inércia – Coor=Coordenada, Dim=Dimensão

Estuário	Coor.	Coor.	Inércia	% Dim.	Inércia	% Dim.
	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 1	1	Dim. 2	2
<b>Rio Botafogo</b>	-0,7896	-0,5920	<b>0,3267</b>	<b>64,01%</b>	0,2751	35,99%
<b>Rio Carrapicho</b>	-0,3329	1,1535	0,0387	7,69%	<b>0,6959</b>	<b>92,31%</b>
<b>Rio Maracaípe</b>	1,1976	-0,2092	<b>0,6346</b>	<b>97,04%</b>	0,0290	2,96%

Através da inércia, observa-se que o estuário do rio Botafogo e do rio Maracaípe tem maior explicação através da dimensão 1 já o rio Carrapicho na dimensão 2.

Na FIGURA 51 observa-se os táxons que mais correspondem para cada estuário e na tabela abaixo a descrição de cada um dos táxons.

**Figura 51** - Mapa de Correspondência



Através da FIGURA 51 verificou que os táxons que mais correspondem com cada um dos estuários encontra-se nas TABELAS 36, 37 e 38 para o rio Maracaípe,

Botafogo e Carrapicho respectivamente. Para verificar estes táxons foram analisados a inércia de cada um deles para cada uma das dimensões.

**Tabela 36** - Divisões e Táxon que mais correspondem com o estuário do rio Maracaípe

Divisão / Táxon	
Bacillariophyta ( <i>Amphipleura pellucida</i> )	Chlorophyta ( <i>Xanthidium</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Aulacoseira</i> sp.)	Chlorophyta ( <i>Micrasterias</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Bacillaria</i> sp.)	Chlorophyta ( <i>Scenedesmus quadricauda</i> )
Bacillariophyta ( <i>Corethron</i> sp.)	Chlorophyta ( <i>Spirogyra</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Diploneis</i> sp.)	Chlorophyta ( <i>Staurastrum</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Melosira moniliformis</i> )	Cyanophyta ( <i>Lyngbya</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Nitzschia sigma</i> )	Cyanophyta ( <i>Planktothrix</i> sp.)
Charophyta ( <i>Hyalotheca dissiliens</i> )	Cyanophyta ( <i>Spiruli</i> sp.)
Chlorophyta ( <i>Closterium acerosum</i> )	Cyanophyta ( <i>Microcystis aeruginosa</i> )
Chlorophyta ( <i>Coelastrum</i> sp.)	Dinophyta ( <i>Gymnodinium</i> sp.)
Chlorophyta ( <i>Desmidium</i> sp.)	Dinophyta ( <i>Prorocentrum gracile</i> )
Chlorophyta ( <i>Eudori elegans</i> )	Euglenophyta ( <i>Euglena</i> sp.)
Chlorophyta ( <i>Golenkinia</i> sp.)	Euglenophyta ( <i>Phacus</i> sp.)

**Tabela 37** - Divisões e Táxon que mais correspondem com o estuário do rio Botafogo

Divisão / Táxon	
Bacillariophyta ( <i>Cocinodiscus centralis</i> )	Bacillariophyta ( <i>Nitzschia acicularis</i> )
Bacillariophyta ( <i>Cyclotella meneghinia</i> )	Bacillariophyta ( <i>Nitzschia longissima</i> )
Bacillariophyta ( <i>Cylindrotheca closterium</i> )	Bacillariophyta ( <i>Rhizosolenia</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Entomoneis alata</i> )	Bacillariophyta ( <i>Tabellaria</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Fragillaria crotonensis</i> )	Chlorophyta ( <i>Pediastrum duplex</i> )
Bacillariophyta ( <i>Frustulia rhomboides</i> )	Chlorophyta ( <i>Pseudostaurastrum lobulatum</i> )
Bacillariophyta ( <i>Guirdia</i> sp.)	Dinophyta ( <i>Peridinium</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Melosira</i> sp.)	Dinophyta ( <i>Oxyphysis</i> sp.)

