



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

NARAYANA FLORA COSTA ESCOBAR

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO NOS ESTUÁRIOS DOS
RIOS JAGUARIBE E PASSA-VACA, SALVADOR, BA.**

Salvador
2011

NARAYANA FLORA COSTA ESCOBAR

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO NOS ESTUÁRIOS DOS
RIOS JAGUARIBE E PASSA-VACA, SALVADOR, BA.**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia,
Instituto de Geociências, Universidade Federal da
Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof^ª. Olga Maria Fragueiro Otero
Co-orientador: Prof^ª. Karina dos Santos Garcia

Salvador
2011

TERMO DE APROVAÇÃO

NARAYANA FLORA COSTA ESCOBAR

ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO NOS ESTUÁRIOS DOS
RIOS JAGUARIBE E PASSA-VACA, SALVADOR, BA.

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel
em Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca
examinadora:

Olga Maria Fragueiro Otero - Orientadora
Doutora em Geologia pelo Instituto de Geociências
Universidade Federal da Bahia

Manoel Jerônimo Moreira Cruz
PhD. Laboratoire de Tectonophysique Université Montpellier 2

Eduardo Luiz Vianna Dória
Doutorado em Oceanographie
Université d'Aix Marseille II - Faculte des Sciences de Luminy

Salvador, 12 de julho de 2011

Dedico este trabalho a toda família
Escobar, em especial à minha irmã
Surya por todo apoio e cumplicidade.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente à minha família, em especial a minha mãe, Maria do Rosário de Fátima (três em uma!) e meu pai, Arturo, que são as motivações de minha vida, pelo apoio incondicional em todas as minhas escolhas e pelo esforço para que elas se concretizassem. Aos meus irmãos, Arturinho, Indra, Surya e Arjuna, pela relação maravilhosa, de cumplicidade, apoio e confiança.

A minha amiga, Carine, por estar presente em todos os momentos, em todas as aulas, em todas as festas..., rsrs, pelas palavras de incentivo, pela compreensão e por me ajudar ao longo de todo processo desta monografia e de minha formação acadêmica.

Aos meus irmãos de coração, Fábio, Glorinha, Miwa, Rye, Geni, pela amizade sincera, paciência e por serem minha família querida aqui em Salvador, e a Gabriel, não apenas por esses fatos, mas também por ter me ajudado na confecção dos mapas.

À minha orientadora, Olga Otero, e co-orientadora, Karina Garcia, por aceitarem-me orientar nesta pesquisa.

Aos demais professores que participaram do processo de minha formação, em especial, Paulo Mafalda, Guilherme Lessa, Cláudio Sampaio (Buía), Ernande Melo, José Maria Landim, Hebe Queiroz e Clemente Tanajura.

Aos meus amigos da vida inteira, encontrados nesse oceano, em especial, Hortência, Quinze, Pumbera, Gabriel, Paide e Capixaba, por estarem sempre nos melhores momentos, e não menos importantes, Maria, Garotinho, Luquinhas, Cropa, Tonhão, Dalma, Xenna, Adães, Yuri, Carol Felidae, Camilinha, Ricardito e Tiagão.

Ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEA), pelo acolhimento, em especial, a toda equipe técnica do laboratório, Marcos, Jorginho, Sarah e Gisele, pela colaboração e paciência nas minhas intermináveis coletas e análises, todos atenciosos e profissionais.

Aos colegas de laboratório antigos e atuais, por terem me ajudado em campo e nas análises, por serem pessoas sempre agradáveis e dispostas, Rafael (Beça), Ícaro Thiago, Marcéu, Paulinho, Sizenando (Sizão), Eduardo (Dudu), Rosenaide, Lauro, Mariana, Danúzia, Antônio Jorge (AJ), Consuelo, Tainã, Bruno, Roberto, Marcão, Thiara e Ana.

Às pessoas especiais que encontrei em minha vida, amigos queridos, companheiros, por terem me ensinado o verdadeiro valor da amizade, por se divertirem comigo e pelos vários momentos compartilhados: Ramonzito, Paulo Vítor (PV), Israel, Neinho, Ana Paula (Bruxa), Ítalo, Baloo, Ghall, Jaca, Lelequinho, Tiago, D. Luzia, Reginaldo, Vanessonna, Ígor França, Mário, Cíntia, Brasil, Lio, Mano, Minha Tia Tuma, meu padrinho Amarildo e minha madrinha Nayara.

