

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIENCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE**

**JOYSE DE MESQUITA LINDOSO DE SÁ**

**AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DE ÁGUAS COSTEIRAS NA BAÍA DE SÃO  
MARCOS EM SÃO LUIS, MARANHÃO.**

**SÃO LUIS**

**2014**

**JOYSE DE MESQUITA LINDOSO DE SÁ**

**AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DE ÁGUAS COSTEIRAS NA BAÍA DE SÃO  
MARCOS EM SÃO LUIS, MARANHÃO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Energia e Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Teresa Cristina Rodrigues dos Santos Franco

Co-orientador: Prof. Dr. Ulisses Magalhães Nascimento

**São Luis**

**2014**

Sá, Joyse de Mesquita Lindoso de

Avaliação do monitoramento de águas costeiras na baía de São Marcos em São Luís, Maranhão/ Joyse de Mesquita Lindoso de Sá. – São Luís, 2014.

83f

Orientadora: Teresa Cristina Rodrigues dos Santos Franco.

Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, 2014.

1. Estuário 2. Avaliação 3. Monitoramento 4. Qualidade 5. Região Portuária

CDU 556.51(812.1)

JOYSE DE MESQUITA LINDOSO DE SÁ

**AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DE ÁGUAS COSTEIRAS NA BAÍA DE SÃO  
MARCOS EM SÃO LUIS, MARANHÃO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente.

Aprovada em:     /     /

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Teresa Cristina dos Santos Franco  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Ulisses Magalhães Nascimento  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Luís Edmundo Bastos Soledad  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Ozelito Possidônio de Amarantes Júnior  
Instituto Federal de Educação Tecnológica do Maranhão

*“Talvez meio caminho andado seja a gente acreditar no que faz. Mas acima de tudo, o que mais nos incentiva, que mais nos valoriza e também mais nos torna conscientes de nossa responsabilidade, é saber que outros crêem em nós. E não há palavras que descrevam o que sentimos ao saber dos sacrifícios a que eles se impõem por crerem não apenas em nós, mas também no que cremos...”*

Albert Einstein

Ao meu filho, João Pedro, o meu coração fora do corpo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus pela força, pela coragem, pelo seu infinito amor a mim e por mais este aprendizado.

À minha amada mãe, Dorenice, pelo amor constante, pela enorme paciência e pelos ensinamentos. Ao meu pai, Julião, por seu amor. Sem vocês eu não teria conseguido chegar até onde cheguei.

Ao meu amado esposo, Eduardo, por seu amor, paciência e compreensão em todos os momentos. Você sabe o quanto você é importante para mim e todo esse trabalho não seria possível sem você.

Ao meu filho, João Pedro, que tem um sorriso lindo e me fala “mamãe, eu te amo do tamanho do mundo” todos os dias.

Às minhas irmãs e irmão por todas as horas. E à minha tia Ilza por seu carinho de sempre.

À minha amiga Ticiane Andréa por sua amizade sincera e por sua ajuda em entender as incertezas.

À Professora Teresa Cristina por acreditar que fosse possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Ulisses pela orientação e explicações.

Ao meu colega de mestrado, Fábio Ferreira Marques, por todas as horas de conversas e pelo companheirismo em todo o curso.

A todos os colegas da 2ª turma do mestrado em Energia e Ambiente, em especial às meninas, Kerlen, Vilena, Claudicéia, Adriana e Mônica pela força nesses últimos meses antes da entrega da dissertação.

À Mônica, secretária do curso, pelo apoio e esclarecimentos de dúvidas.

A todos da Gerência de Sustentabilidade Norte pelo apoio, em especial a todos da antiga equipe do Porto, Jaciara, Marcelle, Brunella, Samantha, Beatriz, Rejane, Joema, Paulo Costa, Paulo Rogério, Ana Valéria, Evaldo e Eduardo, e também a todos da supervisão de Monitoramento e Licenciamento Ambiental, Rosa, Nina, Wyrna, Rafael, Ana Rita e Cristina.

A todos que não citei e foram fundamentais, meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

O trabalho apresenta uma avaliação dos dados de monitoramento físico-químico feito para as águas da Baía de São Marcos em São Luis, Maranhão. Foram investigados 6 (seis) pontos de monitoramento ao longo da Baía, distribuídos nos períodos de chuva e seca e condições das marés enchente e vazante, do ano 2008 a 2013. Os pontos de monitoramento foram selecionados de forma a representar a área completa da Baía de São Marcos, verificando-se a situação ambiental e o efeito causado pelas atividades antrópicas na região. Parâmetros físico-químicos de qualidade da água, tais como pH, salinidade, turbidez, transparência, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sulfeto, chumbo total, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e zinco total foram avaliados, tomando-se como base a Resolução CONAMA 357/05. A avaliação mostrou que na Baía de São Marcos predominam águas com características neutras, com valor médio de pH variando de 7,6 a 7,9 nos pontos monitorados. A média da salinidade calculada para cada ponto manteve-se em torno de 25, índice que caracterizou o ambiente como constituído por águas salobras. No período chuvoso (abril a julho), os teores dos metais excederam aos valores permitidos em todos os pontos monitorados, observando-se maior ocorrência nos pontos próximos a área industrial. O comportamento desses metais está associado a vários fatores físicos e químicos e às várias atividades antrópicas que acontecem na região em estudo. Os demais parâmetros apresentaram médias dentro dos limites estabelecidos para o tipo de ambiente investigado. Considerando-se as incertezas expandidas dos métodos analíticos, os parâmetros analisados mostraram considerável probabilidade de exceder o limite legal permitido pela legislação na maioria dos pontos monitorados, principalmente os parâmetros pH e manganês total. Para os parâmetros níquel total e zinco total, os valores máximos permitidos não foram excedidos. Verificou-se, assim, que o ambiente monitorado apresenta-se alterado e necessita, portanto, ser mais detalhadamente avaliado em estudos futuros.

**Palavras chave:** estuário, avaliação, monitoramento, qualidade, região portuária.



## ABSTRACT

The paper presents an assessment of physico-chemical monitoring data made for the waters in f São Marcos Bay, São Luis, Maranhão. Selected six (6) monitoring stations in São Marcos Bay, distributed during rainy and dry seasons and the ebb and flood tides, the year 2008-2013. The monitoring stations were selected to represent the San Marcos Bay, checking for the environmental situation and the effect by human activities in the region. The physical and chemical water quality parameters, pH, salinity, turbidity, transparency, electrical conductivity, dissolved oxygen, sulfide, total lead, dissolved iron, manganese total and total nickel zinc were evaluated based on CONAMA 357/05. The analysis showed that it was a predominance of neutral waters, average pH ranging from 7.6 to 7.9 in the monitoring stations in São Marcos Bay. The average salinity calculated for stations has remained around 25. This rate characterized the environment as to brackish water. During the rainy season (April to July), the concentration of metals that showed violations of legal standards in all monitoring stations, with a higher occurrence near the industrial area. The behavior of these metals is associated with various physical and chemical factors and the various human activities that take place in the region under study. The other parameters the other parameters presented average had means within the limits established for this type of water. For this type of water. Considering the expanded uncertainties of the analytical methods, the parameters analyzed showed considerable probability that showed violations of legal standards in most of the monitoring stations, especially pH and Total Manganese parameter. The nickel total and total zinc parameters legal standards aren't exceeded. It is therefore the monitored environment has changed and is therefore needs to be evaluated more fully in future studies.

**Keywords:** São Marcos Bay, evaluation, monitoring, quality, harbor zone.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Gráfico de precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2008

Gráfico 02 – Gráfico de precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2009

Gráfico 03 – Gráfico de precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2010

Gráfico 04 – Gráfico de precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2011

Gráfico 05 – Gráfico de precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2012

Gráfico 06 – Gráfico de precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2013

Gráfico 07 – Gráfico de Turbidez (maré vazante)

Gráfico 08 – Gráfico de Turbidez (maré enchente)

Gráfico 09 – Gráfico de Transparência (maré vazante)

Gráfico 10 – Gráfico de Transparência (maré enchente)

Gráfico 11 – Gráfico de Condutividade Elétrica (maré vazante)

Gráfico 12 – Gráfico de Condutividade Elétrica (maré enchente)

Gráfico 13 – Gráfico de pH (maré vazante)

Gráfico 14 – Gráfico de pH (maré enchente)

Gráfico 15 – Gráfico de Oxigênio Dissolvido (maré vazante)

Gráfico 16 – Gráfico de Oxigênio Dissolvido (maré enchente)

Gráfico 17 – Gráfico de Sulfeto (maré vazante)

Gráfico 18 – Gráfico de Sulfeto (maré enchente)

Gráfico 19 – Gráfico de Chumbo Total (maré vazante)

Gráfico 20 – Gráfico de Chumbo Total (maré enchente)

Gráfico 21 – Gráfico de Ferro Dissolvido (maré vazante)

Gráfico 22 – Gráfico de Ferro Dissolvido (maré enchente)

Gráfico 23 – Gráfico de Manganês Total (maré vazante)

Gráfico 24 – Gráfico de Manganês Total (maré enchente)

Gráfico 25 – Gráfico de Níquel Total (maré vazante)

Gráfico 26 – Gráfico de Níquel Total (maré enchente)

Gráfico 27 – Gráfico de Zinco Total (maré vazante)

Gráfico 28 – Gráfico de Zinco Total (maré enchente)

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 01 – Área Portuária da Ilha de São Luis na Baía de São Marcos.

Figura 02 – Baía de São Marcos (área de estudo).

Figura 03 – Localização dos pontos de monitoramento na área de estudo.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Usos pretendidos por classe de qualidade para as águas salinas e salobras.

Tabela 02 – Padrões de qualidade do corpo hídrico segundo os parâmetros utilizados nesse trabalho, associados às diversas classes dos corpos d'água.

Tabela 03 – Pontos de Monitoramento e Coordenadas Geográficas.

Tabela 04 – Número do método de análise dos parâmetros recomendados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater\**.

Tabela 05 – Resultados de monitoramento para o parâmetro salinidade.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

GPS – *Global Positioning System* (Sistema Global de Posicionamento por Satélite).

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

L.Q. – Limite de Quantificação.

SEMA – MA – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Renováveis do Estado do Maranhão.

TPPM – Terminal Portuário de Ponta da Madeira.

UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez.

EIA – Estudo de Impacto Ambiental.

UTM – *Universal Transversa de Mercator* (Sistema de localização terrestre baseado em coordenadas).

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.	17
2	OBJETIVOS.	20
2.1	Objetivo Geral	20
2.2	Objetivos específicos	20
3	CONTEXTUALIZAÇÃO	21
3.1	Enquadramento dos corpos de águas e padrões de qualidade das águas costeiras	21
3.2	Área de Estudo	24
3.2.1	Clima	25
3.2.2	Hidrografia	25
3.2.3	Geomorfologia	26
3.3	Levantamento de estudos pretéritos na região em estudo	27
4.	MATERIAIS E MÉTODOS DE ANÁLISE.	28
4.1.	Descrição das atividades	28
4.2.	Procedimentos de coleta	28
4.2.1.	Levantamento e tratamento dos dados obtidos	31
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Dados pluviométricos	33
5.2	Resultados e Avaliação da Qualidade	37
5.3	Parâmetros de Qualidade da Água	37
5.3.1	Parâmetros Físicos	37

5.3.1.1	Salinidade	
5.3.1.2	Turbidez	40
5.3.1.3	Transparência	42
5.3.1.4	Condutividade Elétrica	43
5.3.2	Parâmetros Químicos.	45
5.3.2.1	pH	45
5.3.2.2	Oxigênio Dissolvido	48
5.3.2.3	Sulfeto	50
5.3.2.4	Chumbo Total	55
5.3.2.5	Ferro Dissolvido	55
5.3.2.6	Manganês Total	57
5.3.2.7	Níquel Total	59
5.3.2.8	Zinco Total	61
6	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXO	71



## 1. INTRODUÇÃO

A palavra “estuário” (do latim *aestus* – maré ou turbilhão) refere-se a um desaguadouro de rio ou uma baía, caracterizada por salinidades intermediárias entre os valores observados para água do mar e a água doce, com a ação das marés constituindo-se em um importante regulador físico, e pela presença de diversas espécies adaptadas às condições ecológicas características desse ecossistema. São corpos de águas conectados com o oceano que possuem características topográficas irregulares, situando-se geralmente perpendiculares à zona costeira. Apesar da importância desses sistemas, não existe uma definição única que se adeque a todos os estuários do mundo visto que cada estuário apresenta características peculiares (GOLDER, 2013).

São classificados como estuários: as baías, as desembocaduras dos rios e as lagunas litorâneas, em que as águas doces da superfície fluem para o mar. Devido à sua elevada produtividade, topografia e mistura de águas doces e água marinha, cria-se um meio com características peculiares que é aquecido pela energia solar até temperaturas biologicamente favoráveis, o que os torna locais apropriados para reprodução de muitas espécies marinhas, algumas de grande importância comercial, como é o caso de espécies de camarões. A diversidade de organismos, de origem marinha ou dulcícola que proliferam em regiões estuarinas é, muitas vezes, surpreendente, o que os mantém como grandes produtores de alimento, com fundamental importância ecológica e social (GOLDER, 2013).

Os estuários e as regiões costeiras são regiões de grande produtividade primária. Apesar disso, costumam ser indevidamente aproveitados pelo homem, que neles lança efluentes domésticos e industriais, altera suas margens aterrando-as com os mais diversos propósitos e desmata áreas de manguezal, vegetação que contribui diretamente para a elevada produtividade. O resultado de todas essas alterações costuma ser o comprometimento da qualidade das águas e da vida marinha nesses ambientes. A utilização dos rios e oceanos para a deposição final de efluentes urbanos e industriais resulta frequentemente na contaminação dos estuários e ambientes costeiros, que sofrem a influência direta das marés (MAIA, 2006).

O aumento dos casos de contaminação de ambientes estuarinos tem levado à formulação de estratégias para diminuir o impacto causado nesses ecossistemas que sustentam a maior parte da biodiversidade marinha, os principais recursos pesqueiros e as reservas mundiais. Do ponto de vista da saúde, o grau de contaminação dos estuários pode colocar em risco a saúde das populações ribeirinhas que utilizam tais águas para lazer e subsistência (MAIA, 2006).

Dentre os estuários existentes no Brasil, o da Baía de São Marcos, em São Luís, Maranhão é, possivelmente, um dos menos estudados. Localizado ao norte do estado do Maranhão, a Baía de São Marcos é um estuário típico, com canal central bem

desenvolvido, abrindo-se largamente sobre a Plataforma Continental Maranhense e, muitos dos seus atributos físicos e biológicos mais importantes, contudo, não são transicionais e sim exclusivos. Isto quer dizer que possuem características físicas, químicas e biológicas encontradas apenas nestes ambientes (ODUM, 1983).

Na Baía de São Marcos, está situada a Área Portuária da Ilha de São Luís que abrange o Terminal Portuário de Ponta da Madeira (TPPM), da Vale SA, o Porto do Itaqui, da EMAP – Empresa Maranhense de Administração Portuária, o Porto da ALUMAR – Consorcio de Alumínio do Maranhão e o Porto de Ponta da Espera. A Área Portuária do Maranhão constitui-se no segundo maior complexo portuário da América Latina e um dos maiores do mundo em termos de movimentação de carga (GARCIA, 2007). Devido às frequentes modificações causadas pela ocupação humana na região, estudos que caracterizem a qualidade das águas da Baía de São Marcos são de fundamental relevância para a preservação ambiental da área.



Figura 01 – Área Portuária da Ilha de São Luis na Baía de São Marcos. *Fonte: Google,2014.*

O monitoramento ambiental, definido como o procedimento programado de amostragem, medição e subsequente registro e/ou anotação das características da matriz ambiental, é um instrumento importante para subsidiar e estabelecer condições apropriadas para a gestão ambiental das atividades produtivas e dos sistemas de apoio. Contando com um plano de monitoramento estruturado dentro de critérios técnicos adequados para verificação das diferentes matrizes ambientais, municípios e empresas podem avaliar, de forma sistemática, parâmetros químicos, físicos e microbiológicos observados em ambientes influenciados pela ação humana permitindo-se, de maneira preventiva, prever e agir sobre possíveis impactos causados ao ambiente (Sousa, 2009).

Os padrões de qualidade do ambiente aquático referem-se a certo número de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos que podem comprometer essa qualidade, avaliando assim os impactos decorrentes da atividade humana sobre o ambiente aquático (Sousa, 2009).

Na avaliação de qualidade das águas costeiras justifica-se tomar como base as condições e padrões definidos pela legislação vigente para águas salobras, conforme será apresentado neste trabalho.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os resultados obtidos em monitoramento das águas da Baía de São Marcos em São Luis, Maranhão, verificando-se sua situação ambiental e os possíveis impactos causados pelas várias atividades antrópicas na região.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Reunir dados secundários sobre os parâmetros físico-químicos relativos à qualidade das águas da Baía de São Marcos;

Avaliar os resultados no que se refere ao cumprimento da legislação vigente que regulamenta os limites permitidos para tais tipos de ambientes;

Verificar o nível de impacto que possa estar ocorrendo nas áreas monitoradas, propondo um marco histórico para futuros monitoramentos.

### **3. CONTEXTUALIZAÇÃO**

#### **3.1 Enquadramento dos corpos de águas e padrões de qualidade das águas costeiras**

Em função dos usos previstos, os corpos d'água devem ser enquadrados em classes, conforme descrito na legislação ambiental. No Brasil, a legislação federal que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento é a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Dentre as considerações da referida resolução, estabelece que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas (VERONEZ, 2011).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece a classificação em águas doces (que possuem salinidade inferior a 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%) e salinas (salinidade superior a 3%), definindo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, sendo que cada classe estabelece condições e padrões específicos a serem atingidos e/ou mantidos no corpo d'água. Também define o enquadramento dos corpos d'água como sendo o “estabelecimento de uma meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento do corpo d'água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo” (CONAMA, 2005).

Um meio de facilitar a fixação e o controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos consiste no monitoramento, que é um instrumento para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento (CONAMA, 2005).

A Tabela 01 apresenta as classes de enquadramento e respectivos usos possíveis para as águas salinas e salobras.

Tabela 01 – Usos pretendidos por classe de qualidade para as águas salinas e salobras\*.

<b>Classes de Qualidade da Água por Usos Pretendidos</b>	
<b>Águas Salinas</b>	
<b>Classes de Qualidade</b>	<b>Usos Pretendidos</b>
Classe Especial	- à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; - à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	- à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; - à proteção das comunidades aquáticas; - à aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 2	- à pesca amadora; - à recreação de contato secundário.
Classe 3	- à navegação; - à harmonia paisagística.
<b>Classes de Qualidade da Água por Usos Pretendidos</b>	
<b>Águas Salobras</b>	
<b>Classes de Qualidade</b>	<b>Usos Pretendidos</b>
Classe Especial	- à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; - à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	- à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; - à proteção das comunidades aquáticas; - à aquicultura e à atividade de pesca; - ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; - à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
Classe 2	- à pesca amadora; - à recreação de contato secundário.
Classe 3	- à navegação; - à harmonia paisagística.

\*Fonte: Elaborado pela autora a partir da Resolução CONAMA 357/05.

Segundo VERONEZ (2011), os padrões de qualidade de água são utilizados para regulamentar os níveis de qualidade a serem mantidos em um corpo d'água, dependendo do uso a que se destinam. A utilização de padrões de qualidade atende a dois propósitos: manter a qualidade do curso d'água ou definir a meta a ser atingida e, ser a base para definir os níveis de tratamento a serem adotados, de modo que os efluentes lançados não alterem as características do curso d'água estabelecidas pelo padrão.

Em termos práticos, há três tipos de padrões de interesse, no que tange à qualidade da água:

- Padrões de lançamento no corpo receptor;
- Padrões de qualidade do corpo receptor;
- Padrões de qualidade para determinado uso imediato (ex: padrões de potabilidade).

Por força da legislação, os padrões de qualidade da água devem ser cumpridos, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada. Além de padrões, também é previsto que a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se de organismos e/ou comunidades aquáticas (VERONEZ, 2011).

A Tabela 02 apresenta os padrões de qualidade do corpo hídrico segundo os parâmetros considerados neste estudo, associados às diversas classes dos corpos d'água, segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Tabela 02 – Padrões de qualidade do corpo hídrico segundo os parâmetros utilizados nesse trabalho, associados às diversas classes dos corpos d'água\*.

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade</b>	<b>Padrões para corpos d'água Salinas e Salobras</b>
Turbidez	UNT	–
Transparência		–
pH	–	de 6,5 a 8,5
Condutividade Elétrica	uC/cm	–
Oxigênio Dissolvido	mg/L	> 5
Sulfeto	mg/L	0,002
Chumbo Total	mg/L	0,01
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3
Manganês Total	mg/L	0,1
Níquel Total	mg/L	0,025
Zinco Total	mg/L	0,09

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/2005.

### 3.2 Área de Estudo

A Baía de São Marcos (Figura 02) localiza-se em São Luís, capital do Estado do Maranhão. É a maior Baía estuarina da costa Nordeste do Brasil, com cerca de 100 km de extensão e aproximadamente 23.600 km<sup>2</sup> (RIOS, 2001). É delimitada a oeste pelo continente, a leste pela Ilha de Maranhão (também denominada Ilha de São Luís), e ao sul pela foz do rio Mearim (DHN, 2013). A hidrodinâmica da Baía é caracterizada por grandes variações de marés semi-diurnas, cujas máximas podem atingir 7,2 metros em grandes sizíguas (média: 4,6 m). Entretanto, em 75% do tempo, a amplitude máxima fica inferior a 5,5 metros. Essa oscilação de maré está diretamente relacionada à circulação das águas na Baía (Elrobrini *et al.*, 2006).