**Tabela 38** - Divisões e Táxon que mais correspondem com o estuário do rio Carrapicho

Divisão / Táxon	
Bacillariophyta ( <i>Asterionellopsis glacialis</i> )	Bacillariophyta ( <i>Frustulia rhomboides</i> )
Bacillariophyta ( <i>Bellerochea</i> sp.)	Bacillariophyta ( <i>Leptocylindrus danicus</i> )
Bacillariophyta ( <i>Chaetoceros</i> sp.1)	Bacillariophyta ( <i>Odontella</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Chaetoceros</i> sp.2)	Bacillariophyta ( <i>Thalassionema</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Cymbella</i> sp.)	Cyanophyta ( <i>Oscillatoria</i> sp.)
Bacillariophyta ( <i>Ditylum</i> sp.)	Cyanophyta ( <i>Merismopedia</i> sp.)

Observa-se que o rio Maracaípe é o que apresenta a maior variedade de divisões. No rio Botafogo e Carrapicho têm maior correspondência com a divisão dos Bacillariophyta diferenciando do rio Maracaípe que possui em sua maioria a divisão dos Chlorophyta.

## 6 Discussão

A presença de metais traços em sedimentos estuarinos, dependendo de sua magnitude, pode acarretar em efeitos adversos ao ecossistema como também à saúde pública. Através das análises realizadas neste trabalho, identificou uma forte correlação positiva entre os metais Cromo (Cr), Arsênio (As), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e o Mercúrio (Hg) assim foi observado que o estuário do rio Botafogo apresentou em média a maior presença na maioria dos metais observados neste estudo em relação aos outros dois estuários analisados. Esta presença de metais em seu sedimento pode estar relacionado com os despejos das indústrias localizadas próximo a bacia do rio Botafogo, Hortellani *et al.* (2008) identificaram a contaminação por metais no estuário de Santos – São Vicente/SP, para eles a fonte poluidora pode ser originada dos despejos do pólo industrial existentes nas proximidades do rio, aos lixões, etc.

Em relação aos metais analisados no rio Botafogo vale destacar a elevada concentração de ferro e de mercúrio. A maioria dos valores observados para estes metais estão acima do estabelecido pela USEPA. Estes valores acima do permitido para que não haja efeitos adversos ao meio ambiente pode estar relacionado com os despejos de resíduos contaminados oriundo das indústrias instaladas nas proximidades do estuário. Lima em 2008 alertou sobre esta contaminação de mercúrio no estuário do rio Botafogo, segundo ele o maior vilão desta contaminação é a indústria de soda-cloro que foi instalada em 1964 na montante do estuário. Gomes *et al.*,(2009) também evidenciaram a contaminação do mercúrio no sedimento do estuário de Santos-SP, no referido estudo o autor ressalta que a presença do mercúrio em uma quantidade acima do permitido deve-se aos despejos locais e alerta em um maior controle ambiental com pólo industrial de Cubatão, das atividades portuários entre outros. Esta contaminação pode causar graves danos à biota aquática e as comunidades adjacentes. Vale lembrar que o mercúrio pode ser transmitido ao ser humano através de espécies aquáticas, como por exemplo, o peixe, via gastrintestinal acarretando em risco a sua saúde (QUINÁGLIA, 2006).

Em comparação aos limites estabelecidos pelo NOAA e USEPA, em média os estuários do rio Carrapicho e Maracaípe apresentaram valores dentro ou abaixo dos limites TEL e PEL ou abaixo do limite da USEPA, sugerindo que existe um equilíbrio dos metais avaliados com o meio ambiente.

O selênio e o cádmio presente nos três estuários analisados neste trabalho em menor concentração e de forma homogênea em todos os estuários não sendo um fator de risco ao ecossistema.

A presença do arsênio em todos os três estuários, pois este metal apresentou em média acima do estabelecido pelo TEL, porém abaixo do PEL. Em particular os valores observados de arsênio no rio Botafogo apresentaram mais da metade de suas observações acima do TEL.