À João, o Prefa, por ter me ajudado com o abstratc, e pelo carinho.

A duas almas iluminadas que surgiram em minha vida, que me acolheram como filha, pela preocupação e apoio, Felicidade e tia Dudu.

Peço desculpas àqueles que não foram citados, mas se de alguma forma participaram de minha evolução, sintam-se agradecidos.

E por fim, agradeço a Deus, por poder agradecer a todas essas pessoas.

RESUMO

Os rios Jaguaribe e Passa-Vaca deságuam em um mesmo estuário na Orla Atlântica de Salvador. Este ecossistema tem sido fortemente afetado pelo lançamento de esgotos domésticos e lixo, e pela expansão urbana, principalmente na região em que se encontram, no bairro de Patamares. O objetivo deste trabalho foi investigar a variação espacial e sazonal dos parâmetros hidrogeoquímicos (salinidade (S), temperatura (T), pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, carbono orgânico (CO) e fósforo) e dos elementos metálicos (Cu, Zn, Fe, Ni, Cr e Mn) no Material Particulado em Suspensão, avaliando o nível de contaminação segundo os limites de referência do ponto de vista ambiental (CONAMA e CETESB) e toxicológico (NOOA). As coletas de água foram feitas durante todos os meses do ano de 2010, nos ciclos de Maré Alta (MA) e de Maré Baixa (MB), em 3 pontos no rio Passa-Vaca, 2 pontos no rio Jaguaribe e um na região de confluência dos dois rios. Os parâmetros S, T, pH, OD e condutividade foram medidos *in situ* com multisonda portátil. A determinação do carbono orgânico no MPS seguiu o método descrito por STRICKLAND E PARSON, 1972. Os teores de fósforo na água foi determinado por espectrometria na região do visível, segundo GRASSHOFF *et al.* (1999) e os metais Cu, Zn, Ni, Cr e Mn foram determinados através de Espectrofotometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS). A temperatura da água variou entre 24° a 30°C, exibindo temperaturas menores durante o período chuvoso, contudo não apresentaram diferenças entre os momentos da maré. A salinidade apresentou alta variabilidade entre os valores na MA e na MB durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril, porém, nos meses seguintes, a variação da salinidade foi pouco expressiva devido à baixa força das marés nos dias das coletas. A partir dos valores médios (7,8 na MA e 0,5 na MB) as águas destes rios foram enquadradas como salobras, conforme a definição estabelecida pelo CONAMA (357/05). Os valores de condutividade variou pouco entre as campanhas, alcançado valor máximo de 6,2 mS/cm no ciclo de MA, apresentando uma tendência de queda dos valores dos pontos com maior influência marinha para os pontos mais internos do estuário. O oxigênio dissolvido obteve resultados abaixo do limite de referência (4 mg/L), principalmente durante as coletas na MB do rio Jaguaribe, contudo esses valores se atenuavam na MA, revelando o poder de autodepuração das bacias em questão. O pH foi levemente ácido, com média de 6,5 para o rio Passa-Vaca e de 6,7 para o rio Jaguaribe, refletindo a influência do manguezal e da presença de esgotos e matéria orgânica na água. A concentração de MPS foi mais elevada durante as marés alta e no período chuvoso, variando entre 0,2 e 72,2, mg/L. Os teores de CO seguiu o mesmo comportamento do MPS, com valor máximo de 3,9 mg/L durante a MB, no rio Jaguaribe, abaixo do valor de referência do CONAMA (5 mg/L). O fósforo apresentou concentrações elevadas nos dois rios, vinculados ao lançamento excessivo de esgotos. Os valores dos metais variaram no rio Jaguaribe entre: Cu(>0,35-20,12), Mn (>0,13-2364), Ni (>0,35), Zn (>0,47-173), Fe (874-60094) e Cr (>0,5-297); no rio Passa-Vaca: Cu(>0,35-20,43), Mn (>0,13-2004), Ni (>0,35), Zn (>0,47-357), Fe (874-75817) e Cr (>0,5-518). Os metais Cr e Zn exibiram níveis de contaminação nos dois rios.

Palavras-chave: ESTUÁRIOS, MARÉ, CONTAMINAÇÃO.