A barra da Baía é ampla e alcança aproximadamente 25 km de extensão, abrangendo desde a ponta Pirajuba, localizada a oeste, e a ponta do Araçagi, a leste. A profundidade da Baía também varia consideravelmente, podendo chegar a 80m na área mais central, tornando-se mais rasa em áreas próximas às margens (IBGE, 2012). Adicionalmente, regiões de banco de areia podem ser identificadas subjacentes a trechos mais profundos (por exemplo, Banco das Almas, Banco do Meio, Banco



Darlan) (IBGE, 2012). A Baía de São Marcos recebe aporte fluvial de alguns rios, sendo os principais aportes do rio Mearim, Grajaú e Pindaré. Na Ilha de São Luís, onde está situada a cidade de São Luís, localiza-se uma expressiva área portuária que abrange o Complexo Portuário de Ponta da Madeira, propriedade da empresa Vale S. A., o Porto de Itaqui, da Empresa Maranhense de Administração Portuária – EMAP, o Porto da ALUMAR, pertencente ao Consórcio Alumínio do Maranhão, o Porto Grande, Cujupe, Terminal de Ponta da Espera, Rampa Campos Melo, Terminal da Ponta D'areia e late Clube.



Figura 02 – Baía de São Marcos (área de estudo). Fonte: Google Maps, 2014.

### 3.2.1 Clima

O clima da região em estudo pode ser caracterizado como equatorial quente-úmido. As temperaturas médias do ar oscilam entre 25,7°C em fevereiro e julho e 27°C em novembro.

A região está localizada dentro do chamado cinturão equatorial, o que lhe confere temperaturas do ar com média anual de 26,1°C e com pequenas amplitudes anuais ( $\pm 7,1^\circ\text{C}$ ). As maiores variações de temperatura do ar se dão ao longo do ano, com amplitude máxima de  $\pm 8,5^\circ\text{C}$  (TRINTA, 2010). O período chuvoso ocorre de janeiro a junho e o seco ocorre de julho a dezembro. Os meses com maiores níveis de precipitação são: fevereiro, março e abril; os mais quentes e secos são: setembro, outubro e novembro. A região apresenta precipitações pluviométricas médias anuais de aproximadamente 2.000 mm.

### **3.2.2 Hidrografia**

A baía de São Marcos é um estuário de, aproximadamente, 100 quilômetros de extensão. Recebe vários rios, incluindo o Grajaú, Mearim e Pindaré. É fundamental para a navegação marítima entre a Ilha de São Luís e o oeste do Maranhão, sendo que em suas margens ficam portos importantes como o Porto do Itaqui, Ponta da Madeira, Ponta da Espera e o Cujupe (RBRH, 2007).

A região hidrográfica do Maranhão apresenta a maior amplitude de marés do Brasil, podendo a diferença entre marés baixa e alta chegar a 8 metros.

A baía de São Marcos caracteriza-se por uma hidrodinâmica regida pelo sistema de marés semi-diurnas (duas preamares e duas baixa-mares por dia lunar com intervalos proporcionais de cerca de 6 horas), com amplitude média de 4,6 m, podendo atingir 8,0 m quando das grandes sizígias; porém, em 75 % do tempo, as amplitudes de maré são inferiores a 5,5 m. Já as correntes atingem velocidades superiores a 7,5 nós (RBRH, 2007).

As águas pardas da Baía denotam uma alta concentração de material em suspensão (silte + argila), que atinge uma média aproximada de 250 mg/l. De uma maneira geral, as marés, ondas, correntes de marés e litorâneas associadas aos ventos constituem-se nos principais agentes responsáveis pela morfodinâmica costeira na área de estudo.

### **3.2.3 Geomorfologia**

O Golfão Maranhense, localizado entre o Litoral Ocidental e o Oriental na Costa do Maranhão consiste num grande e complexo Sistema Estuarino, de Formação Pleistocênica que encerra baías, estuários, estreitos, igarapés, enseadas, inúmeras ilhas, uma vasta área de manguezal, falésias, pontais rochosos, praias de areia quartzosas, dunas e paleodunas, planícies de marés, dentre outras. Comunica-se com Oceano Atlântico por meio da abertura compreendida entre a baía de Cumã e a baía dos Tubarões, se continentaliza por meio da baía de São Marcos e São José (RBRH, 2007).

A geologia do Golfão Maranhense insere-se na Bacia Costeira de São Luís, parte integrante da margem costeira do Brasil, situada ao norte do Estado do Maranhão. Limita-se ao norte pela Plataforma Ilha Santana, ao sul pelos Altos Estruturais (Arco Ferrer Urbano Santos) a leste pelo Horst de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins.

### **3.3 Levantamento de estudos pretéritos na região em estudo**

Muitos trabalhos têm sido publicados a respeito de metais em regiões costeiras fortemente industrializadas (FURTADO, 2007). No entanto, poucos são os que se referem ao sistema estuarino da ilha de São Luís, principalmente da Baía de São Marcos.

MOCHEL (2003), explica que a maior parte dos trabalhos realizados apresenta a geoquímica dos sedimentos e a poluição hídrica na região costeira do Estado do Maranhão, estando concentrados na região do Golfão Maranhense onde ocorre a maior densidade demográfica e onde se desenvolvem as principais atividades econômicas do Estado, muito embora existam atividades potencialmente poluidoras em outras regiões costeiras do Maranhão.

FURTADO (2007), recomenda que estudos futuros levem em conta a sazonalidade, periodicidade e amostragem mais representativa, para que sejam obtidos resultados mais complementares e significativos das águas costeiras da Baía de São Marcos.

SOUSA (2009) relata que a amostra estudada por ela (Baía de São Marcos), de acordo com o teste de bioluminescência apresentou características de ambiente com grau de toxicidade, sugerindo um ambiente poluído e merecendo, portanto, estudo mais detalhado na área.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS DE ANÁLISE**

### **4.1 Descrição das atividades**

O presente estudo compreendeu etapas de coleta, análise e avaliação dos resultados.

A primeira etapa do trabalho foi iniciada com revisão bibliográfica, abrangendo conhecimento sobre Gestão de Recursos Hídricos, qualidade de água, uso da água e sistemas de informações geográficas. Ainda nesta fase, com o intuito de se conhecer sobre o monitoramento qualitativo das águas costeiras, foram levantados trabalhos e experiências que possibilitassem um panorama geral e atual destes temas. Foram realizadas buscas de teses de doutorado, dissertações de mestrado, livros, anais de congressos, artigos, relatórios ambientais e documentos relacionados ao tema em acervos, banco de teses e bases de periódicos.

Para melhor entendimento do estudo desenvolvido apresenta-se, a seguir, relação das etapas conduzidas:

- Escolha da área de estudo;
- Delimitação e mapeamento da área;
- Busca de dados junto à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Renováveis do Estado do Maranhão – SEMA-MA;
- Escolha dos pontos de monitoramento de água e de parâmetros de qualidade;
- Análise dos dados pluviométricos;
- Análise da relação entre parâmetros de qualidade da água e precipitação pluviométrica local;
- Comparações entre parâmetros de qualidade de água e limites preconizados pela legislação em vigor.

### **4.2 Procedimento de coleta de dados**

Foram selecionados 6 (seis) pontos monitorados na região da Baía de São Marcos em São Luís, Maranhão (Figura 03). As análises laboratoriais para os parâmetros anteriormente mencionados foram realizadas por empresa contratada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (SEMA).

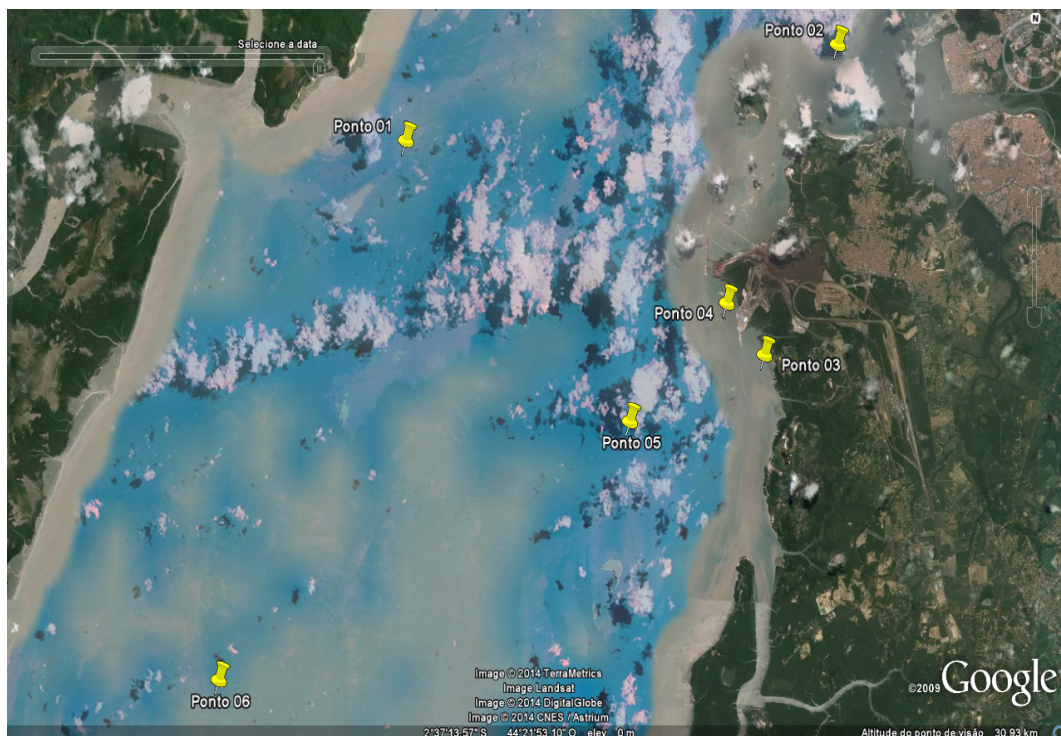


Figura 03 – Localização dos pontos de monitoramento na área de estudo. *Fonte: Google, 2014.*

Os pontos de monitoramento de qualidade da água foram selecionados de forma a representar a área completa da Baía de São Marcos, capaz de gerar resultados de monitoramento que pudessem permitir a avaliação das águas da Baía de São Marcos em São Luis, Maranhão, verificando sua situação ambiental e o efeito causado pelas atividades antrópicas na região. Todos os pontos de monitoramento de qualidade da água foram georreferenciados, com as coordenadas geográficas obtidas por meio do aparelho GPS (*Global System Position*) de navegação modelo GARMIN GPS map 60CSx (Tabela 03).

Tabela 03 – Pontos de Monitoramento e Coordenadas Geográficas\*.

PONTOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		LOCALIZAÇÃO
	OESTE	SUL	
PONTO 01	576985	9717785	Ponto de Referência localizado em área que mantém características naturais.
PONTO 02	572758	9722116	Próximo à Praia da Guia.
PONTO 03	570350	9715900	Manguezal próximo ao Porto do Itaqui.
PONTO 04	569481	9714933	Ilha de Guarapir, localizada em frente ao Porto do Itaqui.
PONTO 05	567776	9711789	Localizado aproximadamente a 5,7 km do Terminal de Ponta da Madeira.
PONTO 06	569749	9705217	Localizado a 7 km ao Sul do Ponto 05.

\*Fonte: Elaborado pela autora.

Os métodos que haviam sido empregados para a determinação dos parâmetros analisados obedeceram aos procedimentos e recomendações descritas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), descritos na Tabela 4. Os parâmetros pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica haviam sido determinados em campo, no momento da amostragem. Os parâmetros transparência, sulfeto, chumbo total, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e zinco total foram determinados em laboratório.

As amostragens foram realizadas pela equipe técnica do laboratório ÊNFASE Consultoria em Meio Ambiente Ltda, segundo os procedimentos utilizados pelos métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW*, 21 edo (APHA, 2005).

Tabela 04 – Número do método de análise dos parâmetros recomendados pelo *Standard Methods for the examination of water and wastewater\**.

<b>Parâmetros</b>	<b>Número do Método</b>
Turbidez	SM-2130
Transparência	-
Salinidade	SM-2520
Condutividade Elétrica	SM-2510 M
pH	SM-4500 H+
Oxigênio Dissolvido (OD)	SM-4500-O G
Sulfeto	SM-4500 S-2 G
Chumbo Total	SM-3030 B, D, F/3113
Ferro Dissolvido	SM -3030 B/3120
Manganês Total	SM -3030 B, D, F/3111 B
Níquel Total	SM-3030 B, D, F/3120
Zinco Total	SM-3030 B, D, F/3120

\*Fonte: Elaborado pela autora.

#### **4.2.1 Levantamento e tratamento dos dados obtidos**

A partir de informações obtidas junto à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão - SEMA foram organizados os resultados de monitoramentos realizados nas águas costeiras da Baía de São Marcos, no período entre janeiro de 2008 e abril de 2013. Este período foi escolhido devido a frequência e continuidade dos dados.

De posse do material e após análise dos dados, procedeu-se ao input dos resultados em planilhas e a compilação das informações referentes aos pontos monitorados e definidos em estudos ambientais e relatórios disponibilizados.

Foram também elaborados mapas da região em estudo, incluindo localização e identificação dos pontos contemplados neste trabalho, a fim de possibilitar uma visualização espacial dos pontos monitorados e tratados neste trabalho. A partir da

organização dos dados disponíveis, foram realizadas a análise de consistência dos resultados dos ensaios laboratoriais e os cálculos estatísticos necessários à avaliação das águas costeiras.

Foi realizado o confronto dos resultados de cada campanha de monitoramento com as condições e padrões de qualidade das águas. Para cooperar nesta etapa de avaliação foram apresentados, em forma gráfica, para cada ponto de monitoramento, a série histórica de dados disponibilizados, referente aos últimos 05 (cinco) anos (2008 a 2013), bem como os resultados médios de todos os parâmetros analisados, de forma a indicar para cada ponto de amostragem a qualidade das águas. Ressalte-se que a comparação entre a média e os limites legais é abordada nesta avaliação apenas como referência, uma vez que legislação vigente preconiza o atendimento pleno às condições e aos padrões estipulados. A evolução temporal, bem como a influência sazonal e das marés também são abordadas nesta avaliação, cujos resultados organizados são apresentados nas tabelas disponíveis neste trabalho (Anexo 1). Para a avaliação da influência sazonal, foram também considerados dados de pluviometria de São Luís, disponíveis na página eletrônica do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Dados Pluviométricos

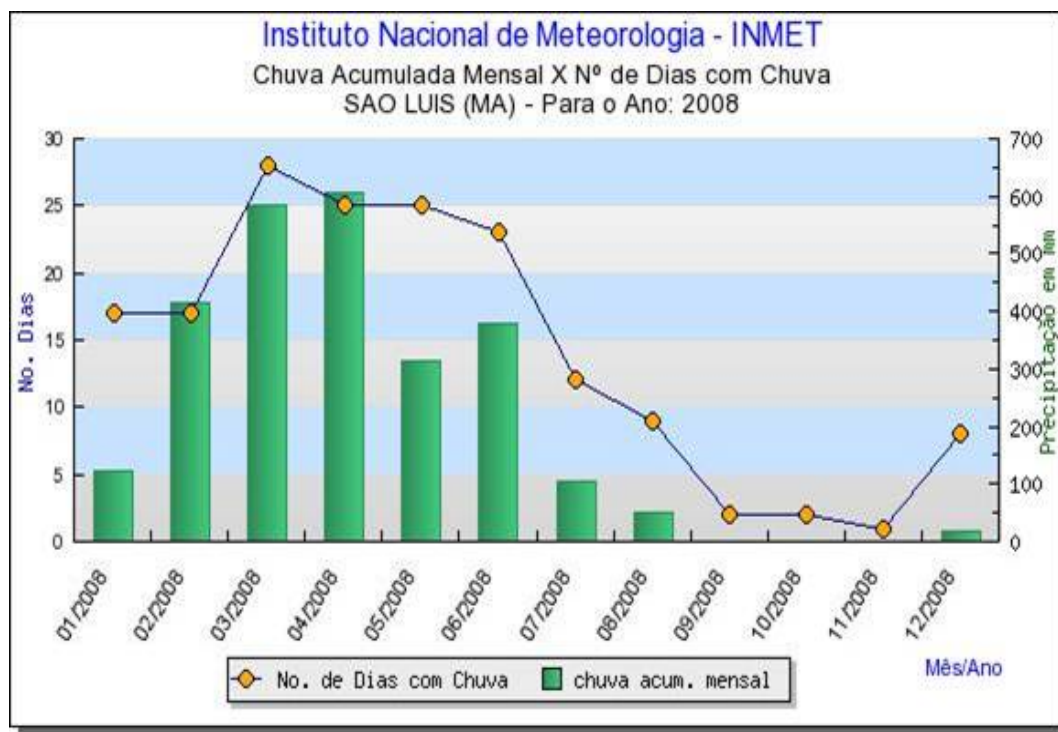
A pluviosidade no litoral maranhense apresenta um ciclo anual bem distinto, com uma estação de estiagem e outra chuvosa e é, em primeira instância, efeito do posicionamento da zona de convergência intertropical próximo ao litoral, aumentando a precipitação desde o verão até o outono. Trata-se de uma região onde a precipitação durante todo o ano origina-se de sistemas precipitantes, oriundos de linhas de instabilidade que surgem devido à circulação de brisa marítima ao longo da costa atlântica da Guiana Francesa até o norte do Maranhão (EL-ROBRINI et al, 2006).

O aporte anual de chuvas para o Golfão Maranhense, em termos de sua distribuição, permite identificar 2 períodos bem definidos: (i) um chuvoso, cujos registros máximos oscilam entre os meses de março, abril e maio, e (ii) outro seco, no qual as menores médias pluviométricas mensais ocorrem em setembro, outubro e novembro, (EL-ROBRINI et al, 2006).

As curvas normais de precipitações em São Luís/MA (Gráfico 01 até o Gráfico 06), disponíveis na Plataforma do Sistema de Coleta e Distribuição de Dados Meteorológicos, do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, confirmam esta observação. Elas apresentam, de forma gráfica, os dados de precipitação registrados na estação automática de São Luís (A203), nos anos de 2008 a 2013 os quais serviram de subsídio para a avaliação da qualidade das águas costeiras no período em estudo.

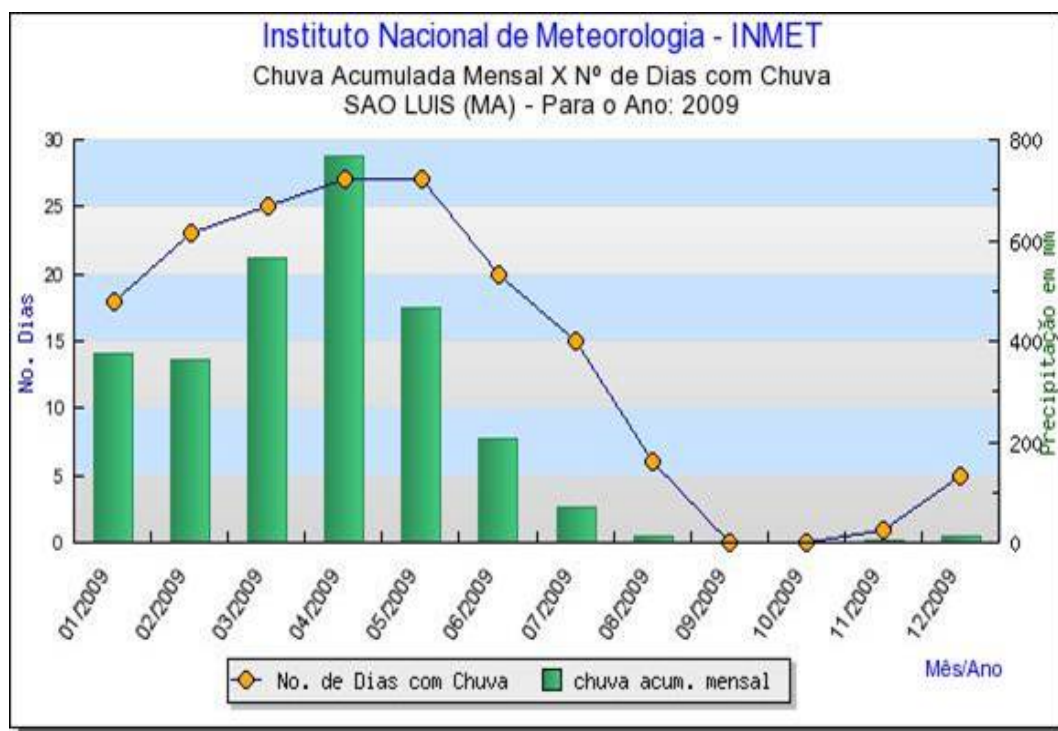
As condições de grande intensidade de chuva em um período e baixa precipitação em outro período definem a dinâmica dos poluentes no Maranhão. O período chuvoso favorece o transporte e movimentação de plumas de poluentes, fazendo com que se espalhem sobre as águas superficiais e atinjam também as águas subterrâneas. Nesse período, a intensidade de luz solar incidente sobre o solo é bem menor que no período seco, entretanto, a elevada temperatura e grande umidade relativa do ar favorecem processos biológicos de degradação e transferência de compartimento ambiental. O período seco, com maior intensidade de ventos e maior insolação, apresenta outras rotas de transporte e transformação.