Com relação ao período de coleta das amostras, no mês de agosto foram observados os maiores valores para todos os metais pesados analisados neste trabalho. Essa observação pode ser relacionada com o aumento da precipitação o que pode ter carregado estes tipos de metais para as áreas costeiras, entretanto Silva (2010) observou que estatisticamente a variabilidade sazonal no sedimento do parque do manguezais, na região metropolitana do Recife/PE, no período seco e chuvoso são indistinguíveis. Já Coimbra (2013) concluiu em seu estudo referente ao rio Maracáipe que para a presença de ferro, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco uma influência relevante da precipitação na adsorção destes metais no sedimento.

As amostras coletadas na superfície e no fundo do estuário (aproximadamente a 20 cm do fundo) demonstrou forte correlação entre os parâmetros pH, temperatura, clorofila a, salinidade, OD e o DBO, sendo a clorofila a, o DBO apresentando valores mais elevados no fundo, já para o pH, temperatura e o OD o inverso. Para os coliformes totais e termotolerantes não foram observadas correlações significativas entre a superfície e o fundo do estuário.

A quantidade de coliformes totais e termotolerantes encontrada na água do estuário do rio Maracáipe e do rio Botafogo é bem maior em relação ao estuário do rio Carrapicho. Este fato pode estar relacionado com o crescente processo de urbanização nas áreas próximas aos rios. Os estuários dos rios Botafogo e Maracáipe apresentaram em média uma contaminação pelo coliforme fecal. Entretanto, se avaliarmos pela mediana apenas o rio Maracáipe apresenta a maioria de seus valores acima do limite estabelecido pela resolução 357 do CONAMA. Assim o valor máximo encontrado no rio Botafogo influenciou a média para que ela ultrapassasse este limite. Vasco *et al.* (2010) também evidenciaram que a água do rio Vaza Barris em Sergipe está contaminada por coliformes devido às péssimas condições sanitárias desta localidade fazendo com que os efluentes domésticos sejam despejados no rio. A presença de coliformes termotolerantes ou fecais, é um

indicativo da existência de agentes patogênicos como por exemplo, o vírus da hepatite.

A clorofila a é mais presente no fundo dos estuários, segundo a classificação proposta por Passavante em 2003 o rio Botafogo diferencia em média de sua classificação com os demais estuários sendo o mesmo com maior produção de fitoplâncton e pertencendo a classificação dos eutrófico. Santiago (2005) verificou no estuário do rio pisa sal em Galinhos/RN que no período chuvoso a presença da clorofila a é mais abundante, fazendo com que segundo a classificação de Passavante o estuário no período chuvoso fosse classificado como hipereutrófica, com uma altíssima produção de fitoplâncton, e no período seco como eutrófico, com alta produção de fitoplâncton. Entretanto, para os três estuários analisados neste trabalho não foi observado esta influencia da chuva para o aumento da presença da clorofila a.

A salinidade encontrada nos estuários estudados possui forte correlação com sua transparência, quanto maior for o nível da salinidade maior é a sua transparência, esta relação pode ter influência com a proximidade com o mar, pois quando mais próximo do mar a salinidade é maior e devido ao grande fluxo da água acaba renovando o ambiente proporcionado maior transparência na água. Santiago (2005) também observou em seu trabalho esta relação da salinidade com a transparência.

A comunidade de fitoplâncton encontrada em cada um dos estuários sofrem mudanças decorrente as variações de salinidade, temperatura, clorofila a, das mares entre outros. Foi analisado em todos os estuários deste trabalho que as diatomáceas, que pertencem a divisão das bacillariophyta, são predominantes com mais de 84% nos estuários do rio Botafogo e Carrapicho e mais de 55% para o estuário do rio Maracáipe . Procopiak *et al.* (2006) em seu estudo referente as diatomáceas na região sul do país constatou que este tipo de espécie é predominante em ambientes estuarinos, os autores correlacionam esta abundância a sua característica adaptativa para as variações na salinidade. Em Pernambuco Feitosa *et al* (1999) e Honorato da Silva *et al.* (2009) constataram em seus trabalhos que no estuário do rio goiana e no estuário do rio formoso as diatomáceas também são predominantes nestes estuários com 75% dos táxons encontrados.