ABSTRACT

The rivers Jaguaribe and Passa-Vaca flows into the same estuary in the Atlantic coast of Salvador. These ecosystems have been strongly affected by the release of domestic sewage and garbage, and urban expansion, mainly in the region where they are in the district of Patamares. The objective of this study was to investigate the spatial and seasonal hydrogeochemical parameters (salinity (S), temperature (T), pH, dissolved oxygen (DO), conductivity, organic carbon (OC) and phosphorus) and metal elements (Cu, Zn, Fe, Ni, Cr and Mn) in Suspended Particulate Matter (SPM), evaluating the level of contamination according to the reference limits of the environmental point of view (CETESB and CONAMA) and toxicological (NOOA). The water samples were made during all months of 2010, the cycles of High Tide (HT) and Low Tide (LT), 3 points in the river Passa-Vaca, 2 points in the river Jaguaribe and the region of confluence of the two rivers. The parameters S, T, pH, DO and conductivity were measured *in situ* multiprobe portable. The determination of organic carbon in the MPS followed the method described by Strickland and Parson, 1972. The levels of phosphorus in water were determined by spectrophotometry in the visible region, according to Grasshoff et al. (1999) and metals Cu, Zn, Ni, Cr and Mn were determined by Atomic Absorption Spectrometry with flame (AASF). The water temperature ranged from 24 ° to 30 ° C, exhibiting lower temperatures during the rainy period, however did not present differences between the moments of the tide. The salinity presented high variability between the values in the HT and LT during the months of January, February, March and April, but in the months following the variation of salinity was not significant due to low force of the tides in the days of collection. Through the average values (7.8 and 0.5 LT in HT) water glasses were classified like brackish. The conductivity values showed little variation between campaigns, reaching maximum value of 6.2 mS / cm in the cycle of HT, presenting a downward trend in the values of the points with greater marine influence for the innermost points of the estuaries. The dissolved oxygen obtained results below the reference limit (4 mg / L), particularly during the collections in the LT of the river Jaguaribe, however these values were attenuated in the HT, revealing the power of self-depuration of the basins in question. The pH was slightly acidic, with an average of 6.5 for the river Passa-Vaca and 6.7 for the river Jaguaribe, reflecting the influence of mangrove and the presence of sewage and organic matter in water. The concentration of SPM was higher during high tides and the rainy period, varying between 0.2 and 72.2 mg / L. The levels of CO followed the same behavior of the MPS, with maximum value of 3.9 mg / L during the LT, Jaguaribe river, below the reference value of CONAMA (5 mg / L). The phosphorus concentrations in both rivers, linked to excessive release of sewage. The values of the metals in the river Jaguaribe varied between: Cu (> 0.35 to 20.12), Mn (> 0.13 to 2364), Ni (> 0.35), Zn (> 0.47 to 173) Fe (874-60094) and Cr (> 0.5 to 297) in the river Pass Cow: Cu (> 0.35 to 20.43), Mn (> 0.13 to 2004), Ni (> 0, 35), Zn (> 0.47 to 357), Fe (874-75817) and Cr (> 0.5 to 518). The metals Cr and Zn exhibited levels of contamination in two rivers.