Gráfico 01 - Precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2008\*



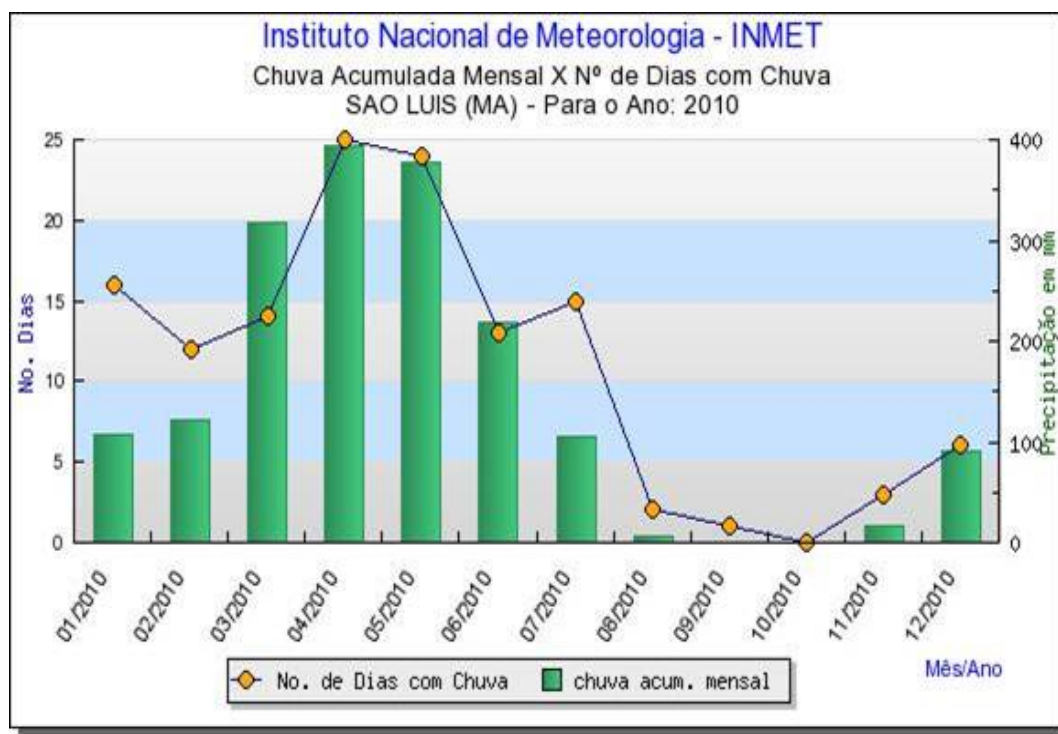
\*Fonte: INMET, 2014.

Gráfico 02 - Precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2009\*.



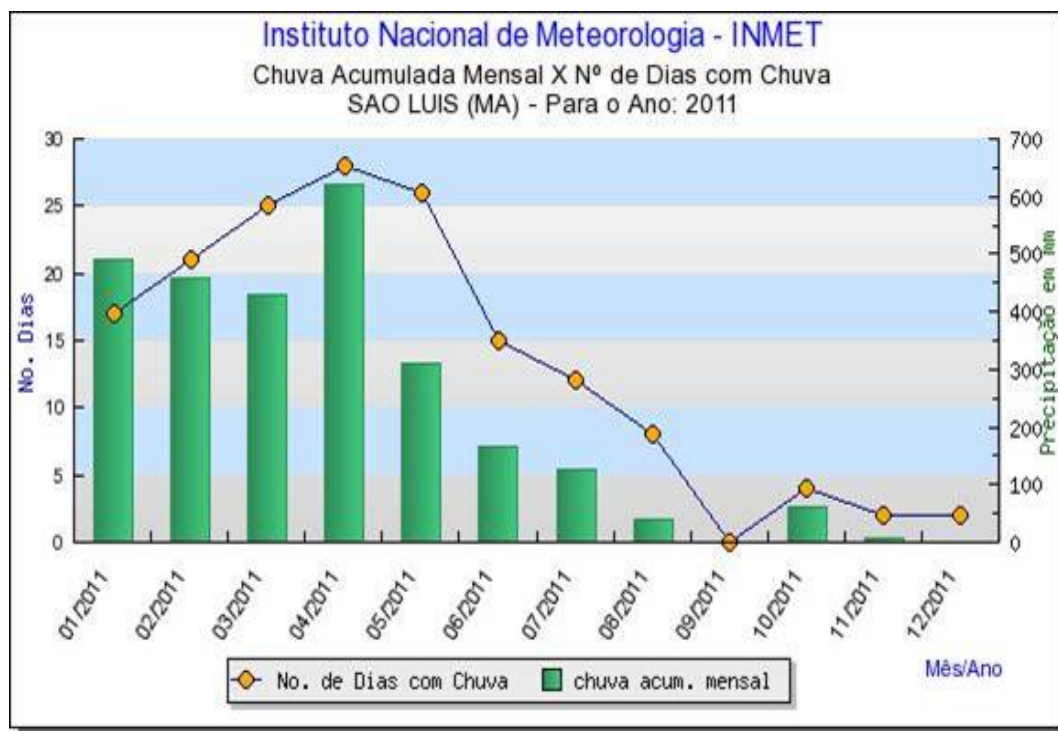
\*Fonte: INMET, 2014.

Gráfico 03 - Precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2010\*.



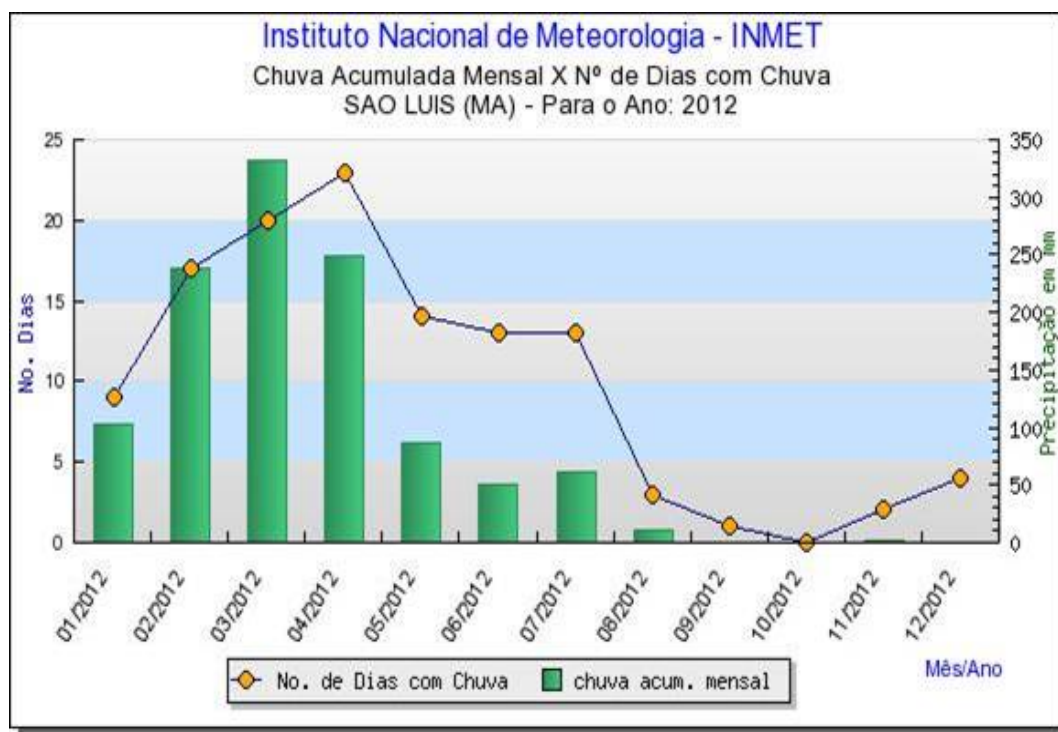
\*Fonte: INMET, 2014

Gráfico 04 - Precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2011\*.



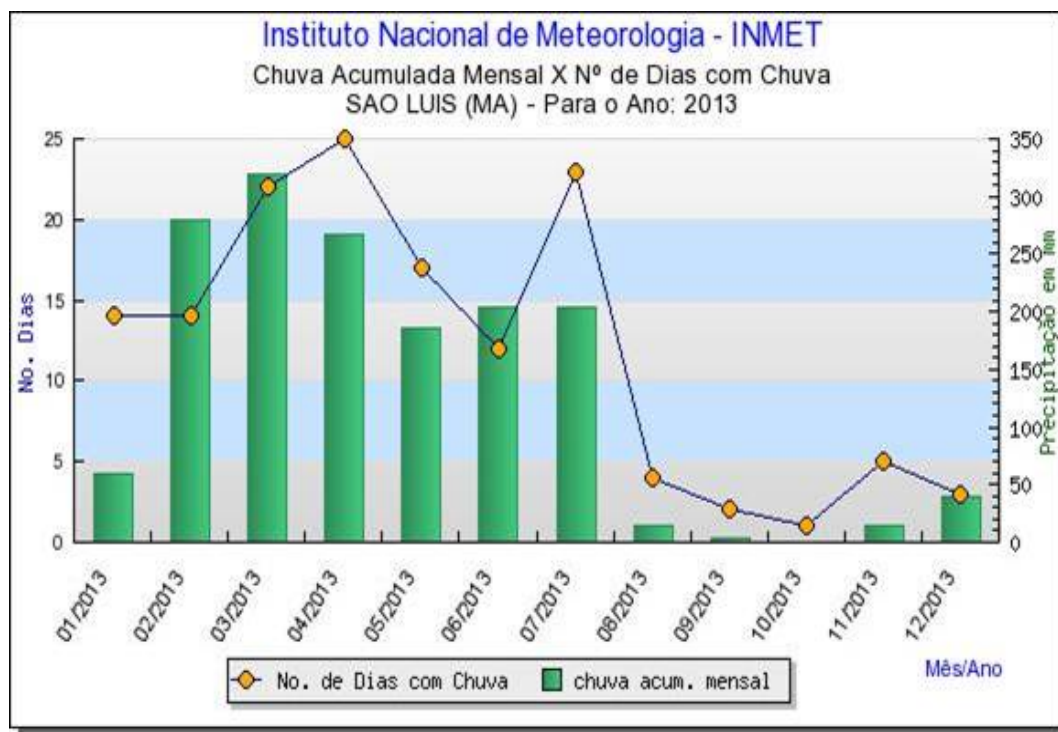
\*Fonte: INMET, 2014

Gráfico 05 - Precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2012\*.



\*Fonte: INMET. 2014

Gráfico 06 - Precipitação (mm) em São Luís/MA – Ano 2013\*.



\*Fonte: INMET, 2014

## 5.2. Resultados e Avaliação da Qualidade

Apresentam-se a seguir os resultados obtidos e a avaliação do monitoramento qualitativo das águas costeiras para os pontos apresentados no item 4.2.1. Os resultados dos ensaios laboratoriais, bem como o tratamento estatístico destes dados, incluindo os cálculos de média e percentagem de incertezas expandidas em cada um dos pontos monitorados de águas costeiras estão reunidos no **Anexo 1**. Os percentuais de incertezas foram descritos para permitir avaliar a confiabilidade dos dados e estimar a dispersão dos valores médios e dos valores mais próximos de exceder o limite para cada parâmetro (ARENÇIBIA, 2009). A linha vermelha inserida nos gráficos representa o limite legal. Os gráficos que não possuem linhas vermelhas não há limite legal associado ao parâmetro.

É importante, antemão a qualquer avaliação, considerar que a Baía de São Marcos é um estuário típico, com canal central bem desenvolvido, abrindo-se largamente sobre a Plataforma Continental Maranhense. Tratando-se de um estuário, a área em estudo é considerada zona de transição entre *habitats* de água doce e marinha. Muitos dos seus atributos físicos e biológicos mais importantes, contudo, não são transicionais e sim exclusivos. Isto quer dizer que possuem características físicas, químicas e biológicas encontradas apenas nestes ambientes (ODUM, 1983).

## 5.3 Parâmetros da Qualidade da Água

A qualidade das águas pode ser representada por meio de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. A seguir, são apresentados os parâmetros considerados neste trabalho.

### 5.3.1 Parâmetros Físicos

#### 5.3.1.1 Salinidade

A salinidade é uma medida da quantidade de sais existentes em massas de água naturais, como sejam um oceano, um lago, um estuário ou um aquífero. A forma mais simples de descrever a salinidade é como a razão entre a quantidade total de sólidos (em massa) dissolvidos e a massa da água que lhe serve de solvente. Em oceanografia, a salinidade é medida em unidades adimensionais denominadas PSU (*Practical Salinity Units* ou Unidades Práticas de Salinidade) determinadas com base na relação direta entre a condutividade elétrica da água do mar e a sua salinidade. O parâmetro tem grande importância na caracterização das massas de água, já que a salinidade determina diversas propriedades físico-químicas, entre as quais a densidade, o tipo de fauna e flora e os potenciais usos humanos da água (MACÊDO, 2007).

Os resultados de salinidade da Baía de São Marcos estão relacionados ao caráter estuarino do ambiente. As medidas apresentadas na Tabela 05 mantiveram-se, em média, abaixo de 30, valor a partir do qual são definidas as águas salinas, conforme Art. 2º da Resolução Conama 357/05, e abaixo da salinidade média da água do mar, que é de 35. A média calculada para cada ponto manteve-se em torno de 25, índice que caracteriza o ambiente como de águas salobras. Os resultados variaram de 1,8 no Ponto 01, em junho/2012, a 39,2 no ponto Ponto 06 em maré enchente (abril/2012). Os dados de salinidade denotam boa correlação com as medidas de condutividade elétrica, uma vez que foram observadas variações similares entre os resultados.

A Baía de São Marcos, enquanto zona estuarina ativa, é um corpo d'água costeiro semifechado que possui uma ligação livre com o mar aberto, estando fortemente afetada pela ação das marés e caracterizada pela ocorrência de uma mistura da água marinha com a água doce oriunda das áreas terrestres, o que naturalmente gera um gradiente de salinidade (MCLUSKY & ELLIOTT, 2004). Os estuários podem ser classificados de acordo com a salinidade (VENICE SYSTEM, 1958) em limnético (salinidade até 0,5); oligohalino (salinidade de 0,5 a 5,0); mesohalino (salinidade de 5,0 a 18); polihalino (salinidade de 18 a 30); euhalino (salinidade de 30 a 40); e hiperhalino (salinidade superior a 40). Neste contexto, a Baía de São Marcos, para a área em estudo, está sujeita a variações de salinidade não só referentes à localização dos diferentes pontos de monitoramento, mas também de origem sazonal e relacionadas às alterações de maré, apresentando caráter que varia desde oligohalino a hiperhalino.

Nota-se, entretanto, que a sazonalidade interfere de forma dominante sobre a salinidade e a condutividade nos pontos monitorados, comparativamente à variação de maré. De modo geral, a Baía de São Marcos apresentou resultados mais baixos e típicos de água salobra no período chuvoso e resultados mais altos, característicos de águas salinas, no período de estiagem.

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental de Dragagem de Manutenção do Píer IV apresentado pela Golder Associates (2013), as flutuações na salinidade apresentadas pelas águas da Baía de São Marcos estão não só relacionadas com o fluxo de entrada de águas doce e salina, mas também pela insolação e pelo aumento ou diminuição da temperatura, decorrentes de mudanças climáticas sazonais. Os padrões de variação de salinidade observados nos resultados podem ser considerados normais para o ambiente estuarino da Baía de São Marcos.

Feita esta consideração na avaliação do monitoramento das águas costeiras, justifica-se tomar como base as condições e padrões definidos pela legislação vigente para águas salobras.



Tabela 05 – Resultados de monitoramento para o parâmetro salinidade.

Campanhas Águas Costeiras	PONTO 01	PONTO 02		PONTO 03		PONTO 04		PONTO 05		PONTO 06	
		VAZANTE	ENCHENTE	VAZANTE	ENCHENTE	VAZANTE	ENCHENTE	VAZANTE	ENCHENTE	VAZANTE	ENCHENTE
fev. 08	-	-	-	-	-	-	-	28,1	27,6	25,7	27,2
mai. 08	-	-	-	-	-	-	-	15,3	15,1	15,1	15,1
jun. 08	17,3	14,5	14,5	18,3	17,9	18,0	18,2	14,4	14,4	14,3	14,3
ago. 08	-	-	-	-	-	-	-	21,2	21,2	21,2	21,2
nov. 08	28,9	27,9	27,6	29,0	29,0	27,9	27,6	25,7	25,8	25,6	25,5
fev. 09	-	-	-	-	-	-	-	25,9	25,7	25,7	25,5
mai. 09	18,9	22,7	21,5	23,3	19,6	22,1	18,4	20,2	19,0	19,6	19,0
ago. 09	-	-	-	-	-	-	-	19,9	19,0	19,7	19,5
nov. 09	33,9	33,1	33,1	32,2	32,0	32,9	33,7	32,2	33,1	33,2	33,2
fev. 10	-	-	-	-	-	-	-	32,1	33,3	33,2	33,1
abr. 10	16,2	15,8	16,3	28,7	28,7	28,8	28,9	28,9	28,7	29,1	28,8
jul. 10	-	-	-	-	-	-	-	21,2	22,0	20,1	20,1
out. 10	31,9	31,9	31,6	30,0	31,3	31,4	31,5	30,6	31,0	30,9	31,2
jan. 11	-	-	-	-	-	-	-	34,2	34,8	35,0	35,3
abr. 11	-	-	-	-	-	-	-	19,0	20,1	19,8	20,2
jul. 11	23,6	23,5	23,6	22,6	22,6	24,4	23,8	23,7	23,7	23,6	23,7
out. 11	26,9	26,4	26,6	26,6	26,5	26,9	26,9	26,3	26,4	26,4	26,4
jan. 12	-	-	-	-	-	-	-	32,0	25,6	31,7	31,8
abr. 12	-	-	-	-	-	-	-	37,8	37,7	38,7	39,2
jun. 12	1,8	2,1	2,1	2,0	1,9	2,0	1,9	-	-	-	-
out. 12	-	-	-	-	-	-	-	29,8	29,6	29,6	28,9
nov. 12	32,1	32,5	32,5	31,9	32,0	32,1	31,8	31,3	31,9	31,5	29,9
abr. 13	-	-	-	-	-	-	-	25,6	25,4	25,2	24,9
<b>OBS: Sem limite associado.</b>											
Mínimo	1,80	2,10	2,10	2,00	1,90	2,00	1,90	14,40	14,40	14,30	14,30
Média	23,15	23,04	22,94	24,46	24,15	24,65	24,27	26,16	25,96	26,13	26,09
Máximo	33,90	33,10	33,10	32,20	32,00	32,90	33,70	37,80	37,70	38,70	39,20

\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA.

### 5.3.1.2 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência sofrida pela luz ao atravessar a água, podendo conferir uma aparência turva à mesma, conforme estejam presentes materiais insolúveis. Os sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias e plâncton em geral, são os constituintes predominantes em sua formação (VON SPERLING, 1996).

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas, intensificado pelo uso inadequado do solo, são exemplos de fenômenos que resultam no aumento da turbidez das águas. Tais exemplos mostram também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro.

Os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico ocorre em consequência das atividades de mineração.

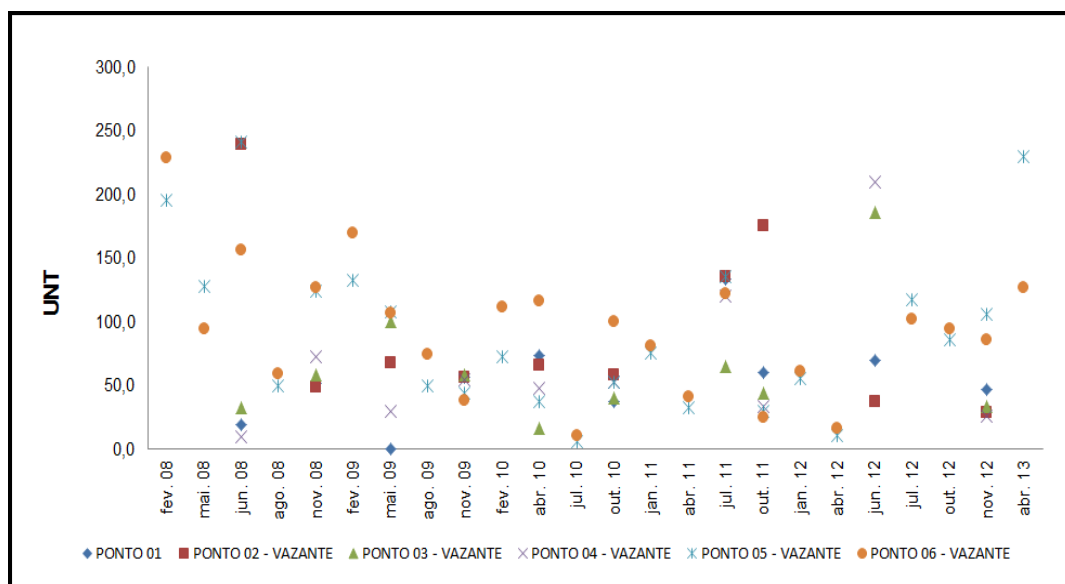
Elevada turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e de algas. O desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, comprometer drasticamente a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional da água.

Observou-se que a turbidez média apresentada pelo conjunto de pontos coletados na Baía de São Marcos foi de aproximadamente 65 UNT, com máxima atingindo o valor de 270,5 UNT no Ponto 02 em maré enchente (junho/2008). Além deste ponto, foi observada maior ocorrência de resultados elevados nos Pontos 05 e 06, tanto na maré enchente como na vazante (Gráficos 07 e 08). Cabe salientar que zonas estuarinas recebem grande quantidade de resíduos e matéria orgânica proveniente de drenagem terrestre que, por sua vez, provoca grande turbidez na água. Segundo Pereira Filho *et. al.* (2003), o principal agente determinante dos processos estuarinos é a descarga fluvial, tendo as variações de nível proveniente da ação das marés um papel secundário.