Para os três estuários analisados neste trabalho a segunda maior presença foi das Chlorophyta. Barbosa (2011) também identificou no estuário de São Francisco

em Alagoas/Sergipe que as Clorophyta foram o segundo grupo mais presente de fitoplâncton, além de Barbosa pode-se citar Feitosa et al. (1999) em seu estudo no estuário do rio Goiana-PE e Paiva et al, (2006) na bacia do Guajará-PA que obtiveram o mesmo resultados. Segundo o estudo realizado no estuário do rio Bach Dang localizado no Vietnã por Rochelle-Newall et al., (2011) observou que o destaque das clorophyta ocorreram onde foram observados os menores resultados para a salinidade.

Os dinoflagelados, que pertencem a divisão dinophyta, aparecerem em menor proporção, cerca de 5%, haja visto que estas espécies são predominantes de águas oceânicas. Koenig (2002) observou que no estuário do rio Ipojuca-PE antes da construção do porto de SUAPE em que a esta divisão representava aproximadamente 4% da população de fitoplâncton. Após a construção do porto de SUAPE esta população subiu para aproximadamente 28%, um aumento de 700%. Neste caso o fluxo marinho nos estuários deste trabalho encontra-se de forma equilibrada haja visto que a comunidade de fitoplâncton dos dinoflagelados encontra-se em pequena proporção.

## 7 Conclusão

- As indústrias nas proximidades do estuário, através de seus resíduos, acabam contaminando os sedimentos dos estuários por metais, como foi visto no estuário do rio Botafogo;
- As más condições sanitárias em cidades, vilas, etc. que se fixam próximos aos estuários ou rios acabam contaminando a água por coliformes fecais, fato analisado no rio Maracaípe;
- Um bom manejo na carcinicultura e na agricultura em geral não causa impactos relevantes no ecossistema aquático, como o estuário. O estuário do Rio Carrapicho demonstra isto;
- O estuário do Rio Botafogo está contaminado em seu sedimento por mercúrio (Hg) e ferro (Fe), além de apresentar altíssimas quantidades de metais nos limites críticos;
- Os vilarejos nas proximidades do Rio Botafogo acabam influenciando em sua contaminação por coliformes fecais;
- O grande aumento da população e o não acompanhamento nas condições sanitárias nas proximidades do estuário do Rio Maracaípe, acabaram contaminando a água deste ambiente por coliformes termotolerantes;
- O Rio Carrapicho em comparação com os outros estuários analisados neste trabalho foi o que apresentou a melhor condição para a água;
- O Rio Maracaípe, em relação ao sedimento, é o que apresentou a melhor qualidade em comparação aos estuários do Rio Botafogo e Carrapicho

## 8 Referências Bibliográficas

ALLEN, M. A, 1997. The Public Health Significance Of Bacterial Indicators In Drinking Water. In: Coliforms and E. coli: Problem or Solution? D. Kay e C. Fricker Ed. London. p.176-181.

ALMEIDA, Marcelo G.; REZENDE, Carlos E.; SOUZA, Cristina M. M. Variação temporal, transporte e partição de Hg e carbono orgânico nas frações particulada e dissolvida da coluna d'água da bacia inferior do rio Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, v. 21, n. 1, p. 111–128, 2007.

APHA, AWWA, WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater. 19a. ed. Washington.

AZEVEDO, F.A. e CHASIN, A.A.M. Metais: Gerenciamento de Toxidade. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

BAIRD, COLIN. Química Ambiental. 2ª Ed. – Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.