Conforme descrito no EIA de Dragagem de Manutenção do Píer IV (GOLDER, 2013), as águas da Baía de São Marcos apresentam alta concentração e reciclagem de nutrientes que, em suspensão, provocam a coloração escura e elevada turbidez devido às condições naturais. São ainda influenciadas por grande aporte de águas fluviais que desaguam nessa Baía.

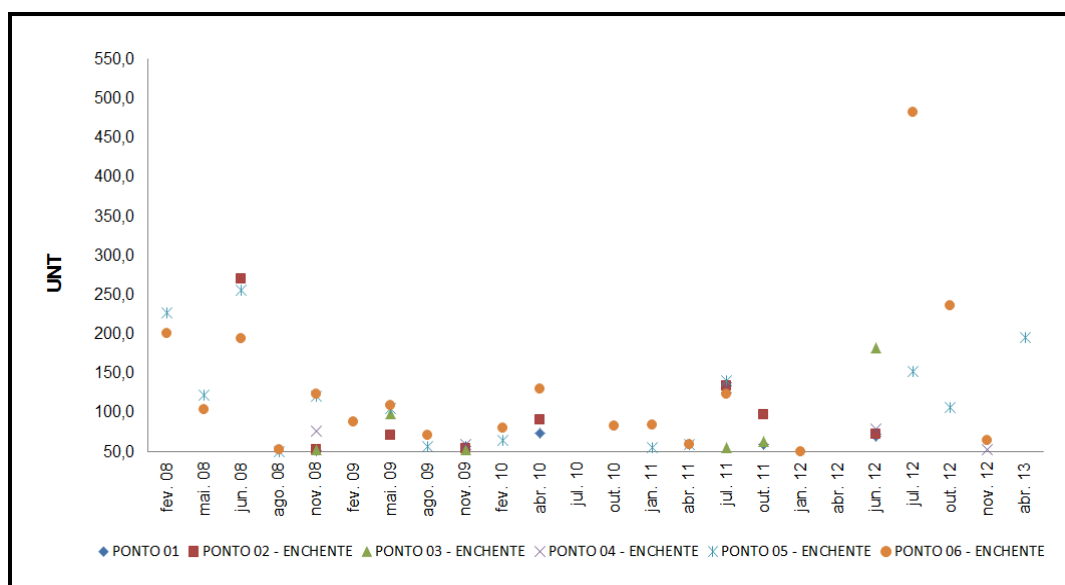


Gráfico 07 – Gráfico de turbidez (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 4,6%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

Gráfico 08 – Gráfico de turbidez (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 4,6%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

### 5.3.1.3 Transparência

A transparência da água está diretamente relacionada com a quantidade de matéria orgânica e materiais em suspensão presentes no ecossistema (MOTA, 2003).

Essa variável pode ser medida facilmente no campo utilizando-se o disco de Secchi, um disco circular branco ou com setores branco e preto e um cabo graduado, que é mergulhado na água até a profundidade em que não seja mais possível visualizar o disco. Essa profundidade, a qual o disco desaparece e logo reaparece, é a profundidade de transparência. A partir da medida do disco de Secchi, é possível estimar a profundidade da zona fótica, ou seja, a profundidade de penetração vertical da luz solar na coluna d'água, que indica o nível da atividade fotossintética de lagos ou reservatórios (CETESB, 2008).

Segundo MACÊDO, 2007, a transparência da água é utilizada principalmente como um indicativo da densidade da população planctônica do mar e, por consequência, permite uma estimativa dos riscos da ocorrência de concentrações críticas de oxigênio dissolvido.

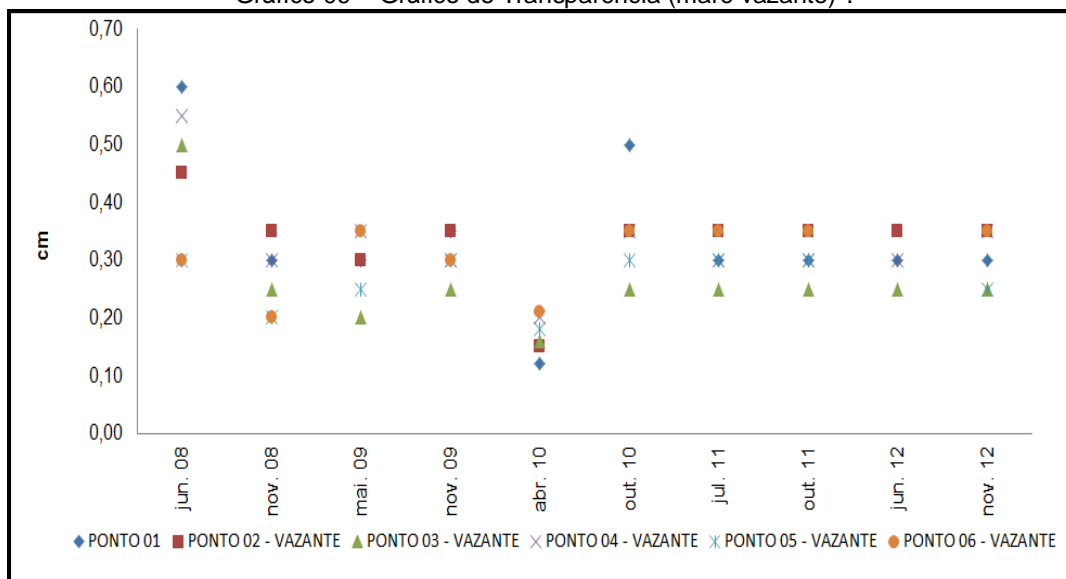
MACÊDO também descreve que águas com transparência maior que 60 cm possibilitam a penetração de suficiente quantidade de luz em profundidade, favorecendo o crescimento de plantas aquáticas e algas filamentosas.

A transparência das águas na Baía de São Marcos está associada aos mesmos fatores que provocam a turbidez nesse ambiente, havendo boa correlação entre os dois parâmetros (Gráficos 09 e 10). Observou-se que os valores mais baixos para transparência foram obtidos nos meses de abril/10 que, em contrapartida, são meses com elevados níveis de precipitação. Tal evento provavelmente foi influenciado pela taxa mais elevada de precipitações observada na estação chuvosa, concentrada nos meses de abril e maio. Destaca-se ainda uma campanha com resultados atípicos em relação à média de dados observados no período. Em junho/2008, a transparência alcançou de 0,30 cm – nos Pontos 05 e 06 – a 0,65 cm no Ponto 03 durante maré enchente. Nas demais campanhas, a média de resultados manteve-se na faixa de 30 cm com máxima de 50 cm. Os resultados mais baixos foram verificados no Ponto 03, fato relacionado à sua condição natural (ponto localizado próximo de manguezais), seguido pelos Pontos 05 e 06, bem como observado para o parâmetro turbidez. Segundo MOTA (2003), a transparência está diretamente relacionada com a quantidade de matéria orgânica e materiais em suspensão presentes no ecossistema estuarino. MACÊDO (2004), relata que transparências inferiores a 30 cm podem estar associadas a problemas de falta de oxigênio devido ao excesso de algas.

Boyd (2000) indica como adequada uma transparência que varie de 0,30 a 0,45 m, sendo os valores críticos, àqueles maiores que 0,60 m (quando a água se torna muito transparente) e inferiores a 0,20 m (água muito turva, com consequente comprometimento do oxigênio dissolvido). O valor da transparência está diretamente

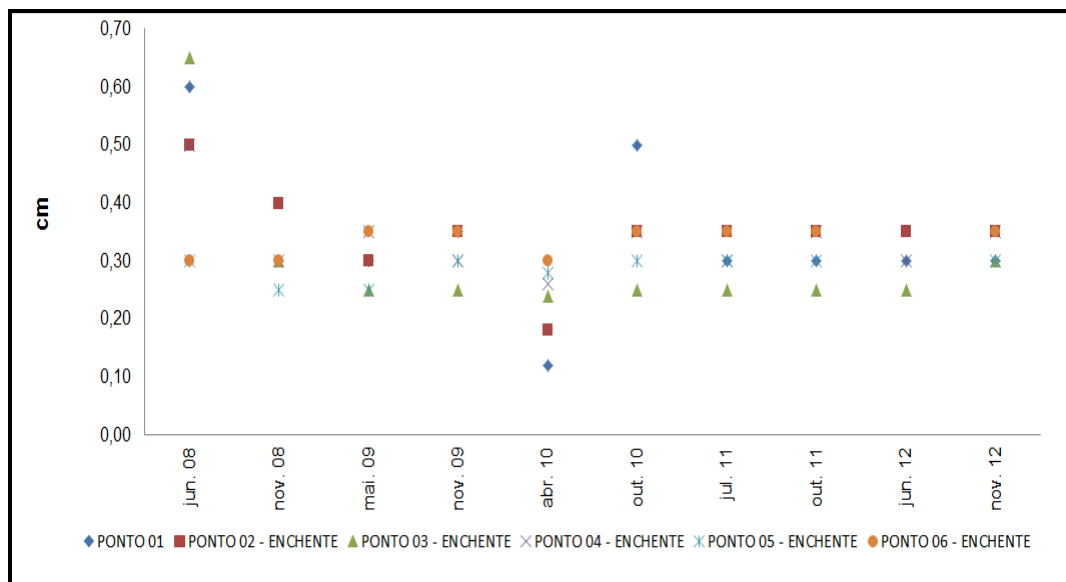
relacionada ao valor de oxigênio. Quanto menor for a transparência menor será a concentração de oxigênio na água e vice-versa.

Gráfico 09 – Gráfico de Transparência (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA.

Gráfico 10 – Gráfico de Transparência (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA.

#### 5.3.1.4 Condutividade Elétrica

Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, ou seja, a presença de partículas eletricamente carregadas. É a capacidade que a

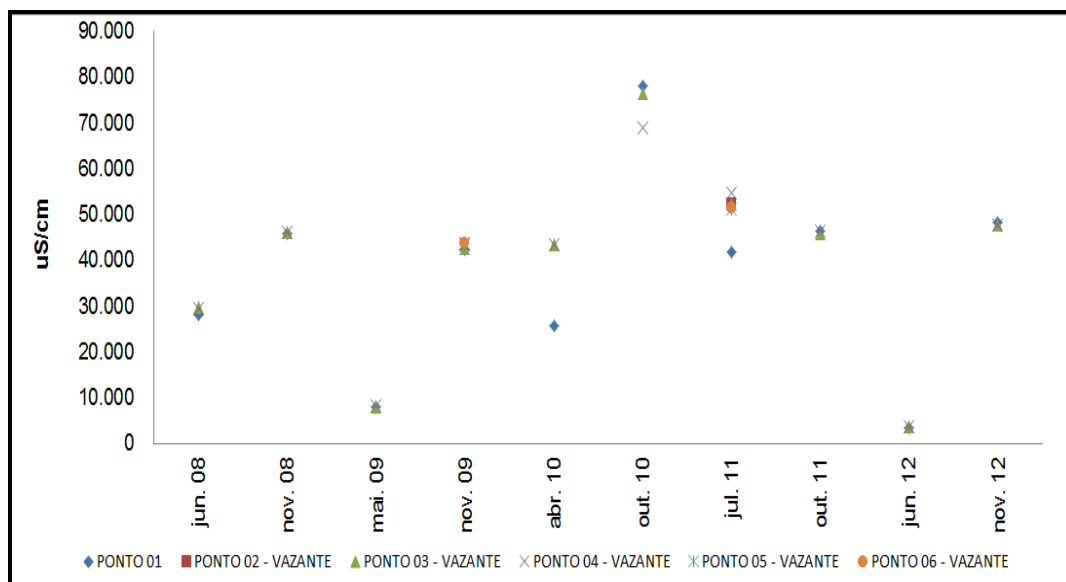
água possui de conduzir corrente elétrica. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água.

A condutividade elétrica é um parâmetro indicativo da concentração total de substâncias ionizadas em solução na água ou, de outra forma, de sua salinidade (MACÊDO, 2007). Ele não discrimina quais são os íons presentes em água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras.

Os resultados de condutividade elétrica (Gráficos 11 e 12), assim como os de Salinidade estão relacionados ao caráter estuarino da Baía de São Marcos. Os registros apontam ampla variação entre os resultados, com mínima de 3,4 mS/cm no Ponto 01, em junho/2008, e máxima de 77,9 mS/cm no mesmo ponto, em outubro/2010. Os resultados médios, calculados para cada ponto de monitoramento, variam de 36,7 a 48,5 mS/cm. A condutividade típica da água do mar, à temperatura de 25°C, varia de 51,5 a 53 mS/cm, porém águas salinas podem apresentar condutividade a partir de 4,8 mS/cm. Já medidas de condutividade abaixo deste valor, na faixa da 1,6 a 4,8 mS/cm, são características de águas salobras (MACÊDO, 2004).

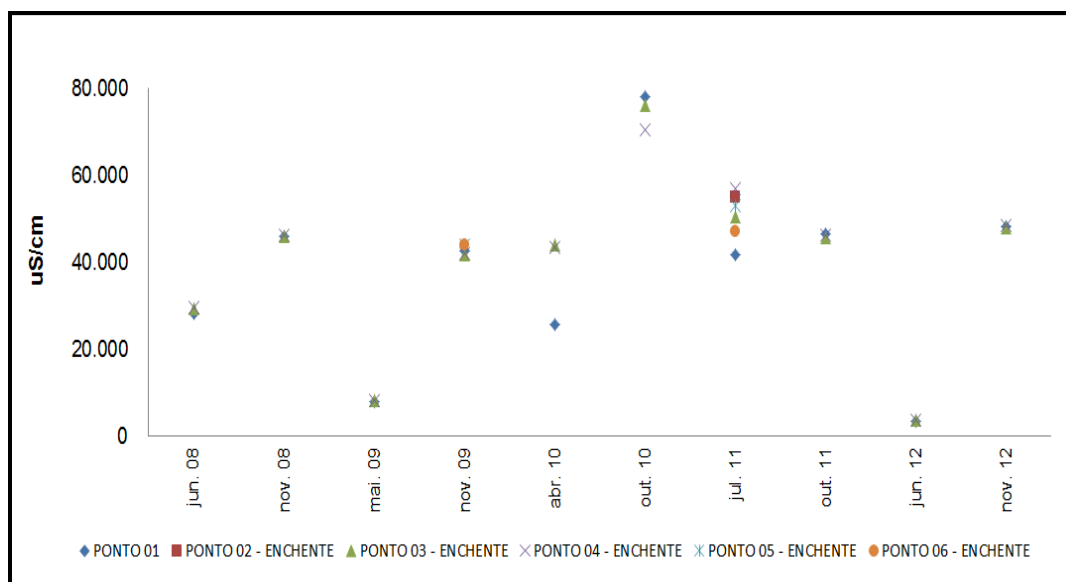
A condutividade da água do mar depende do número e íons dissolvidos por unidade de volume (salinidade) e da mobilidade dos íons. A condutividade aumenta igualmente pela adição de salinidade a 0,01. Os dados medidos de condutividade elétrica denotam boa relação com as medidas de salinidade, uma vez que foram observadas variações similares entre os resultados desses dois parâmetros.

Gráfico 11 – Gráfico de condutividade elétrica (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 3,4%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

Gráfico 12 – Gráfico de condutividade elétrica (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 3,4%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

### 5.3.2 Parâmetros Químicos

#### 5.3.2.1 pH

O Potencial Hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio H<sup>+</sup> (em escala anti-logaritmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Em ambientes aquáticos naturais, o pH está associado à dissolução de rochas, à absorção de gases da atmosfera, à oxidação da matéria orgânica e à fotossíntese. Pode também estar associado a efluentes domésticos e industriais (VON SPERLING, 1996).

Juntamente com outros parâmetros, o pH é importante na qualidade da água. Ele pode fornecer indícios do grau de poluição, metabolismo de comunidades ou, ainda, impactos em um ecossistema aquático. As águas naturais apresentam pH entre 4 e 9, o qual é influenciado pela dissolução de CO<sub>2</sub>, que origina baixos valores de pH, e pelas reações de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>=</sup> com água, resultando em maiores valores de pH. Em geral, quando o pH aproxima-se de 9, ocorre a retirada de gás carbônico das águas por algas no processo de fotossíntese. Vale destacar que a forma como as espécies químicas predominam em um corpo d'água depende do pH desse meio (determinado também pela existência de ácidos e bases), além das respectivas constantes de equilíbrio de dissociação das espécies (Martins *et al.*, 2003).

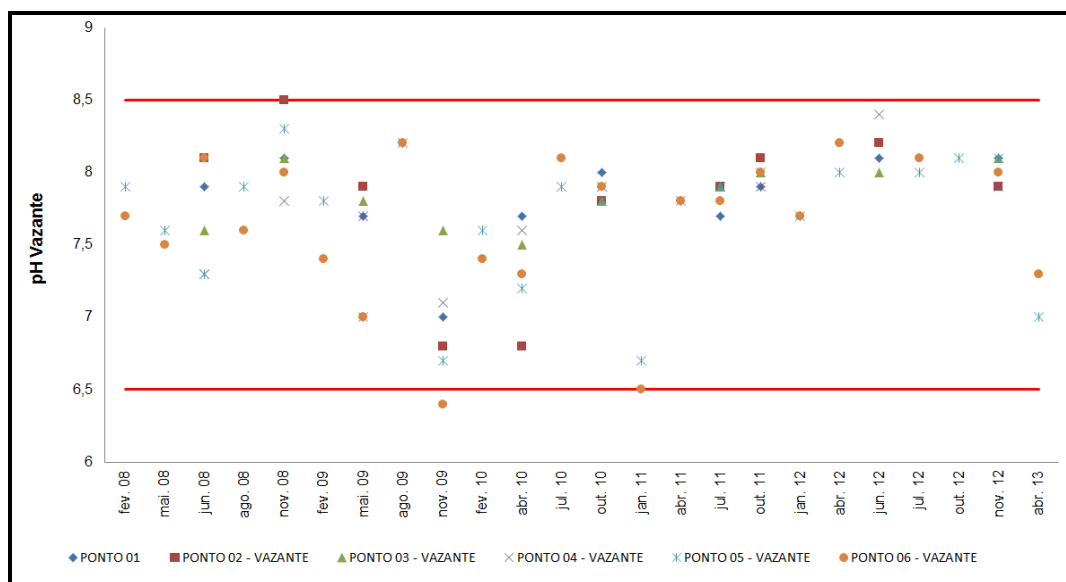
Observou-se que na Baía de São Marcos predominam águas com características neutras a levemente básicas, com valor médio de pH variando de 7,6 a 7,9 nos pontos monitorados. As medidas de pH (Gráficos 13 e 14) mantiveram-se, na maior parte do tempo, em conformidade com a faixa legal em todos os pontos de monitoramento, sendo observadas apenas duas não conformidades pontuais, em que houve ligeiro desvio dos limites superior e inferior. Foi verificado que o limite máximo foi ultrapassado no Ponto 02, em maré enchente (pH= 8,7), enquanto que no Ponto 06, em maré vazante, observou-se valor abaixo do limite inferior (pH= 6,4).

Muito embora os resultados tenham se apresentado em conformidade com a faixa legal de pH, a partir do cálculo utilizando a Incerteza Expandida do método (4,4%), foi observada considerável probabilidade de exceder o limite legal permitido pela Resolução CONAMA 357/05 em todos os pontos monitorados, em especial no que tange ao limite superior, devido não só ao fato de que o conjunto de dados apresenta tendência alcalina, mas também porque os valores de pH registrados apresentaram-se muitas vezes bem próximos aos limites, o que estatisticamente aumenta a probabilidade de violação dos limites estipulados. O Ponto 04 é o único com somente uma possibilidade de exceder o limite, em junho/12, tanto na maré enchente e maré vazante. O Gráfico 13 apresenta o percentual (%) de não atendimento ao limite legal.

Segundo CETESB (2014), o pH é um parâmetro importante em muitos estudos ambientais. A influencia do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Em determinadas condições, o pH contribui para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados e, em outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. É recomendável para a maioria das espécies de peixes que o pH se situe numa faixa de 6,5 a 8,5, já que fora desta faixa há um comprometimento no seu grau de atividade e no apetite.

Os valores observados para pH apresentaram-se em conformidade com a legislação para esse tipo de água, o que foi bom, pois pH elevado em águas poderia caracterizar precipitação química dos metais em estudo.

Gráfico 13 – Gráfico de pH (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 4,4%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

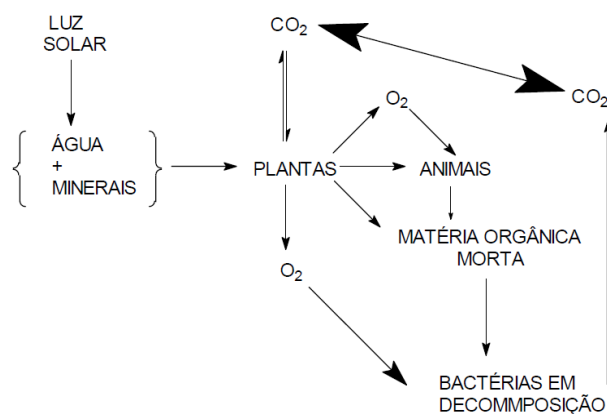
Gráfico 14 – Gráfico de pH (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 4,4%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

### 5.3.2.2 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) na água é essencial para todas as formas de vida aquática e tem papel importante no processo de autodepuração (MACÊDO, 2007). BOYD (1990) esquematizou, de forma simplificada, o ciclo do oxigênio em um ecossistema aquático (Figura 02).



Fonte: BOYD, 1990.

Figura 02 – Ciclo do oxigênio em um sistema aquático. Fonte: Boyd, 1990.

O ar atmosférico e a fotossíntese dos organismos vegetais aquáticos são as fontes de oxigênio para a água. A atividade fotossintética de algas é a principal forma de entrada de disponibilização de oxigênio no meio líquido. Embora o vento e a ação mecânica de agitação das águas também sejam formas naturais de oxigênio do meio, a principal entrada de oxigênio atmosférico na massa líquida se dá por meio de processos difusos (MACÊDO, 2007).

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar diminuição na concentração no meio. Dependendo da magnitude desse fenômeno, pode haver a morte de diversos seres aquáticos, inclusive peixes (VON SPERLING, 1996).

Concentrações de OD abaixo de 5 mg/L podem afetar negativamente o funcionamento e sobrevivência de comunidades biológicas e abaixo de 2 mg/L podem levar à morte muitos peixes.

Os valores de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos monitorados na Baía de São Marcos são apresentados nos Gráficos 15 e 16. Observa-se, de modo geral, que as águas apresentam níveis satisfatórios de oxigênio dissolvido estando, portanto, adequada a vida aquática. Observou-se, no entanto, que os pontos 03, 05 e 06 são os mais comprometidos pela depleção de oxigênio dissolvido, sendo áreas em que ocorre maior aporte de matéria orgânica. O Ponto 05 apresentou a menor concentração de

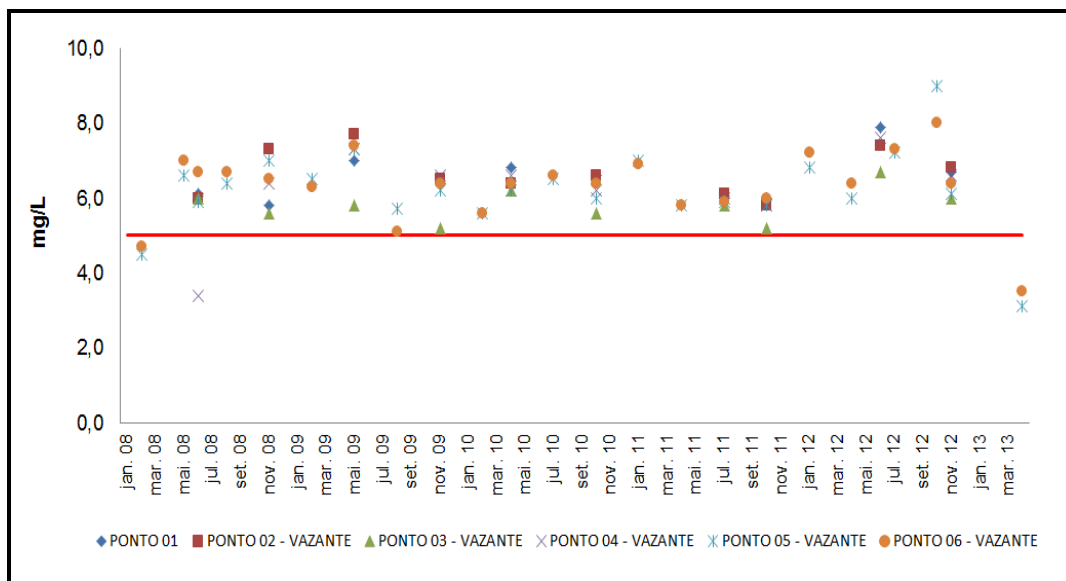


OD observada (3,0 mg O<sub>2</sub>/L) dentre todos os pontos, em abril/2013. No entanto, para este mesmo ponto, em outubro/2012, observou-se o valor máximo de OD (9,0 mg O<sub>2</sub>/L). A condição média na Baía de São Marcos, considerando todos os pontos, ficou em torno de 6,3 mg O<sub>2</sub>/L. O Ponto 03 em maré vazante apresentou a condição média mais baixa do conjunto de estações monitoradas (5,8 mg O<sub>2</sub>/L). As melhores condições foram observadas no Ponto 01 e no Ponto 02 (6,5 e 6,7 mg O<sub>2</sub>/L, respectivamente).

A partir dos resultados e considerando a Incerteza Expandida do método (1,1%) foi observada probabilidade de exceder o limite legal permitido pela legislação vigente no Ponto 06 (agosto/09 em maré vazante e em fevereiro/08 em maré enchente) e no Ponto 03 no mês de novembro/2009 e outubro/11 em maré vazante.

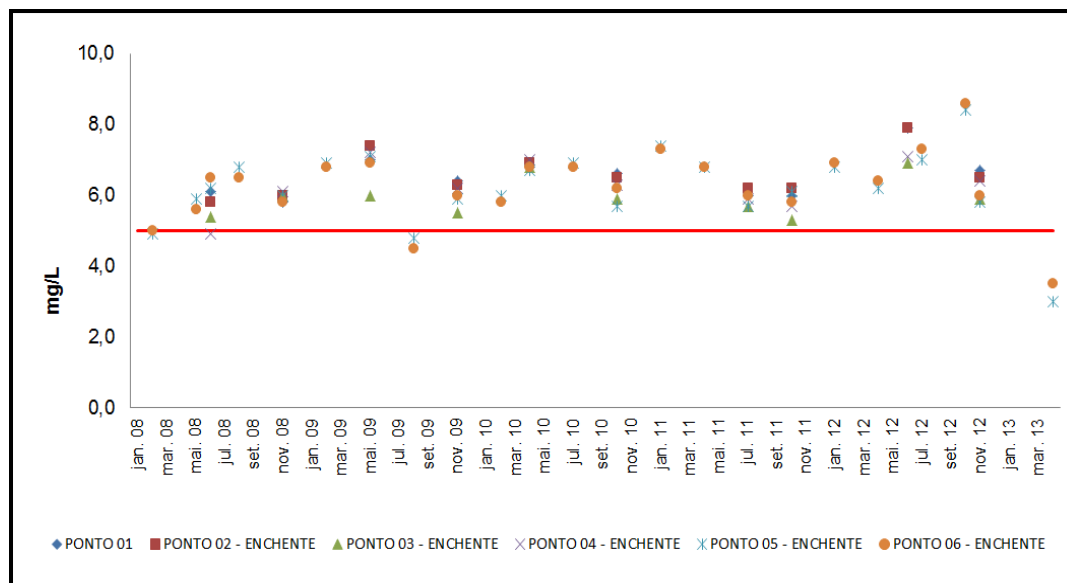
As condições de OD podem estar relacionadas à forte influência do clima regional e de suas consequências, como a elevada drenagem fluvial e terrestre, e ainda aos efeitos de ressuspensão de sedimentos provocados pelas fortes marés e ventos locais (GOLDER, 2013), assim como pela constante atividade de dragagem de manutenção que ocorre diariamente próximo aos pontos monitorados (com exceção do Ponto 01).

Gráfico 15 – Gráfico de oxigênio dissolvido (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 1,1%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

Gráfico 16 – Gráfico de oxigênio dissolvido (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 1,1%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

### 5.3.2.3 Sulfeto

Sulfetos estão naturalmente presentes em águas subterrâneas como resultado do arraste de depósitos minerais contendo enxofre. Águas superficiais usualmente não contem altos teores de sulfeto. Sulfetos resultam da decomposição da matéria orgânica, da redução de sulfatos por atividade bacteriana, sob condições anaeróbicas, e de vários processos químicos.

A principal fonte de sulfeto em águas naturais é o lançamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais que contenham sulfato, em condições anaeróbicas. Devido à ação biológica, ocorre a redução do sulfato (PEREIRA, 2004).

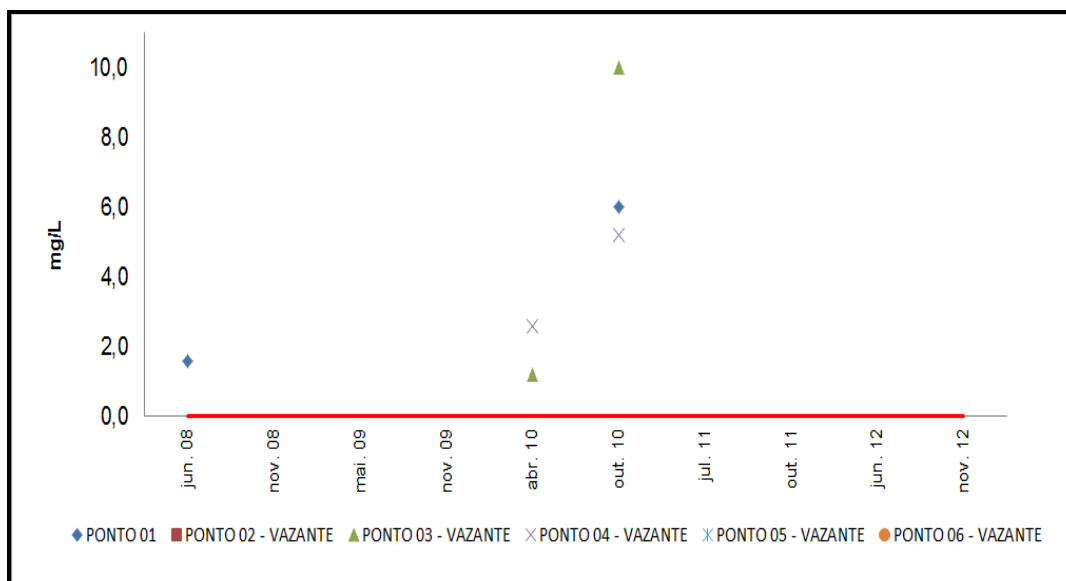
O sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), em ambientes aquáticos com ausência de oxigênio, próximo ao fundo, é tóxico para organismos que ali habitam, pois atua em dois níveis: a) em nível enzimático, inibe a cadeia respiratória; b) em nível de hemoglobina, combina-se com esta formando um derivado que a torna inativa do ponto de vista respiratório. Assim, o acúmulo desse gás pode vir a provocar a morte de peixes, mesmo em ecossistemas desprovidos de outras formas de poluição (ESTEVES, 1998).

Para o parâmetro sulfeto (Gráficos 17 e 18), embora a maioria dos resultados tenha sido de valores zero ou inferiores ao limite de quantificação, foram verificadas valores acima do limite legal, nos pontos 01, 03 e 04 nos meses de junho/2008, maio/2009, abril/2010 e outubro/2010, nesta última campanha com resultados alcançando até 10 mg/L, no Ponto 03, em maré vazante, ponto este que localiza-se próximo a manguezais.

Pereira (2004) relata que em menor proporção, o íon sulfeto pode também ser gerado da decomposição biológica de matéria orgânica contendo enxofre, notadamente as proteínas albuminóides.

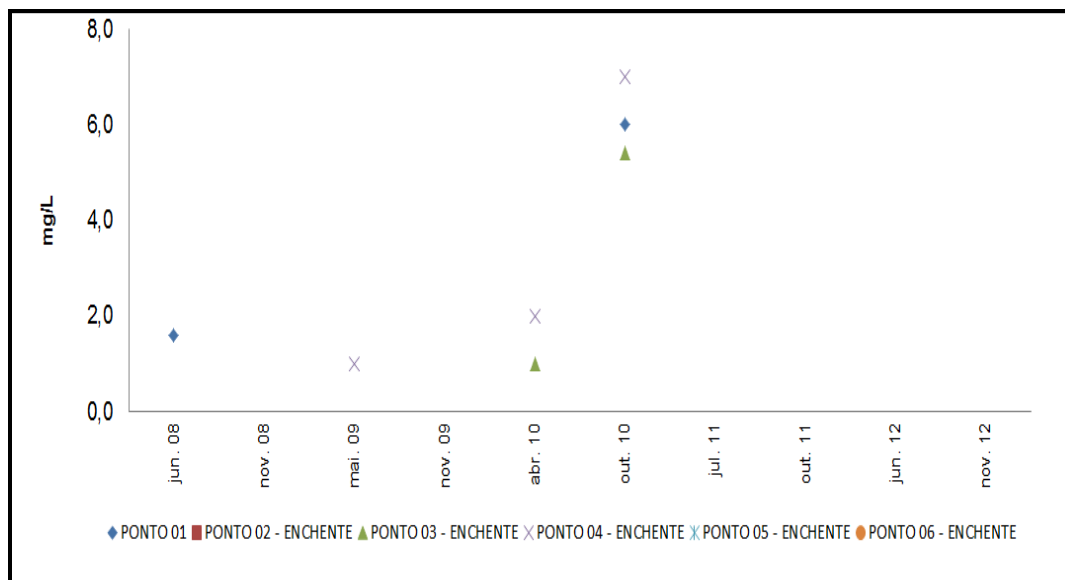
Em condições oxidantes, a degradação da matéria orgânica e a dissolução dos sulfetos podem liberar os metais complexados para a coluna d'água (Clarck, 1996).

Gráfico 17 – Gráfico de sulfeto (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método não foi informada.

Gráfico 18 – Gráfico de sulfeto (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método não informada.

#### 5.3.2.4 Chumbo Total

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos, nestes últimos, naturalmente, por contaminação e na embalagem. Está presente na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição e metalurgia. Constitui-se em uma substância tóxica cumulativa, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central com conseqüências bastante sérias. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros.

O chumbo apresenta como padrão de potabilidade o valor máximo permissível de 0,01 mg/L, de acordo com a Portaria MS, No. 2914, de 12/12/2011, mesmo valor adotado nos Estados Unidos. É também padrão de emissão de esgotos e de classificação das águas naturais. Para peixes, os valores de DL<sub>50</sub> variam, no geral, de 0,1 a 0,4 mg/L, embora, em condições experimentais, alguns resistam até 10 mg/L. Outros organismos (moluscos, crustáceos, mosquitos quironomídeos e simúlídeos, vermes oligoquetos, sanguessugas e insetos tricópteros) desaparecem após a morte dos peixes, em concentrações superiores a 0,3 mg/L. A ação sobre os peixes é semelhante à do níquel e do zinco.

O chumbo é um metal pesado perigoso na sua forma dissolvida, principalmente na forma iônica, pois assim, está disponível para ser assimilado pela biota aquática, podendo atingir concentrações 1400 vezes maiores que as encontradas na água. Ele é tóxico mesmo em pequenas concentrações podendo provocar inibições em algumas enzimas e alterações no metabolismo das células (PEREIRA, 2004).

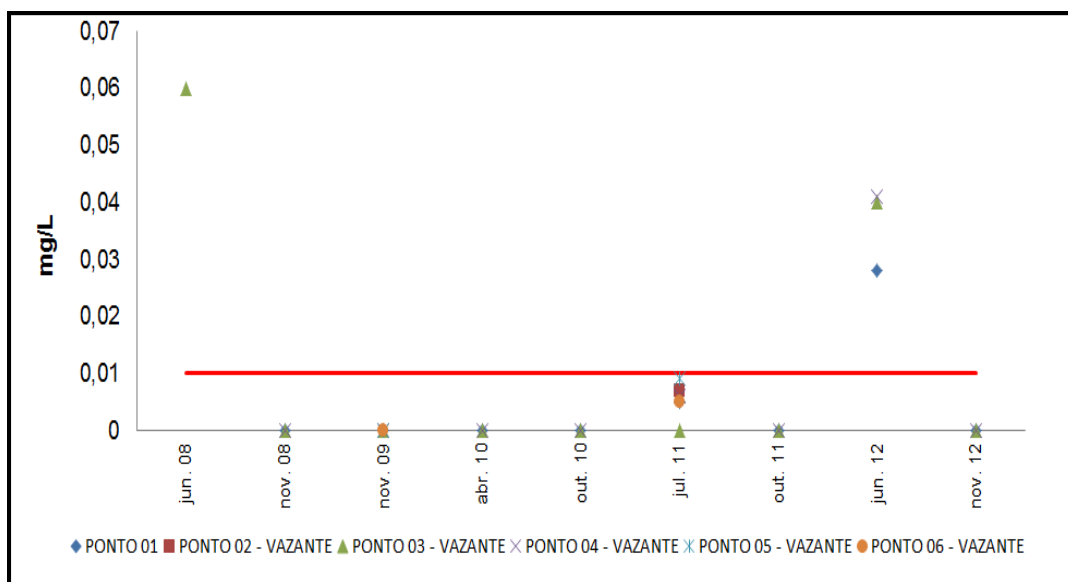
Uma contaminação por chumbo em peixes pode provocar lesões nas brânquias e inibições nas trocas de oxigênio/gás carbônico (PEREIRA, 2004).

Para o parâmetro de chumbo total (Gráfico 19 e 20) os teores indicaram média variável (0,002 a 0,013 mg/L), embora muitos dos dados tenham se mantido abaixo dos limites de quantificação do equipamento utilizado. Foram observados valores acima do padrão ambiental nos Pontos 01, 02, 03 e 04, sobretudo na campanha de junho/2012. Com exceção do Ponto 01, que mantém suas características naturais (ponto branco), os demais pontos ficam próximos aos terminais que possuem descargas de minérios e soja.

No mês de junho/2008, o Ponto 03 apresentou a maior concentração de chumbo observada (0,060 mg/L) em maré vazante, enquanto em maré enchente o valor reportado foi menor que o limite de quantificação. A partir dos resultados e considerando-se a incerteza expandida (15%) do método para o parâmetro citado, somente o Ponto 05 apresentou probabilidade de exceder o limite legal em janeiro/11, em maré vazante.

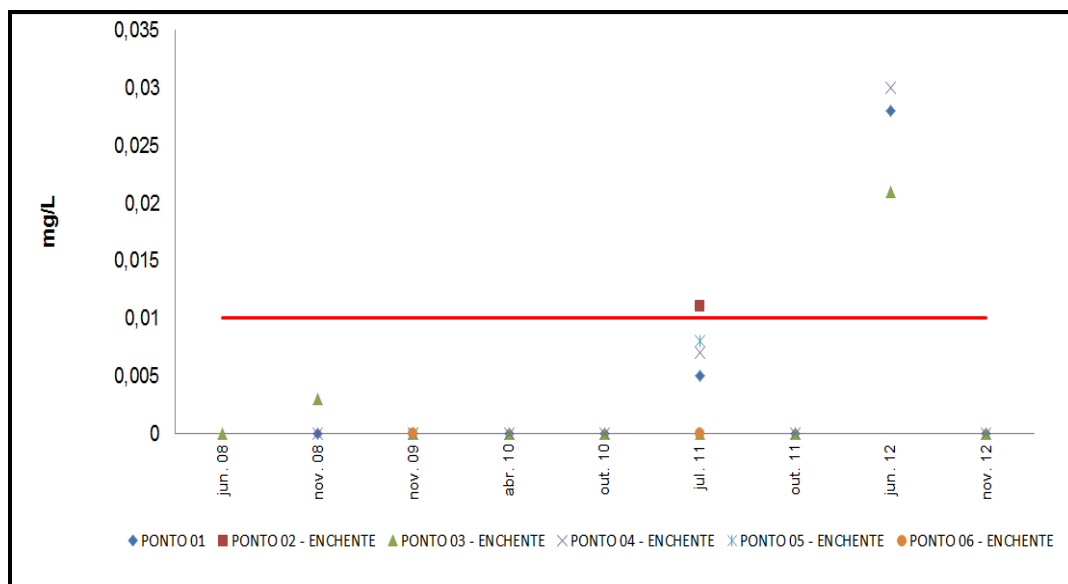
Segundo AZEVEDO (2003), o chumbo pode estar presente na água como resultado de sua dissolução a partir de fontes naturais, principalmente por tubulações, soldas, acessórios e conexões contendo chumbo. A quantidade de chumbo dissolvido a partir de encanamentos depende de vários fatores, como presença de cloro e oxigênio dissolvido, pH, temperatura, dureza da água, tempo de permanência da água em contato com a tubulação. Próximos a todos os pontos de monitoramento existem tubulações (dos píeres), navios naufragados e outras possíveis fontes de presença de chumbo.

Gráfico 19 – Gráfico de chumbo total (maré vazante)\*



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 15%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

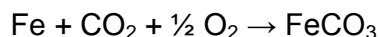
Gráfico 20 – Gráfico de chumbo total (Maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 15%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

### 5.3.2.5 Ferro Dissolvido

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação:



O carbonato ferroso é pouco solúvel em água, o que resulta na possível presença na forma particulada. Frequentemente é encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens (CETESB, 2008).

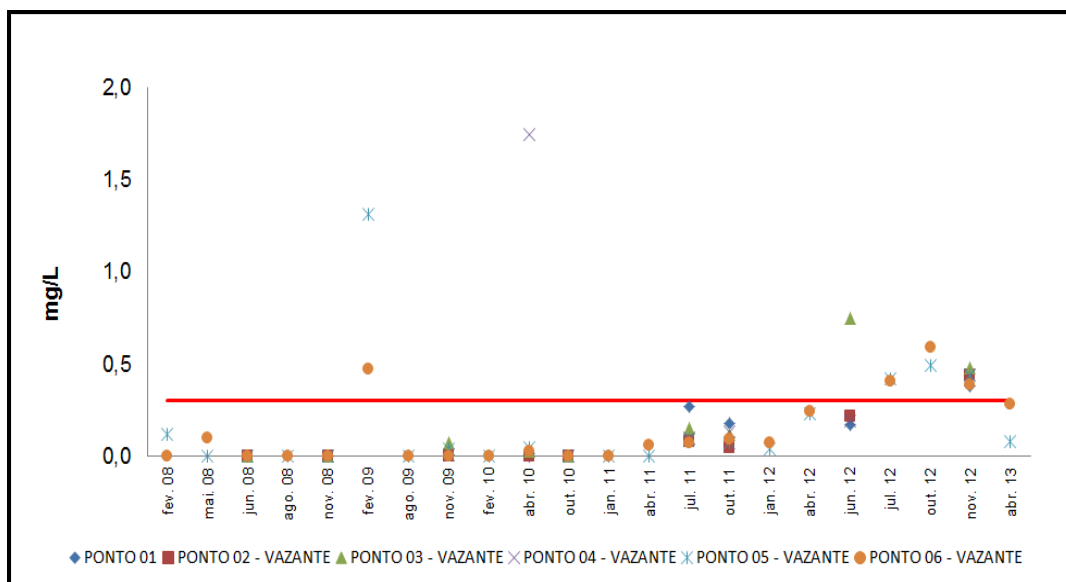
Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens. Em estudo realizado por Menezes *et. al.* (2009), sobre a qualidade da água na Bacia do Rio São Domingos - RJ, os autores justificam o alto percentual de amostras com maior quantidade de ferro nas águas superficiais à chuva, já que a maioria das amostras foi coletada em dias de chuva. Segundo eles, os resíduos agrícolas também são importantes fontes de ferro para as águas da bacia, por ser o ferro constituinte de diversos agrotóxicos.