BARBOSA, W. F. de A. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica do Estuário do Rio São Francisco. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

BASSOI, Lineu José; GUAZELLI, Milo Ricardo. Controle ambiental da água. In: PHILIPPI JR., Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet (Eds.). Curso de gestão ambiental. Barueri: Manole, 2004. cap. 3, p. 53-99

BENZECRI, J.P. Statistical analysis as a tool to make patterns emerge from data, In *Methodologies of Pattern Recognition*, (1969, Ed. S. Watanabe, pp. 35-74. [8] LEBART, L.; MORINEAU, A. e WARWICK, K. M., *Multivariate Descriptive Statistical Analysis: Correspondence Analysis and Related Techniques for Large Matrices*, 1984, New York: J. Wiley e Sons.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 053, p. 58-63, 17 mar. 2005.

CARROL, J.D., GREEN, P.E. e SCHAFFER, C. Interpoint Distances Comparisons in Correspondence Analysis, *Journal of Marketing Research* 23, (August, 1986), 1981, pp. 271-280.

CERQUEIRA, D. A & HORTA, M. C. DE SÁ. 1998. Coliformes fecais não existem. Belo Horizonte/MG; UFMG – COPASA.

CETESB . Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, 1999.

CHARRIERE, G. D. ; MOSSEL, A, A, BEAUDEAU E LECLERC, H. 1994. Assessment of The Marker Value of Various Components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of Enterococcus spp. For the Official Monitoring of Drinking Water Supplies. Journal of Applied Bacteriology, p. 336- 344.

COIMBRA, C. D. Determinação da Concentração de Metais Traço em Sedimentos do Estuário do Rio Maracaípe – PE/Brasil. Dissertação de Mestrado. Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP/OS. 2013.

CRPH -<http://www.cprh.pe.gov.br> ; Acessado em 05 de Fevereiro de 2015

CULTURA MIX - <http://www.culturamix.com/category/meio-ambiente> Acessado em 05/02/2015

CURTIUS, ADILSON J., SEUBERT, EDSON.L.; FIEDLER, HAIR. Evaluating Trace Element Contamination in Mariculture Activities: Partial Results of a Case Study Carried out in the Costal Region of Santa Catarina, Brazil. Química Nova, Jan/Fev. 2003, vol.26, n°1.p.44-52. ISSN 0100-4042.

CZERMAINSKI, A.B. Análise de correspondência, Piracicaba, 2004. Disponível em: <http://ce.esalq.usp.br/tadeu/anabeatriz.pdf>. Acesso em: 07 de Abril 2012.

DUNN, O. J. Multiple comparisons using rank sums. Technometrics, v.6, n.3, p.241-52, 1964

FAIRBRIDGE, R. W. The Estuary: its Definition and Geodynamic Cycle. In: Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries, E. Olausson & I. Cato (Eds.) p1-35, Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York.1980

FARIA, R. T. de. Tratamento de dados Multivariados através da Análise de Correspondência em Rochas Carbonáticas, Dissertação (Mestrado em Geoengenharia de Laboratório) Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 1993.

FEITOSA, F. A. N.; SILVA-CUNHA, M. G. G., PASSAVANTE, J. Z. O.; NEUMANN-LEITÃO, S.; LINS, I. C. Estrutura do fitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiana, Pernambuco, Brasil. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 27, n.2, p. 15-25, 1999.

FRANCO, Renato Alberto Momesso; HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino. Qualidade de água na microbacia do Coqueiro, noroeste do Estado de São Paulo. Water Resources and Irrigation Management, Bahia, v. 1, n. 1, p. 61-69, 2012

GASPAR, Felipe Lima. Análise da concentração de fósforo em sedimentos dos rios Botafogo e Carrapicho, no sistema estuarino do Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia)–Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

GOMES, V. P.; AMARAL, C.; JUNIOR, L. C. G. N.; CESAR, A.; ABESSA, D. N. S. Avaliação da Contaminação por Mercúrio nos Sedimentos do Estuário de Santos-SP, Brasil. *Revista Ceciliana* 1(2): 29-33, 2009.