Para o parâmetro dissolvido (Gráficos 21 e 22) os dados médios apresentaram conformidade com o padrão ambiental, com exceção do Ponto 04 em maré vazante, devido a um pico de 1,74 mg/L registrado no mês de abril/2010. Outras ocorrências de não conformidade foram verificadas nos Pontos 03, 05 e 06. Em novembro/2012 houve violação do limite legal em todos os pontos de monitoramento. Considerando-se a incerteza expandida (4,2%) do método para o parâmetro citado, somente o Ponto 06 apresentou probabilidade de exceder o limite legal em abril/13 em maré vazante.

É importante ressaltar que o Porto de Ponta da Madeira, cujos pontos de amostragem estão localizados em suas proximidades, apresenta grande atividade de manejo de minérios de ferro e manganês.

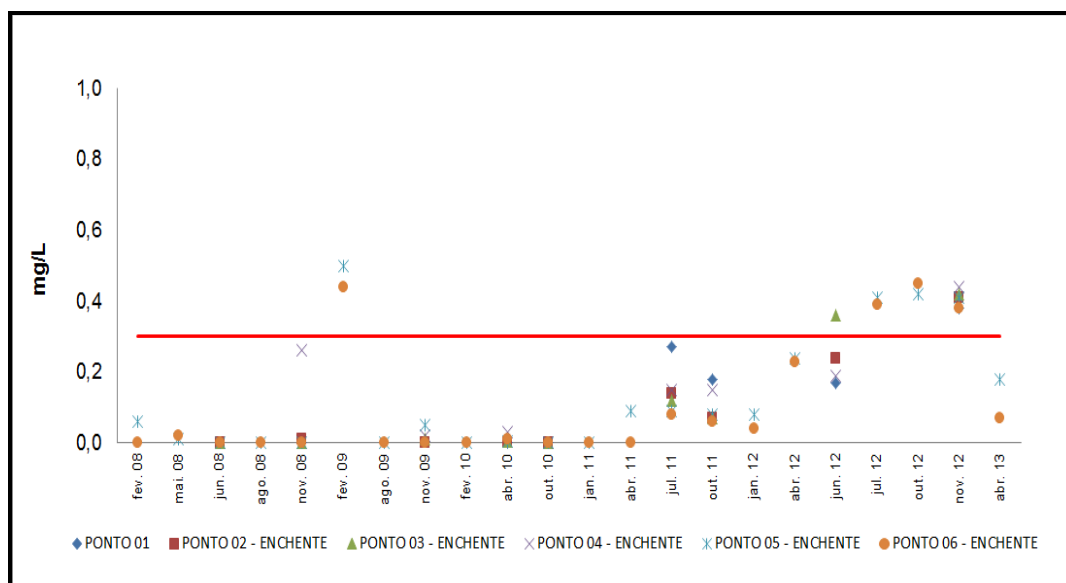
Os sais de Fe precipitam como óxidos hidratados de ferro, que permanecem na fase particulada e depositam. Até hoje, não se sabe ao certo quais os efeitos da contaminação de Fe ao meio. Foi constatado em alguns casos a perda de peso e o aumento da mortalidade em populações de alguns tipos de mexilhões (Clarck, 1996).

Gráfico 21 – Gráfico de ferro dissolvido (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 4,2%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

Gráfico 22 – Gráfico de ferro dissolvido (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 4,2%, considerando-se uma probabilidade de 95%.



### 5.3.2.6 Manganês Total

Manganês é muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros. O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos os mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo-se se apresentar nos estados de oxidação  $Mn^{+2}$  (forma mais solúvel) e  $Mn^{+4}$  (forma menos solúvel).

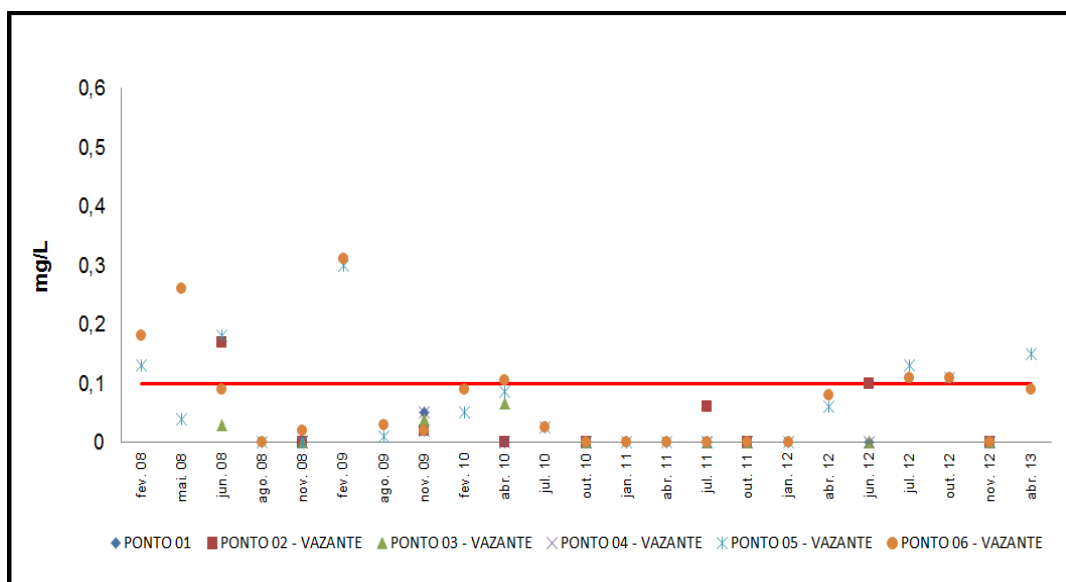
A concentração de manganês inferior a 0,05 mg/L geralmente é aceitável em mananciais devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. Concentrações superiores a 1,0 mg/L costumam ser raras em águas superficiais naturais e, normalmente, concentrações de 0,2 mg/L são as mais frequentes.

Teores não conformes de manganês total (Gráficos 23 e 24) foram detectados de forma mais frequente e significativa nos Pontos 05 e 06 (enchente e vazante), embora também tenham sido verificados valores elevados no Ponto 02 (enchente e vazante). No entanto, todos os pontos apresentaram condição média em conformidade com o padrão ambiental.

Considerando-se a incerteza expandida do método (2,5%), foi observada possibilidade de exceder o limite legal permitido pela legislação vigente na maré vazante no Ponto 05 (abril/10), no Ponto 06 (junho/08, fevereiro/10 e abril/13) e na maré enchente em fevereiro/09 no Ponto 05.

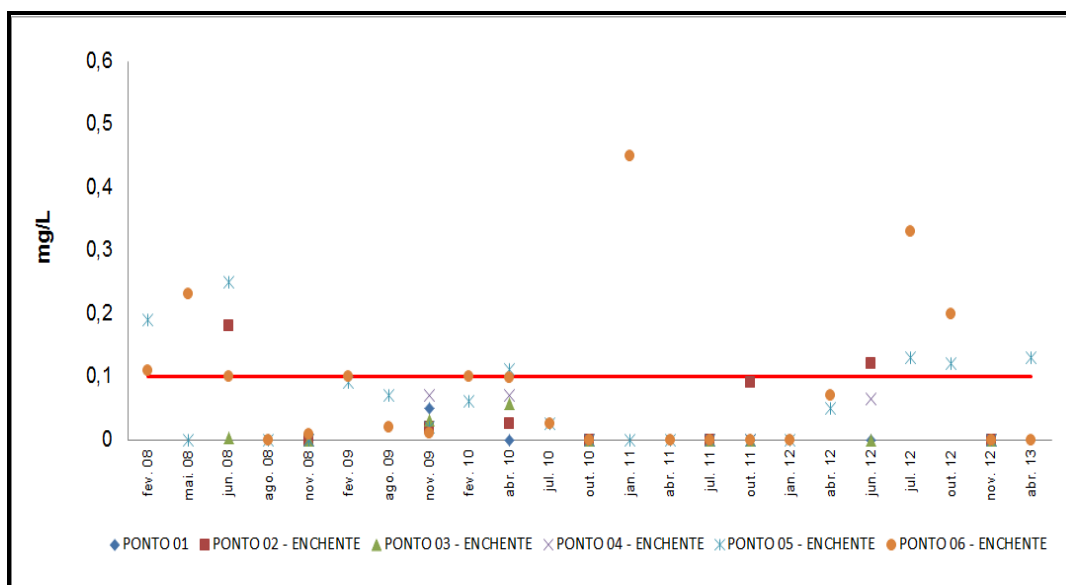
O manganês é um metal essencial nos sistema aquáticos tem o potencial de desempenhar um importante processo na ciclagem dos metais traços, que prontamente se ligam formando compostos insolúveis com o Mn oxidado. (Murray, 1975). Por isso, existe um considerável interesse no comportamento do Mn em ecossistemas aquáticos (Florence, 1982).

Gráfico 23 – Gráfico de manganês total (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 2,5%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

Gráfico 24 – Gráfico de manganês total (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 2,5%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

### 5.3.2.7 Níquel Total

O níquel e seus compostos são utilizados em galvanoplastia, na fabricação de aço inoxidável, manufatura de baterias Ni-Cd, moedas, pigmentos, entre outros usos. Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg/L; valores elevados podem ser encontrados em áreas de mineração. A maior contribuição antropogênica para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados.

Grande parte do níquel está presente na forma particulada e sofre grande deposição em estuários, atividades de dragagens para manutenção de portos pode ser considerada uma fonte potencial de contaminação (CLARK, 1997).

O acúmulo excessivo de níquel apresenta efeitos tóxicos. Em organismos marinhos pode causar inibição e retardamento no crescimento, problemas na osmorregulação, diminuição do hematócrito e hemoglobinas e redução na capacidade das brânquias (MOORE, 1991).

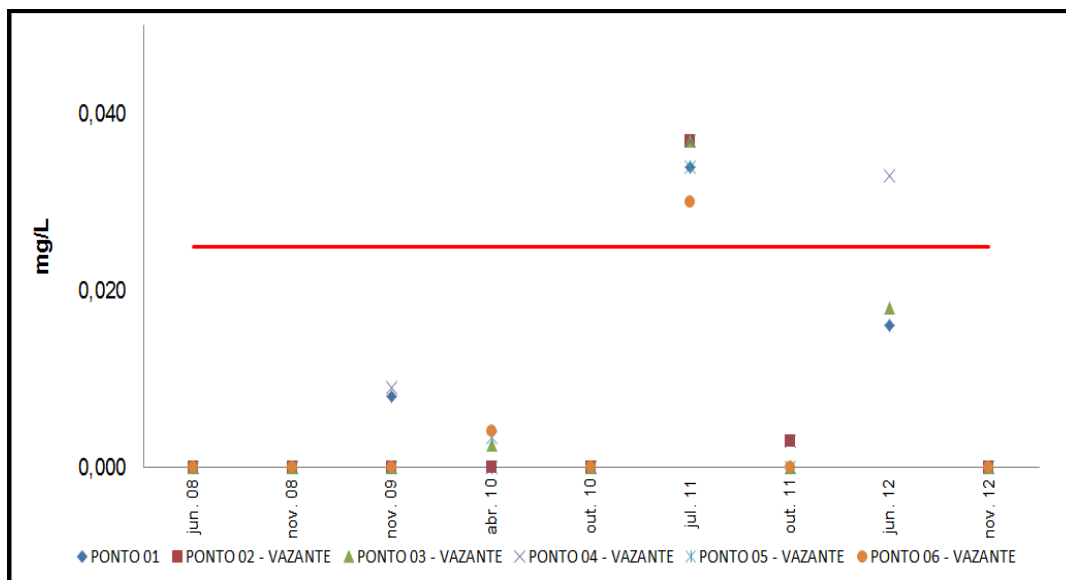
A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um valor máximo permitido de níquel em 0,025 mg/L.

Para os pontos amostrados, observou-se que o limite legal estabelecido para o parâmetro níquel total (Gráficos 25 e 26) foi excedido nas campanhas de julho/2011, para a maioria dos pontos monitorados. Em junho/2012 foi observada violação com concentrações expressivas no Ponto 02 em maré enchente e vazante (2,28 e 2,37 mg/L, respectivamente). Para os demais resultados foram observados teores pouco significativos ou inferiores aos limites de quantificação. A média dos dados apresentou conformidade em relação ao limite estipulado pela legislação para todos os pontos, com exceção do Ponto 02, devido aos resultados extremos.

Verificou-se que, a partir dos cálculos utilizando a Incerteza Expandida do método (2%), nenhum dos resultados de monitoramento apresentou probabilidade de exceder o limite legal permitido pela legislação vigente, tal constatação deve-se ao fato de que os demais resultados, apresentaram-se pouco significativos ou inferiores aos limites de quantificação do equipamento.

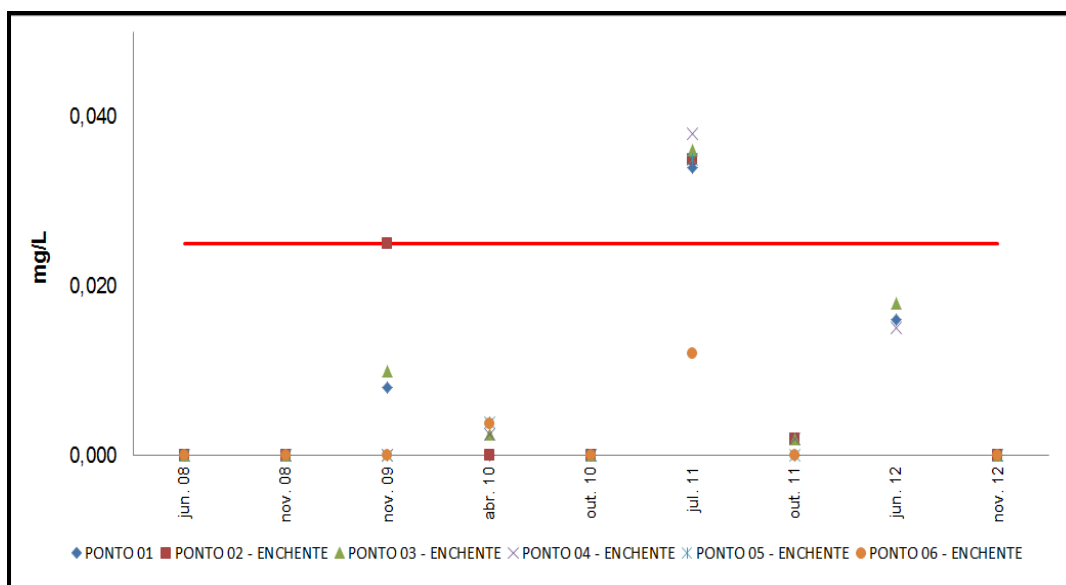
Segundo AZEVEDO (2003), em concentrações muito baixas, o níquel pode ser um nutriente essencial para algumas espécies. O níquel é mais tóxicos para plantas do que para animais, em baixas concentrações. Entretanto, contaminações ambientais podem causar problemas respiratórios e dermatites. As doses letais para peixes de água do mar são de 100 mg/L.

Gráfico 25 – Gráfico de níquel total (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 2,0%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

Gráfico 26 – Gráfico de níquel total (maré enchente)\*



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 2,0%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

### 5.3.2.8 Zinco Total

O zinco é também bastante utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. Por ser largamente utilizado na indústria, zinco pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos.

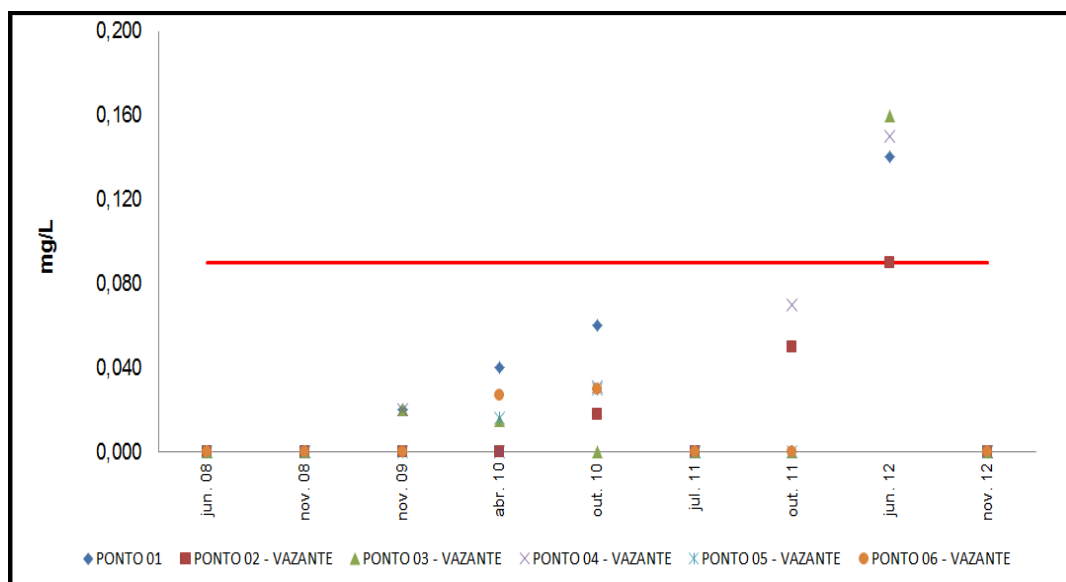
A presença de zinco é comum em águas naturais. Nos Estados Unidos, em um levantamento efetuado 135 mananciais, 95 apresentaram níveis superiores a 20 mg/L (BOYD, 1998). O zinco é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, confere sabor e uma certa opalescência às águas alcalinas. Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas. O zinco é pouco nocivo para mamíferos e peixes, pois tem caráter não-cumulativo e é nutriente essencial ao metabolismo celular (PEREIRA, 2004). A ação desse íon metálico sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel, anteriormente citada. As experiências com outros organismos aquáticos são escassas. Em águas superficiais, normalmente as concentrações são inferiores a 0,001 mg/L ou até 0,10 mg/L. Em elevadas concentrações, zinco pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano; isso só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas.

Os Gráficos 27 e 28 mostram os valores observados para zinco total. Os dados médios estão em conformidade com o padrão ambiental para todos os pontos, ainda que na campanha de junho/2012 tenham sido observados valores que ultrapassam o limite legal nos Pontos 01, 02, 03 e 04. Com exceção do Ponto 01, que possuem características naturais, os demais pontos estão localizados próximos ao Porto de Itaqui, Porto de Ponta da Madeira e Terminal Ferry Boat. Apesar disto, não se pode afirmar que a área de estudo apresenta contaminação por este metal.

Verificou-se que, a partir dos cálculos utilizando a Incerteza Expandida do método (7,8%), assim como aconteceu com o parâmetro níquel total, nenhum dos resultados de monitoramento apresentou probabilidade de exceder o limite legal permitido pela legislação vigente, tal constatação deve-se ao fato de que os demais resultados, apresentaram-se pouco significativos ou inferiores aos limites de quantificação do equipamento.

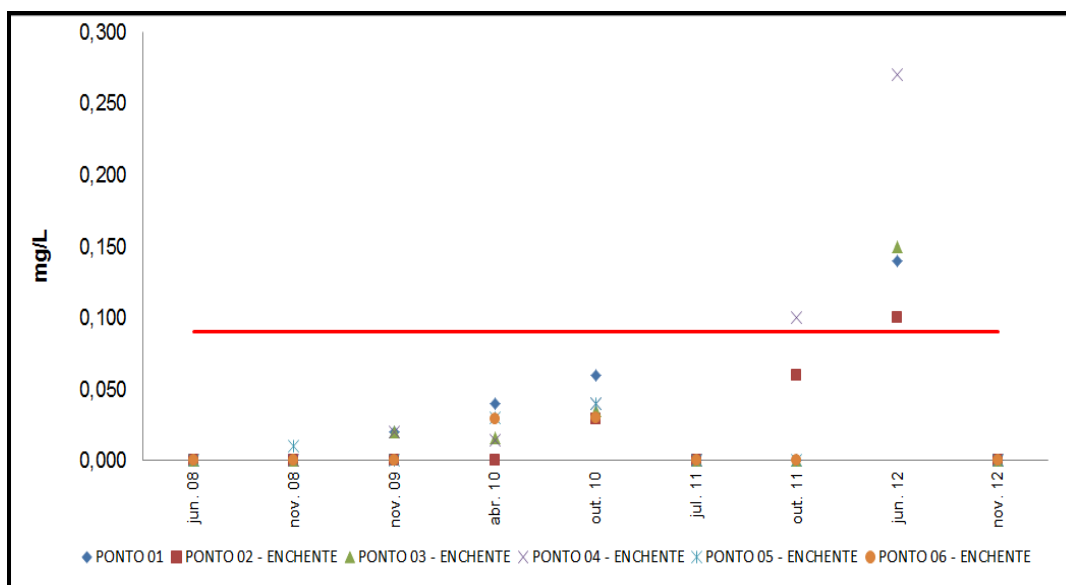
O zinco, assim como o ferro, deve estar presente em baixa concentração no sistema aquático, por serem micronutrientes (AZEVEDO, 2003).