GREENACRE, M. J., Practical correspondence analysis. In: *Looking at Multivariate Data*, Cap.III, New York, 1981, J. Wiley e Sons.

GREENACRE, M.J. *Theory and Application of Correspondence Analysis*, Academic Press, London, 1984.

GREENACRE, M.J., The Carrol-Green-Shaffer Scaling in Correspondence Analysis: A Theoretical and Empirical Appraisal, *Journal of Marketing Research*, Vol 26 (August, 1989). pp. 358-65

HELCIAS, P. In: [www.portalbonito.com.br/colunas/helcias.asp?id=44](http://www.portalbonito.com.br/colunas/helcias.asp?id=44). site visitado em 20/08/2004.

HONORATO DA SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. O.; GREGO, C. K. S, MUNIZ, K. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta Botanica brasílica*, v. 23, n. 2, p. 355-368, 2009;

HORTELLANNI, M. A., SARKIS, J. E. S., ABESSA, D. M. S., SOUSA, E. C. P. M. Avaliação da Contaminação por Elementos Metálicos dos Sedimentos do Estuário Santos-São Vicente, *Química Nova*, Vol. 31, No. 1, 10-19, 2008.

KJERFVE, B. (2002).; MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. *Princípios de oceanografia Física de estuários*. Edusp. 411p.

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MACÊDO, S. J. de. Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta Botanica Brasílica*, São Paulo, v. 16, n.4, 2002.

LAGARDE, J. *Initiation à Lanalyse des Données*, Dunod, Paris,1995.

LIMA, E. de A. M. Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Prognóstico Geoquímico Ambiental da Zona Estuarina do Rio Botafogo, Pernambuco. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

LIMA, T. (Eds). *Gerenciamento Participativo de Estuários e manguezais*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. p.7-25.

LÓPEZ, L., MILLÁN, F., LO MÓNACO, S., 1999. Caracterización de ácidos húmicos extraídos de los Llanos, estado Barinas, Venezuela. *Maracay, Rev. Fac. Agron.*, 25:41–56.

MACÊDO, S. J.; FLORES-MONTES, M. J.; LINS, I. C. Características abióticas da área. In: BARROS, H. M. et al. (Eds). Gerenciamento participativo de estuários e manguezais. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. p. 7-25.

MEYERS, P.A., EADIE, B.J., 1993. Sources, degradation, and recycling of organic matter associated with sinking particles in Lake Michigan. *Organic Geochemistry*, 20:47-56.

MIRANDA, J. B.; SILVA, H. K. P. Avaliação da contaminação por metais pesados nas áreas estuarinas de Pernambuco: Uma revisão bibliográfica. *CIENTEC: Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE*, Recife, v.3, n. 1, jul. 2011.

MONTES, M. F.; NASCIMENTO FILHO, G. A. do. Água como indicador ambiental. In: NEUMANN-LEITÃO, Sigrid; EL-DEIR, Soraya (Orgs.). *Bioindicadores da qualidade ambiental*. Recife: Instituto Brasileiro Pró-Cidadania, 2009, p. 81-91.

MURRAY, P.R., ROSENTHAL, K.S., KOBAYASHI, G.S., PFALLER, M.A. 2000. *Microbiologia Médica*. 3ª ed. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro. 604p.

PAIVA, R. S.; ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G., MELO, N. F. A. C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 1, n. 2, p. 133-146, 2006.

PASSAVANTE, José Zanon de Oliveira . Produção fitoplan ctônica do estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). In. *CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA*, 10., 2003, Recife. Anais... Recife, 2003. CDROM, p.1- 2.

PHILIPPI JR, Arlindo; BRUNA, Gilda Collet; ROMERO, Marcelo de Andrade. (Eds.). *Curso de gestão ambiental*. Barueri: Manole, 2004.

PRITCHARD, D. W. What is an Estuary: Physical Viewpoint. In: *Estuaries*. G. H. Lauff (Ed.) American Association for the Advancement of Science, nº 83, Washington D. C. 1967

PROCOPIAK, L. K.; FERNANDES, L. F.; MOREIRA-FILHO, H. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase nocivas. *Biota Neotropica*, São Paulo, v.6, n.3, p. 1-27, 2006.