Gráfico 27 – Gráfico de zinco total (maré vazante)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 7,8%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

Gráfico 28 – Gráfico de zinco total (maré enchente)\*.



\*Fonte: Dados obtidos junto a SEMA-MA. A Incerteza Expandida do método foi de 7,8%, considerando-se uma probabilidade de 95%.

A avaliação demonstrou que na Baía de São Marcos predominam águas com características neutras, com valor médio de pH variando de 7,6 a 7,9 nos pontos monitorados. Observou-se que no período chuvoso (abril a julho), os teores dos metais

excederam aos valores permitidos em todos os pontos monitorados, observando-se maior ocorrência nos pontos próximos a área industrial. O comportamento desses metais está associado a vários fatores físicos e químicos e às várias atividades antrópicas que acontecem na região em estudo.

Os demais parâmetros apresentaram resultados médios dentro dos limites estabelecidos para as águas salobras. Observou-se também que para os cálculos das incertezas expandidas dos métodos analíticos, os parâmetros analisados mostraram considerável probabilidade de exceder o limite legal permitido pela legislação na maioria dos pontos monitorados, principalmente os parâmetros pH e manganês total. Para os parâmetros níquel total e zinco total os valores máximos permitidos não foram excedidos. Verificou-se, assim, que o ambiente monitorado apresenta-se alterado e necessita, portanto, ser mais detalhadamente avaliado em estudos futuros.

## 6 CONCLUSÕES

\* Na avaliação dos teores de metais, destacam-se maior frequência de valores acima do limite legal no período chuvoso (abril a julho) e como pontos de ocorrências mais recorrentes no Ponto 04, que fica próximo a área industrial, seguido dos Pontos 03, localizado próximo a área de mangue e Ponto 02, localizado próximo a praia da guia.

\* As maiores ocorrências de metais em águas aconteceram em período chuvoso. Este fato pode ser explicado devido nesse período ocorrer o aumento na quantidade de particulados suspensos presentes na água decorrente da lavagem dos solos e carreamento de uma maior quantidade de detritos, além do aumento do fluxo de água provocar um revolvimento dos sedimentos culminando na suspensão desses, e conseqüentemente, a potencial disponibilização dos contaminantes associados a estes sedimentos.

\* O elemento que expressa maior atenção com relação à sua ocorrência é o manganês, encontrado em todos os pontos monitorados e em níveis excedendo o limite legal, tanto na maré enchente quanto na vazante. Sua ocorrência é dada com maior intensidade no período seco, embora tenha apresentado também no início do período chuvoso (meses de janeiro a março).

\* Os resultados obtidos do monitoramento no período de 2008 a 2013, nos 06 pontos amostrados, são compatíveis com a avaliação apresentada pela GOLDER (2013), demonstrando claramente o efeito da drenagem continental sobre fatores físicos, químicos e biológicos, que provocam uma queda acentuada na salinidade, redução dos níveis de OD na região, maior aporte de matéria orgânica e, conseqüente, aumento das concentrações de alguns metais. O regime pluviométrico local está fortemente relacionado a tais efeitos, uma vez que contribuem para os grandes volumes de drenagens que desaguam na Baía de São Marcos.

\* As diversas atividades industriais na região da Baía de São Marcos produzem alterações na qualidade da água devido à introdução de constituintes particulados e dissolvidos na massa d'água com reflexos em todos os parâmetros analisados, os quais tendem a se dispersar rapidamente sob a ação das fortes correntes de maré.

\* A dinâmica dos metais nos ambientes estuarinos, de uma forma geral, está associado a vários fatores físicos e químicos, tais como a salinidade, sólidos em suspensão, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, concentração de matéria orgânica, etc., e aos processos biológicos, como consumo, produção primária e decomposição de matéria orgânica.

\* Os cálculos de incertezas expandidas dos métodos analíticos para os parâmetros analisados mostraram considerável probabilidade de exceder o limite legal permitido pela Resolução CONAMA 357/05 na maioria dos pontos monitorados, principalmente



os parâmetros pH e manganês total. Os cálculos para o níquel total e zinco total mostraram não haver possibilidade de exceder o limite legal.

\* Observou-se que nenhum dos pontos monitorados localiza-se na desembocadura dos rios que deságuam na Baía de São Marcos, o que prejudica uma análise mais detalhada da região em estudo, em relação a possíveis impactos causados por essas águas doces.

\* Muitos valores encontrados para os metais analisados apresentam-se de forma abundante nos resultados de monitoramento da Baía de São Marcos, apesar disto, não se pode afirmar que a área de estudo apresenta contaminação por estes metais.

\* Os resultados mostram indícios de contaminação que sugerem um estudo mais detalhado na área, com vistas a um diagnóstico mais preciso, de forma a identificar a origem dos desvios observados neste estudo. Para tal, é necessária a investigação de outros parâmetros também importantes para estudos de correlação e que apresentem relevância do ponto de vista ambiental e toxicológico, assim como análise de sedimentos e biota aquática.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9896**: Define qualidade da água como o resultado de características físicas, químicas, biológicas e organolépticas de uma água, relacionado com o seu uso para um fim específico. Rio de Janeiro, 1993.

AZEVEDO, F.A.; CHASIM, A.A.M. **Metais: Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu Editora/InterTox, 2003. 554p.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**/Colin Baird; tradução Maria Angeles Lobo Recio; Luiz Carlos Marques Carrera. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622p.

BELEM, A. L.; **Circulação/estratificação transiente no complexo estuarino de santos: comparações entre o estuário interno e área costeira adjacente durante sizigia**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2007.

BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. Birmingham: Publishing Co. 482p., 1990. ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

BRAYNER, F. M. M. **Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana**. São Carlos. 103p. Tese (Doutorado) – Escola de engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1998.

CLARCK, R. B. **Marine Pollution**. Oxford: Clarendon Press, 1997.

CLARCK, R. B., 1996. Marine Pollution. Oxford University Press, New York, 3rd. ed., 172pp.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação: Diário Oficial da União, 18 de março de 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) – Governo do Estado de São Paulo. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. In: **Apêndice A**. São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 01 de Agosto. 2014.

DHN. 2013. Do Rio Pará à baía de São Marcos; Capítulo 4. In: Roteiro - Costa norte, da baía do Oiapoque ao Cabo Calcanhar rios Amazonas, Jari e Trombetas, Rio Pará.

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação, 11ª Edição, 4º Reimpressão. pp. 139-157. <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/publicacao/roctn/rot-cn-completo.pdf>

EL-ROBRINI, M.; Alves, M.A.M.S.; Souza Filho, P.W.M.; Elrobrini, M.H.; Silva Jr., O.G.; França, C.F. 2006. In: Dieter Muehe. (Org.). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro - Maranhão. 1 ed. Brasília: MMA, v. 1, p. 86-130. [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_sigercom/\\_arquivos/ma\\_erosao.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ma_erosao.pdf)

FLORENCE T. M. 1982. **Development of physico-chemical speciation procedures to investigate the toxicity of copper, lead, cadmium and zinc towards aquatic biota**, *Analytica Chimica Acta*, Volume 141, 1 September 1982, Pages 73-94.

FRAGOSO, C. R.; BUARQUE, D. C.; TUCCI, C. E. M.; **Uma avaliação integrada do assoreamento e da poluição urbana sobre a qualidade da água na embocadura estuarina de São Luís – MA**. II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste. 2008.

FURTADO, J.G.C. **Estudo de impactos ambientais causados por metais pesados em água do mar na baía de São Marcos: correlações e níveis de background**. 2007. 74 p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Faculdade de João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

GARCIA, P. D., Caracterização hidrossedimentológica das correntes de maré e do transporte de sedimentos associado à área portuária do Maranhão. 2007. 258 p. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GOLDER ASSOCIATES. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Dragagem de Manutenção do Píer IV do Terminal Portuário Ponta da Madeira (TPPM): Análise Integrada**. (Relatório Técnico). RT-002\_129-528-2008\_00-B. Julho de 2013. 490p.

IBGE. 2012. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Diretoria de Geociências - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 176p.

HENNEMANN, M. C.; **Dinâmica da Qualidade da Água em uma Lagoa Costeira: o Caso Peculiar da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, Brasil**. Dissertação (Mestre em Ecologia). Universidade Federal de Santa Catarina. 2010. 112f.

LEITE, Flávio. Validação em Análise Química. Campinas, São Paulo: Editora Átomo, 2002. 4. ed

MACÊDO, J.A.B. Águas & águas. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004. 977p.

MACÊDO, J.A.B. Águas & águas. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007. 52p.

MAIA C.B.; ALMEIDA A.C.M.; MOREIRA F.R. **Avaliação do Teor de Chumbo em Mexilhões da Espécie Perna perna na Região Metropolitana da Cidade do Rio de Janeiro**. *Journal of the Brazilian Society Ecotoxicology*, v. 1, n. 2, 2006, 195-198.

Maranhão, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Programas Especiais. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. **Diagnóstico Ambiental da Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís**. São Luís, SEMA/MMAPNMA, 1998. 186p.

Maranhão, 2002. **Atlas do Maranhão**. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico/Laboratório de Geoprocessamento - UEMA. São Luís: GEPLAN, 44p.

MARANHÃO, N. **Sistemas de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) - Programas de Pós-graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.

MARTINS, C.R.; PEREIRA, P.A.P.; LOPES, W.A. e ANDRADE, J.B. **Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre**. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola – Química, Vida e Ambiente**. p. 28-41, 2003.

MCLUSKY, D. S.; ELLIOTT, M. **The estuarine ecosystem: ecology, threats and management**, 3. ed. Oxford University Press: 2004.

MENEZES, J. M.; PRADO, R.B.; SILVA JR, G.C.da; MANSUR, K.L.; OLIVEIRA, E. dos S. de O. Qualidade da Água e sua Relação Espacial com as Fontes de Contaminação Antrópica e Natural: Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – RJ. In: **Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.29, n.4, p.687-698, out./dez. 2009.

MOCHEL, F.R., et al. **Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão**. Relatório Final. 252 fl. São Luís, 2003.

MOORE, J. W. **Inorganic contaminants of surface water**. United States of America: Springer-Verlag New York Inc., 1991.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1983. 434p.

PEREIRA, S. F. P.; **Avaliação da contaminação por metais pesados no Delta do Rio Amazonas**. Belém: LAQUANAM – UFPA. 2000. 44p.

PEREIRA, A. A.; MENDONÇA, A. S. F.; FILHO, M. C. A.; **Aspectos Qualitativos de Águas de Lagoas Costeiras e seus Fatores Influentes – Estudo de Caso: Lagoa Mãe-Bá, Espírito Santo**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 11 n.1 Jan/Mar 2006, 63-77.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. IPH-UFRGS. V. 1, n. 1. P. 20-36. 2004. <http://www.abrh.org.br/informações/informações/rerh.pdf>, acessado em 21/09/2014.

PEREIRA FILHO, J.; SPIRELLE, L. C.; SCHETTINI, C. C. F. **Dinâmica de nutrientes na região portuária do rio Itajaí-açu, SC.** Atlântica. 25:11-20. 2003.

PETROBRAS. 1988. **Parecer Técnico quanto aos Aspectos Hidráulicos/Sedimentológicos Referentes às Alternativas de Solução para Implantação do Pier Petrolero do Porto Comercial do Itaquí.** V.1: 51p.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo. ABES, 2005. 285p.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA, S. J. Caracterização e Alterações da Qualidade da Água. In: PORTO R.L. (Org.) **Hidrologia Ambiental.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3. 1991.

RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos - Vol.15, n.2 (2010). Porto Alegre/RS: ABRH, 2007.

RIOS, L. 2001. **Estudos de Geografia do Maranhão.** 3ª ed. São Luís, Graphis.

RUAS, A. **Avaliação das Alterações da Qualidade de Águas Tropicais Decorrentes da Instalação de Barramentos para Fins de Geração de Energia Elétrica - Estudo de Caso do Rio Pomba.** Dissertação de Mestrado - Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

SARAIVA, E. B. **A água do mar e a oceanografia.** REVISTA USP, São Paulo, n.70, p. 64-77, junho/agosto 2006.

SOARES, D. N. E. S.; **Bases microbiológicas e químicas da qualidade ambiental da água e areia da orla de Manguinhos - Serra, Espírito Santo, Brasil.** Dissertação (Mestre em Ecologia de Ecossistemas) – Centro Universitário Vila Velha. 2009. 120f.

SOUSA, J. K. C.; **Avaliação de impactos ambientais causados por metais traço em água, sedimento e material biológico na Baía de São Marcos, São Luís – Maranhão.** 2009. 90f. Tese (Doutorado em Química) – Faculdade de João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SPIRO, Thomas G. Química Ambiental / Thomas G. Spiro, William M. Stigliani; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Reinaldo C. Bazito, Renato S. Freire. 2 ed. São Paulo; Pearson Prentice Hall, 2009.

VENICE SYSTEM. Symposium on the classification of brackish waters. The Venice System for the classification of marine waters according to salinity. Oikos 9: 1958. p. 311 e 312.

VERONEZ, B. P. **Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordeste**

**paraense, amazônia oriental.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2011. 172f.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2<sup>a</sup>. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 243p. ISBN: 85-7041-114-6

## ANEXO 01 - CÁLCULOS DE MÉDIAS E PERCENTUAIS DE INCERTEZAS EXPANDIDAS EM CADA UM DOS PONTOS MONITORADOS.

DADOS DE MONITORAMENTO - pH (Maré Vazante)								
Campanhas Águas Costeiras	LIM. INF. CLASSE 1 CN357	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
fev. 08	6,5	8,5					7,9	7,7
mai. 08	6,5	8,5					7,6	7,5
jun. 08	6,5	8,5	7,9	8,1	7,6	7,3	7,3	8,1
ago. 08	6,5	8,5					7,9	7,6
nov. 08	6,5	8,5	8,1	8,5	8,1	7,8	8,3	8
fev. 09	6,5	8,5					7,8	7,4
mai. 09	6,5	8,5	7,7	7,9	7,8	7,7	7	7
ago. 09	6,5	8,5					8,2	8,2
nov. 09	6,5	8,5	7,0	6,8	7,6	7,1	6,7	6,4
fev. 10	6,5	8,5					7,6	7,4
abr. 10	6,5	8,5	7,7	6,8	7,5	7,6	7,2	7,3
jul. 10	6,5	8,5					7,9	8,1
out. 10	6,5	8,5	8,0	7,8	7,8	7,9	7,8	7,9
jan. 11	6,5	8,5					6,7	6,5
abr. 11	6,5	8,5					7,8	7,8
jul. 11	6,5	8,5	7,7	7,9	7,9	7,9	7,9	7,8
out. 11	6,5	8,5	7,9	8,1	8,0	7,9	8,0	8,0
jan. 12	6,5	8,5					7,7	7,7
abr. 12	6,5	8,5					8,0	8,2
jun. 12	6,5	8,5	8,1	8,2	8,0	8,4		
jul. 12	6,5	8,5					8,0	8,1
out. 12	6,5	8,5					8,1	
nov. 12	6,5	8,5	8,1	7,9	8,1	7,9	8,1	8,0
abr. 13	6,5	8,5					7,0	7,3
Mínimo	-	-	7,00	6,80	7,50	7,10	6,70	6,40
Média	-	-	7,820	7,800	7,840	7,750	7,674	7,636
Máximo	-	-	8,10	8,50	8,10	8,40	8,30	8,20
% Incerteza Expandida	-	-	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%
Intervalo Máximo	-	-	8,16	8,14	8,18	8,09	8,01	7,97
Intervalo Mínimo	-	-	7,48	7,46	7,50	7,41	7,34	7,30
Total de Resultados	-	-	10,00	10,00	10,00	10,00	23,00	22,00

DADOS DE MONITORAMENTO - pH (Maré Enchente)								
Campanhas Águas Costeiras	LIM. INF. CLASSE 1 CN357	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
fev. 08	6,5	8,5					7,1	7,3
mai. 08	6,5	8,5					7,5	7,7
jun. 08	6,5	8,5	7,9	7,7	8,1	8,4	6,9	7,9
ago. 08	6,5	8,5					7,7	7,9
nov. 08	6,5	8,5	8,1	8,7	7,9	7,9	7,9	8
fev. 09	6,5	8,5					8	7,7
mai. 09	6,5	8,5	7,7	7,8	7,8	7,5	7,3	7,1
ago. 09	6,5	8,5					8,1	8,2
nov. 09	6,5	8,5	7,0	6,7	7,5	7	6,7	6,6
fev. 10	6,5	8,5					7,7	7,9
abr. 10	6,5	8,5	7,7	7,9	8	8	7,8	7,8
jul. 10	6,5	8,5					7,4	7,8
out. 10	6,5	8,5	8,0	7,8	7,9	7,9	7,7	7,9
jan. 11	6,5	8,5					7,2	7,4
abr. 11	6,5	8,5					8	8
jul. 11	6,5	8,5	7,7	7,9	8	8	7,9	8
out. 11	6,5	8,5	7,9	8,0	8,0	7,9	8,0	8,0
jan. 12	6,5	8,5					7,9	7,6
abr. 12	6,5	8,5					8,1	8,0
jun. 12	6,5	8,5	8,1	8,2	7,8	8,2		
jul. 12	6,5	8,5					8,0	8,2
out. 12	6,5	8,5					7,9	8,1
nov. 12	6,5	8,5	8,1	7,9	8,0	8,0	7,9	7,8
abr. 13	6,5	8,5					7,0	7,3
Mínimo	-	-	7,00	6,70	7,50	7,00	6,70	6,60
Média	-	-	7,820	7,860	7,900	7,880	7,639	7,748
Máximo	-	-	8,10	8,70	8,10	8,40	8,10	8,20
% Incerteza Expandida	-	-	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%
Intervalo Máximo	-	-	8,16	8,21	8,25	8,23	7,98	8,09
Intervalo Mínimo	-	-	7,48	7,51	7,55	7,53	7,30	7,41
Total de Resultados	-	-	10,00	10,00	10,00	10,00	23,00	23,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Condutividade Elétrica (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
jun. 08	-	28.200		29.700	29.300		
nov. 08	-	45.900		46.000	46.000		
mai. 09	-	7.820		7.970	8.140		
nov. 09	-	42.400		42.500	43.700	43.500	43.600
abr. 10	-	25.700		43.400	43.500		
out. 10	-	77.900		76.300	68.780		
jul. 11	-	41.770	52.300	52.300	54.550	51.050	51.550
out. 11	-	46.400		45.900	46.400		
jun. 12	-	3.400		3.700	3.700		
nov. 12	-	48.200		47.700	47.600		
Unidade de Medida: uS/cm							
Mínimo	-	3.400	52.300	3.700	3.700	43.500	43.600
Média	-	36.769	52.300	39.547	39.167	47.275	47.575
Máximo	-	77.900	52.300	76.300	68.780	51.050	51.550
Total de Resultados	-	10	1	10	10	2	2



DADOS DE MONITORAMENTO - Condutividade Elétrica (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
jun. 08	-	28.200		29.200	29.600		
nov. 08	-	45.900		45.800	46.100		
mai. 09	-	7.820		7.980	8.060		
nov. 09	-	42.400		41.700	42.000	43.900	44.000
abr. 10	-	25.700		44.000	43.300		
out. 10	-	77.900		75.950	70.350		
jul. 11	-	41.770	54.950	50.450	56.950	53.000	47.100
out. 11	-	46.400		45.700	46.300		
jun. 12	-	3.400		3.600	3.600		
nov. 12	-	48.200		47.900	48.400		
Unidade de Medida: uS/cm							
Mínimo	-	3.400	54.950	3.600	3.600	43.900	44.000
Média	-	36.769	54.950	39.228	39.466	48.450	45.550
Máximo	-	77.900	54.950	75.950	70.350	53.000	47.100
Total de Resultados	-	10	1	10	10	2	2