QUINÁGLIA, Gilson Alves. Caracterização dos níveis basais de concentração de metais nos sedimentos de sistema estuarino da baixada santista. São Paulo 2006 tese de doutorado

ROCHA, J. C. ROSA, A. H. CARDOSO, A. A. *Introdução à química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.

ROCHELLE-NEWALL, E. J.; CHU, V. T.; PRINGAULT, O.; AMOUROUX, D.; ARFI, R.; BETTAREL, Y.; BOUVIER, T.; GOT, P.; NGUYEN, H.; MARI, X.; NAVARRO, P.; DOUNG, T. N.; CAO, T. T. T.; PHAM, T. T.; OUIILLON, S.; TORRÉTON, J. P.

Phytoplankton diversity and productivity in a highly turbid, tropical coastal system (Bach Dang Estuary, Vietnam). *Biogeosciences Discussions*, v. 8, p. 487-525, 2011.

SANTIAGO, M. F., PASSAVANTE, J. Z. de O., SILVA-CUNHA, M. de G. G. Caracterização de Parâmetros Físicos, Químicos e Biológico em Ambiente Hipersalino, Estuário do Rio Pisa Sal (Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil) *Tropical Oceanography*, Recife, v. 33, n. 1, p. 39-55, 2005.

SANTOS, POLIANA CLARA PEREIRA dos, 2013, AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS HIDROBIOLÓGICOS E AMBIENTAIS DO RIO ITAPESSOCA, GOIANA – PE. Dissertação de Mestrado. ASSOCIAÇÃO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO – ITEP/OS

SCHNITZER, M., KHUAN, S.U., 1972. *Humic Substances in the Environment*. New York, Marcel Dekker Inc., 326 p.

SHUQAIR, Shuqair Mahmud Said. Estudo de contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de fiqueira no estado do Paraná. Tese de doutorado, São Paulo 2002

SILVA, H. K. P. da Avaliação das Concentrações de Metais-Traço e suas interações nos Sedimentos e Biota do Parque dos Manguezais, Região Metropolitana do Recife (RMR), Pernambuco, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

SILVÉRIO, P.F. Bases Técnico – Científicas para a Derivação de Valores-Guias de Qualidade de Sedimentos para Meais: Experimentos de Campo e Laboratório. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

THOMAS, B. R.; WILLIAMS, S. F. & GRANT, P. 1997. Development and Evaluating of a new system for the simultaneous enumeration of Coliforms and E. coli Celsis Ltd 1997 In: *Coliforms and E. coli: Problem or Solution?* D. Kay e C. Fricker Ed. London. p. 40-48.

TUCCI, Carlos E. M; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar e M. *Gestão da água no Brasil*. Brasília, DF: UNESCO, 2001. 156 p.

UNEP, *Marine and Coastal Ecosystems and Human Well-Being: A Synthesis Report Based on the Findings of the Millennium Ecosystem Assessment* (UN Environment Programme, Nairobi, 2006).

USEPA, *Quality criteria for water*. Washington, D.C: Office of Water Regulations and Standards, 1986

USEPA. *Mid Atlantic Integrated Assessment Estuaries (MAIA-E) 1997-98. Summary Report Report*, EPA/620/R-02/2003. U.S. Environmental Protection Agency, Atlantic Ecology Division, Narragansett, RI, 2002.

VAITSMAN, D.S, et AL. Para que Servem os Elementos Químicos. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

VASCO, A. N., MELLO JUNIOR, A. V., SANTOS, A. C. A. da S., RIBEIRO, D. O., TAVARES, E. D., NOGUEIRA, L. C. Qualidade da água que entra no estuário do rio Vaza Barris pelo principal fluxo de contribuição de água doce. Scientia Plena, Vol. 6, NUM. 9, 2010.