DADOS DE MONITORAMENTO - Turbidez (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
fev. 08	-					195,4	228,5
mai. 08	-					128,0	94,3
jun. 08	-	19,6	239,4	33,0	9,6	241,0	156,1
ago. 08	-					50,1	59,5
nov. 08	-	51,8	49,0	58,0	72,2	123,9	127,3
fev. 09	-					133,0	170,0
mai. 09	-		68,2	100,5	30,2	108,3	106,6
ago. 09	-					49,7	74,5
nov. 09	-	56,2	56,2	58,4	54,4	44,3	37,9
fev. 10	-					73,1	111,6
abr. 10	-	73,7	66,3	16,3	47,9	37,2	116,8
jul. 10	-					6,4	10,3
out. 10	-	37,3	58,1	40,3	52,6	52,3	100,4
jan. 11	-					75,2	81,5
abr. 11	-					33,1	41,0
jul. 11	-	133,9	135,3	65,0	120,0	135,4	122,5
out. 11	-	59,8	176,0	43,6	34,0	29,6	25,4
jan. 12	-					55,1	61,0
abr. 12	-					10,9	16,0
jun. 12	-	70,1	37,3	186,0	210,0		
jul. 12	-					117,0	102,0
out. 12	-					86,4	94,3
nov. 12	-	46,8	28,8	34,0	26,1	105,8	85,7
abr. 13	-					230,0	127,0
Unidade de Medida: UNT							
Mínimo	-	19,60	28,80	16,30	9,60	6,40	10,30
Média	-	61,022	91,460	63,510	65,700	92,226	93,487
Máximo	-	133,90	239,40	186,00	210,00	241,00	228,50
% Incerteza Expandida	-	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%
Intervalo Máximo	-	63,83	95,67	66,43	68,72	96,47	97,79
Intervalo Mínimo	-	58,22	87,25	60,59	62,68	87,98	89,19
Total de Resultados	-	9,00	10,00	10,00	10,00	23,00	23,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Turbidez (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
fev. 08	-					226,8	201,1
mai. 08	-					122,5	104,3
jun. 08	-	19,6	270,5	33,8	8,7	255,3	194,6
ago. 08	-					50,3	52,5
nov. 08	-	51,8	53,1	53,0	76,1	120,5	123,8
fev. 09	-					8,2	87,5
mai. 09	-		71,6	99,1	17,9	105,2	108,8
ago. 09	-					56,6	70,8
nov. 09	-	56,2	53,9	53,1	59,2	45,8	37,1
fev. 10	-					64,7	80,8
abr. 10	-	73,7	90,7	8,6	22,2	16,1	130,0
jul. 10	-					5,6	9,9
out. 10	-	37,3	41,7	48,4	49,2	46,8	82,7
jan. 11	-					55,4	83,6
abr. 11	-					59,1	59,6
jul. 11	-	133,9	134,3	55,3	131,0	140,5	123,0
out. 11	-	59,8	97,5	63,4	39,8	38,3	27,4
jan. 12	-					43,9	50,1
abr. 12	-					12,1	32,1
jun. 12	-	70,1	72,3	183,0	78,6		
jul. 12	-					152,0	483,0
out. 12	-					107,0	236,0
nov. 12	-	46,8	35,3	28,7	53,1	28,6	64,7
abr. 13	-					196,0	15,8
Unidade de Medida: UNT							
Mínimo	-	19,60	35,30	8,60	8,70	5,60	9,90
Média	-	61,022	92,090	62,640	53,580	85,100	106,922
Máximo	-	133,90	270,50	183,00	131,00	255,30	483,00
% Incerteza Expandida	-	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%
Intervalo Máximo	-	63,83	96,33	65,52	56,04	89,01	111,84
Intervalo Mínimo	-	58,22	87,85	59,76	51,12	81,19	102,00
Total de Resultados	-	9,00	10,00	10,00	10,00	23,00	23,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Transparência (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
jun. 08	-	0,60	0,45	0,50	0,55	0,30	0,30
nov. 08	-	0,30	0,35	0,25	0,30	0,20	0,20
mai. 09	-	0,30	0,30	0,20	0,35	0,25	0,35
nov. 09	-	0,35	0,35	0,25	0,30	0,30	0,30
abr. 10	-	0,12	0,15	0,16	0,20	0,18	0,21
out. 10	-	0,50	0,35	0,25	0,35	0,30	0,35
jul. 11	-	0,30	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35
out. 11	-	0,30	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35
jun. 12	-	0,30	0,35	0,25	0,30		
nov. 12	-	0,30	0,35	0,25	0,35	0,25	0,35
Unidade de Medida: m							
Mínimo	-	0,12	0,15	0,16	0,20	0,18	0,20
Média	-	0,337	0,335	0,261	0,330	0,264	0,307
Máximo	-	6,00	4,50	5,00	5,50	3,00	3,00
Total de Resultados	-	10,00	10,00	10,00	10,00	9,00	9,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Transparência (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
jun. 08	-	0,60	0,50	0,65	0,50	0,30	0,30
nov. 08	-	0,30	0,40	0,30	0,30	0,25	0,30
mai. 09	-	0,30	0,30	0,25	0,35	0,25	0,35
nov. 09	-	0,35	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35
abr. 10	-	0,12	0,18	0,24	0,26	0,28	0,30
out. 10	-	0,50	0,35	0,25	0,35	0,30	0,35
jul. 11	-	0,30	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35
out. 11	-	0,30	0,35	0,25	0,35	0,30	0,35
jun. 12	-	0,30	0,35	0,25	0,30		
nov. 12	-	0,30	0,35	0,30	0,35	0,30	0,35
Unidade de Medida: m							
Mínimo	-	0,12	0,18	0,24	0,26	0,25	0,30
Média	-	0,337	0,348	0,299	0,336	0,287	0,333
Máximo	-	6,00	5,00	6,50	5,00	3,00	3,00
Total de Resultados	-	10,00	10,00	10,00	10,00	9,00	9,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Oxigênio Dissolvido (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
fev. 08	5					4,5	4,7
mai. 08	5					6,6	7,0
jun. 08	5	6,1	6,0	6,0	3,4	5,9	6,7
ago. 08	5					6,4	6,7
nov. 08	5	5,8	7,3	5,6	6,4	7,0	6,5
fev. 09	5					6,5	6,3
mai. 09	5	7,0	7,7	5,8	7,3	7,3	7,4
ago. 09	5					5,7	5,1
nov. 09	5	6,4	6,5	5,2	6,6	6,2	6,4
fev. 10	5					5,6	5,6
abr. 10	5	6,8	6,4	6,2	6,6	6,2	6,4
jul. 10	5					6,5	6,6
out. 10	5	6,6	6,6	5,6	6,2	6	6,4
jan. 11	5					7	6,9
abr. 11	5					5,8	5,8
jul. 11	5	6,0	6,1	5,8	6	5,9	5,9
out. 11	5	6,0	5,8	5,2	5,8	5,8	6,0
jan. 12	5					6,8	7,2
abr. 12	5					6,0	6,4
jun. 12	5	7,9	7,4	6,7	7,6		
jul. 12	5					7,2	7,3
out. 12	5					9	8
nov. 12	5	6,7	6,8	6,0	6,6	6,1	6,4
abr. 13	5					3,1	3,5
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	5,8	5,8	5,2	3,4	3,1	3,5
Média	-	6,5	6,7	5,8	6,3	6,2	6,3
Máximo	-	7,9	7,7	6,7	7,6	9,0	8,0
% Incerteza Expandida	-	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%
Intervalo Máximo	-	6,60	6,73	5,87	6,32	6,29	6,38
Intervalo Mínimo	-	6,46	6,59	5,75	6,18	6,15	6,24
Total de Resultados	-	10	10	10	10	23	23

DADOS DE MONITORAMENTO - Oxigênio Dissolvido (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
fev. 08	5					4,9	5,0
mai. 08	5					5,9	5,6
jun. 08	5	6,1	5,8	5,4	4,9	6,2	6,5
ago. 08	5					6,8	6,5
nov. 08	5	5,8	6,0	6,0	6,1	6,0	5,8
fev. 09	5					6,9	6,8
mai. 09	5	7,0	7,4	6,0	7,2	7,1	6,9
ago. 09	5					4,8	4,5
nov. 09	5	6,4	6,3	5,5	6,2	5,9	6,0
fev. 10	5					6,0	5,8
abr. 10	5	6,8	6,9	6,8	7	6,7	6,8
jul. 10	5					6,9	6,8
out. 10	5	6,6	6,5	5,9	6,3	5,7	6,2
jan. 11	5					7,4	7,3
abr. 11	5					6,8	6,8
jul. 11	5	6,0	6,2	5,7	5,9	5,7	6
out. 11	5	6,0	6,2	5,3	5,7	6,1	5,8
jan. 12	5					6,8	6,9
abr. 12	5					6,2	6,4
jun. 12	5	7,9	7,9	6,9	7,1		
jul. 12	5					7,0	7,3
out. 12	5					8,4	8,6
nov. 12	5	6,7	6,5	5,9	6,4	5,8	6,0
abr. 13	5					3,0	3,5
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	5,8	5,8	5,3	4,9	3,0	3,5
Média	-	6,5	6,6	5,9	6,3	6,2	6,3
Máximo	-	7,9	7,9	6,9	7,2	8,4	8,6
% Incerteza Expandida	-	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%
Intervalo Máximo	-	6,60	6,64	6,01	6,35	6,29	6,32
Intervalo Mínimo	-	6,46	6,50	5,87	6,21	6,15	6,18
Total de Resultados	-	10	10	10	10	23	23

DADOS DE MONITORAMENTO - Sulfeto (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
jun. 08	0,002	1,6		<0,001	0,0		
nov. 08	0,002	0,0		0,0	0,0		
mai. 09	0,002	0,0		0,0	0,0		
nov. 09	0,002	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
abr. 10	0,002	<0,003		1,2	2,6		
out. 10	0,002	6,0		10,0	5,2		
jul. 11	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
out. 11	0,002	<0,001		<0,001	<0,001		
jun. 12	0,002	<0,001		<0,001	<0,001		
nov. 12	0,002	<0,001		<0,001	<0,001		
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	1,267	0,000	1,867	1,114	0,000	0,000
Máximo	-	6,00	0,00	10,00	5,20	0,00	0,00
Total de Resultados	-	10,00	1,00	10,00	10,00	2,00	2,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Sulfeto (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
jun. 08	0,002	1,6		<0,001	0,0		
nov. 08	0,002	0,0		0,0	0,0		
mai. 09	0,002	0,0		0,0	1,0		
nov. 09	0,002	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
abr. 10	0,002	<0,003		1,0	2,0		
out. 10	0,002	6,0		5,4	7,0		
jul. 11	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
out. 11	0,002	<0,001		<0,001	<0,001		
jun. 12	0,002	<0,001		<0,001	<0,001		
nov. 12	0,002	<0,001		<0,001	<0,001		
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	1,267	0,000	1,067	1,429	0,000	0,000
Máximo	-	6,00	0,00	5,40	7,00	0,00	0,00
Total de Resultados	-	10,00	1,00	10,00	10,00	2,00	2,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Chumbo Total (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
jun. 08	0,01			0,06			
nov. 08	0,01	<0,002		<0,002	<0,002		
nov. 09	0,01	<0,002		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
abr. 10	0,01	<0,01		<0,0014	<0,0014		
out. 10	0,01	<0,005		<0,005	<0,005		
jul. 11	0,01	0,005	0,007	<0,005	0,006	0,009	0,005
out. 11	0,01	<0,005		<0,005	<0,005		
jun. 12	0,01	0,028		0,040	0,041		
nov. 12	0,01	<0,005		<0,005	<0,005		
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	0,017	0,007	0,050	0,024	0,009	0,005
Máximo	-	0,03	0,01	0,06	0,04	0,01	0,01
% Incerteza Expandida	-	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%
Intervalo Máximo	-	0,02	0,01	0,06	0,03	0,01	0,01
Intervalo Mínimo	-	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00
Total de Resultados	-	8,00	1,00	9,00	8,00	2,00	2,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Chumbo Total (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
jun. 08	0,01			<0,03			
nov. 08	0,01	<0,002		0,003	<0,002		
nov. 09	0,01	<0,002		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
abr. 10	0,01	<0,01		<0,0014	<0,0014		
out. 10	0,01	<0,005		<0,005	<0,005		
jul. 11	0,01	0,005	0,011	<0,005	0,007	0,008	0,005
out. 11	0,01	<0,005		<0,005	<0,005		
jun. 12	0,01	0,028		0,021	0,030		
nov. 12	0,01	<0,005		<0,005	<0,005		
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	0,017	0,011	0,012	0,019	0,008	0,005
Máximo	-	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00
% Incerteza Expandida	-	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%
Intervalo Máximo	-	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Intervalo Mínimo	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
Total de Resultados	-	8,00	1,00	8,00	8,00	2,00	2,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Ferro Dissolvido (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
fev. 08	0,3					0,12	<0,002
mai. 08	0,3					<0,002	0,10
jun. 08	0,3		<0,002	<0,002		<0,002	<0,002
ago. 08	0,3					<0,002	<0,002
nov. 08	0,3	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
fev. 09	0,3					1,31	0,47
ago. 09	0,3					<0,002	<0,002
nov. 09	0,3	0,01	0,00	0,07	0,01	0,04	0,00
fev. 10	0,3					<0,002	<0,002
abr. 10	0,3	<0,05	<0,05	0,03	1,74	0,05	0,03
out. 10	0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
jan. 11	0,3					<0,05	<0,05
abr. 11	0,3					<0,05	0,06
jul. 11	0,3	0,27	0,08	0,15	0,10	0,09	0,07
out. 11	0,3	0,18	0,05	0,12	0,13	0,07	0,09
jan. 12	0,3					0,04	0,07
abr. 12	0,3					0,23	0,24
jun. 12	0,3	0,17	0,22	0,75	0,19		
jul. 12	0,3					0,42	0,41
out. 12	0,3					0,49	0,59
nov. 12	0,3	0,38	0,44	0,48	0,44	0,44	0,39
abr. 13	0,3					0,08	0,28
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	0,201	0,158	0,266	0,435	0,281	0,215
Máximo	-	0,38	0,44	0,75	1,74	1,31	0,59
% Incerteza Expandida	-	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
Intervalo Máximo	-	0,21	0,17	0,28	0,45	0,29	0,22
Intervalo Mínimo	-	0,19	0,15	0,25	0,42	0,27	0,21
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	22,00	22,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Ferro Dissolvido (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
fev. 08	0,3					0,06	<0,002
mai. 08	0,3					0,01	0,02
jun. 08	0,3		<0,002	<0,002		<0,002	<0,002
ago. 08	0,3					<0,002	<0,002
nov. 08	0,3	<0,002	0,01	<0,002	0,26	<0,002	<0,002
fev. 09	0,3					0,50	0,44
ago. 09	0,3					<0,002	<0,002
nov. 09	0,3	0,01	<0,002	0,01	0,02	0,05	0,00
fev. 10	0,3					<0,002	<0,002
abr. 10	0,3	<0,05	<0,05	0,01	0,03	0,01	0,01
out. 10	0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
jan. 11	0,3					<0,05	<0,05
abr. 11	0,3					0,09	<0,05
jul. 11	0,3	0,27	0,14	0,12	0,15	0,09	0,08
out. 11	0,3	0,18	0,07	0,07	0,15	0,08	0,06
jan. 12	0,3					0,08	0,04
abr. 12	0,3					0,24	0,23
jun. 12	0,3	0,17	0,24	0,36	0,19		
jul. 12	0,3					0,41	0,39
out. 12	0,3					0,42	0,45
nov. 12	0,3	0,38	0,41	0,42	0,44	0,41	0,38
abr. 13	0,3					0,18	0,07
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Média	-	0,201	0,174	0,164	0,177	0,188	0,181
Máximo	-	0,38	0,41	0,42	0,44	0,50	0,45
% Incerteza Expandida	-	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
Intervalo Máximo	-	0,21	0,18	0,17	0,18	0,20	0,19
Intervalo Mínimo	-	0,19	0,17	0,16	0,17	0,18	0,17
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	22,00	22,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Manganês Total (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
fev. 08	0,1					0,13	0,18
mai. 08	0,1					0,04	0,26
jun. 08	0,1		0,17	0,03		0,18	0,09
ago. 08	0,1					<0,002	<0,002
nov. 08	0,1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,02
fev. 09	0,1					0,3	0,31
ago. 09	0,1					0,01	0,03
nov. 09	0,1	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,02
fev. 10	0,1					0,05	0,09
abr. 10	0,1	<0,05	<0,05	0,0667	0,0005	0,0867	0,106
jul. 10	0,1					0,025	0,025
out. 10	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
jan. 11	0,1					<0,05	<0,05
abr. 11	0,1					<0,05	<0,05
jul. 11	0,1	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
out. 11	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
jan. 12	0,1					<0,05	<0,05
abr. 12	0,1					0,06	0,08
jun. 12	0,1	<0,05	0,10	<0,05	<0,05		
jul. 12	0,1					0,13	0,11
out. 12	0,1					0,11	0,11
nov. 12	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
abr. 13	0,1					0,15	0,09
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	0,050	0,088	0,046	0,025	0,099	0,109
Máximo	-	0,05	0,17	0,07	0,05	0,30	0,31
% Incerteza Expandida	-	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Intervalo Máximo	-	0,05	0,09	0,05	0,03	0,10	0,11
Intervalo Mínimo	-	0,05	0,09	0,04	0,02	0,10	0,11
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	22,00	22,00



DADOS DE MONITORAMENTO - Manganês Total (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
fev. 08	0,1					0,19	0,11
mai. 08	0,1					<0,002	0,23
jun. 08	0,1		0,18	0,002		0,25	0,1
ago. 08	0,1					<0,002	<0,002
nov. 08	0,1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,008
fev. 09	0,1					0,09	0,1
ago. 09	0,1					0,07	0,02
nov. 09	0,1	0,05	0,02	0,03	0,07	0,02	0,01
fev. 10	0,1					0,06	0,1
abr. 10	0,1	<0,05	0,025	0,0576	0,0699	0,112	0,0981
jul. 10	0,1					0,025	0,025
out. 10	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
jan. 11	0,1					<0,05	0,45
abr. 11	0,1					<0,05	<0,05
jul. 11	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
out. 11	0,1	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
jan. 12	0,1					<0,05	<0,05
abr. 12	0,1					0,05	0,07
jun. 12	0,1	<0,05	0,12	<0,05	0,064		
jul. 12	0,1					0,13	0,33
out. 12	0,1					0,12	0,20
nov. 12	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
abr. 13	0,1					0,13	<0,05
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	0,050	0,087	0,030	0,068	0,104	0,132
Máximo	-	0,05	0,18	0,06	0,07	0,25	0,45
% Incerteza Expandida	-	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Intervalo Máximo	-	0,05	0,09	0,03	0,07	0,11	0,14
Intervalo Mínimo	-	0,05	0,08	0,03	0,07	0,10	0,13
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	22,00	22,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Niquel Total (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
jun. 08	0,025		<0,005	<0,005		<0,006	<0,006
nov. 08	0,025	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
nov. 09	0,025	0,008	<0,005	<0,005	0,009	<0,005	<0,005
abr. 10	0,025	<0,005	<0,005	0,003	<0,0008	0,003	0,004
out. 10	0,025	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
jul. 11	0,025	0,034	0,037	0,037	0,037	0,034	0,030
out. 11	0,025	<0,005	0,003	<0,005	0,003	<0,005	<0,005
jun. 12	0,025	0,016	2,370	0,018	0,033		
nov. 12	0,025	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	0,019	0,803	0,019	0,021	0,019	0,017
Máximo	-	0,03	2,37	0,04	0,04	0,03	0,03
% Incerteza Expandida	-	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Intervalo Máximo	-	0,02	0,82	0,02	0,02	0,02	0,02
Intervalo Mínimo	-	0,02	0,79	0,02	0,02	0,02	0,02
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	8,00	8,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Niquel Total (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
jun. 08	0,025		<0,005	<0,005		<0,006	<0,006
nov. 08	0,025	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
nov. 09	0,025	0,008	0,025	0,010	<0,005	<0,005	<0,005
abr. 10	0,025	<0,005	<0,005	0,003	0,003	0,004	0,004
out. 10	0,025	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
jul. 11	0,025	0,034	0,035	0,036	0,038	0,035	0,012
out. 11	0,025	<0,005	0,002	0,002	0,002	<0,005	<0,005
jun. 12	0,025	0,016	2,280	0,018	0,015		
nov. 12	0,025	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	-	0,019	0,586	0,014	0,014	0,019	0,008
Máximo	-	0,03	2,28	0,04	0,04	0,04	0,01
% Incerteza Expandida	-	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Intervalo Máximo	-	0,02	0,60	0,01	0,01	0,02	0,01
Intervalo Mínimo	-	0,02	0,57	0,01	0,01	0,02	0,01
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	8,00	8,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Zinco Total (Maré Vazante)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - VAZANTE	PONTO 03 - VAZANTE	PONTO 04 - VAZANTE	PONTO 05 - VAZANTE	PONTO 06 - VAZANTE
jun. 08	0,09		<0,006	<0,006		<0,007	<0,007
nov. 08	0,09	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
nov. 09	0,09	0,020	<0,006	0,020	0,020	<0,006	<0,006
abr. 10	0,09	0,040	<0,01	0,015	<0,0008	0,016	0,027
out. 10	0,09	0,060	0,018	<0,01	0,031	0,030	0,030
jul. 11	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
out. 11	0,09	<0,05	0,050	<0,05	0,070	<0,05	<0,05
jun. 12	0,09	0,140	0,090	0,160	0,150		
nov. 12	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Média	-	0,065	0,053	0,065	0,068	0,023	0,029
Máximo	-	0,14	0,09	0,16	0,15	0,03	0,03
% Incerteza Expandida	-	7,8%	7,8%	7,8%	7,8%	7,8%	7,8%
Intervalo Máximo	-	0,07	0,06	0,07	0,07	0,02	0,03
Intervalo Mínimo	-	0,06	0,05	0,06	0,06	0,02	0,03
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	8,00	8,00

DADOS DE MONITORAMENTO - Zinco Total (Maré Enchente)							
Campanhas Águas Costeiras	LIM. SUP. CLASSE 1 CN 357	PONTO 01	PONTO 02 - ENCHENTE	PONTO 03 - ENCHENTE	PONTO 04 - ENCHENTE	PONTO 05 - ENCHENTE	PONTO 06 - ENCHENTE
jun. 08	0,09		<0,006	<0,006		<0,007	<0,007
nov. 08	0,09	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,010	<0,007
nov. 09	0,09	0,020	<0,006	0,020	0,020	<0,006	<0,006
abr. 10	0,09	0,040	<0,01	0,016	0,014	0,030	0,029
out. 10	0,09	0,060	0,029	0,035	0,040	0,040	0,030
jul. 11	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
out. 11	0,09	<0,05	0,060	<0,05	0,100	<0,05	<0,05
jun. 12	0,09	0,140	0,100	0,150	0,270		
nov. 12	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Unidade de Medida: mg/L							
Mínimo	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Média	-	0,065	0,063	0,055	0,089	0,027	0,030
Máximo	-	0,14	0,10	0,15	0,27	0,04	0,03
% Incerteza Expandida	-	7,8%	7,8%	7,8%	7,8%	7,8%	7,8%
Intervalo Máximo	-	0,07	0,07	0,06	0,10	0,03	0,03
Intervalo Mínimo	-	0,06	0,06	0,05	0,08	0,02	0,03
Total de Resultados	-	8,00	9,00	9,00	8,00	8,00	8,00