Keywords: ESTUARIES, TIDE, CONTAMINATION.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Localização da área de estudo. | 9 |
| Figura 2: Foto aérea do estuário dos Rios Passa-Vaca e Jaguaribe, Salvador, BA. (Foto: José Maria Landim Dominguez). | 10 |
| Figura 3: Manguezal do Rio Passa-Vaca, Salvador, BA. | 10 |
| Figura 4: Foto tirada no interior do manguezal do rio Passa-Vaca, revelando a quantidade de lixo presente. | 11 |
| Figura 5: Uma das armadilhas para pegar caranguejo, colocada por um morador que faz uso do manguezal para complementação financeira. | 12 |
| Figura 6: Estuário do Rio Jaguaribe, evidenciando a ausência de mata ciliar ao longo de seu percurso. | 13 |
| Figura 7: Precipitação Total - Média Anual (1961 – 1961) (Fonte: CRA, 2004). | 14 |
| Figura 8: Localização dos pontos de amostragem. | 16 |
| Figura 9: Esquema de filtragem de água para análise de CO e metais no MPS e de fósforo na água. | 19 |
| Figura 10: Gráfico da precipitação mensal versus a quantidade de dias chovendo por mês para todos os meses do ano de 2010 em Salvador, BA. (Fonte: INMET) | 23 |
| Figura 11: Gráfico da quantidade de chuva acumulada mensal em 2010 versus a média de chuva para a região a partir de dados de precipitação de 1961 até 1990. (Fonte: INMET) ... | 24 |
| Figura 12: Salinidade média dos pontos durante as coletas realizadas na Maré Baixa (MB) e na Maré Alta (MA). R.C: Região de Confluência dos dois rios; R.J.: Rio Jaguaribe; R.PV.: Rio Passa-vaca. | 25 |
| Figura 13: Variação temporal da salinidade nos pontos amostrais localizados nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré baixa. | 26 |
| Figura 14: Variação temporal da salinidade nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e no rio Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta. | 27 |
| Figura 15: Variação temporal da temperatura média da água superficial nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca nas condições de Maré baixa e de maré alta durante todo período amostral. ... | 29 |
| Figura 16: Variação temporal dos valores de condutividade nos ciclos de Maré Alta (MA) e Maré Baixa (MB) durante todo período amostral. | 30 |
| Figura 17: Valores médios de condutividade nos estuários do rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta (MA) e maré baixa (MB). R.C: Região de Confluência; R.J.: Rio Jaguaribe; R.PV.: Rio Passa-Vaca. | 30 |
| Figura 18: Variação temporal dos valores médios de oxigênio dissolvido nas condições de Maré Baixa (MB) e Maré Alta (MA). | 31 |
| Figura 19: Variação temporal da concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré baixa e valor de referência da concentração de OD segundo CONAMA (2005). | 32 |
| Figura 20: Variação temporal da concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta e valor de referência da concentração de OD segundo CONAMA (2005). | 33 |
| Figura 21: Variação temporal dos valores médio de pH nas águas dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca nos ciclos de maré baixa (MB) e maré alta (MA). | 34 |
| Figura 22: Valores médios do pH nos estuários do rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta (MA) e maré baixa (MB). R.C: Região de Confluência; R.J.: Rio Jaguaribe; R.PV.: Rio Passa-Vaca. | 34 |
| Figura 23: Variação temporal da concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) nas condições de MB e MA durante todo período amostral. | 35 |
| Figura 24: Média da concentração de MPS nos pontos localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca ao longo do período amostral durante as condições MB e MA. R.C: Região de Confluência; R.J.: Rio Jaguaribe; R.PV.: Rio Passa-Vaca. | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 25: Variação temporal da concentração média de carbono orgânico (CO) nas condições de MB e MA durante todo período amostral. | 37 |
| Figura 26: Variação temporal da concentração de Carbono Orgânico (OD) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré baixa. | 38 |
| Figura 27: Variação temporal da concentração de Carbono Orgânico (OD) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta. | 39 |
| Figura 28: Variação temporal da concentração média de fósforo (ortofosfatos) nas MB e MA) nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, durante todo período amostral. | 40 |
| Figura 29: Variação temporal dos teores de fosfatos nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante o ciclo de maré baixa ao longo de todo período de amostragem. | 41 |
| Figura 30: Variação temporal dos teores de fosfatos nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante o ciclo de maré alta ao longo de todo período de amostragem. | 42 |
| Figura 31: Concentração média do teor de Manganês e Ferro nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, durante todo período de amostragem. | 44 |
| Figura 32: Variação temporal dos teores médios de manganês e ferro nas condições de MB e MA nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA. | 45 |
| Figura 33: (A) Variação temporal dos teores médios de cobre nos ciclos de MB e MA ao longo de todo período de amostragem; (B) Concentração média do teor de cobre nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA. | 46 |
| Figura 34: A) Variação temporal dos teores médios de zinco nas condições de Maré Baixa (MB) e Maré Alta (MA) nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca; (B) Concentração média do teor de zinco nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA. | 47 |
| Figura 35: (A) Variação temporal dos teores médios de cromo nas condições de Maré Baixa (MB) e Maré Alta (MA) nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca; (B) Concentração média do teor de cromo nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA. | 48 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Dados referentes a datas das campanhas, horário, alturas e tipo de maré nos dias de amostragem. | 17 |
| Tabela 2: Parâmetros físico-químicos, métodos de análise e precisão do aparelho de medição..... | 18 |
| Tabela 3: Valores de referência do CONANA, Resolução n° 357/05 para os parâmetros analisados. | 21 |
| Tabela 4: Limites das concentrações de elementos metálicos em ppm (mg.kg^{-1}) definidos pela Legislação vigente (CONAMA 344/04; CETESB (2005); NOAA (1999))...... | 22 |
| Tabela 5: Média, desvio padrão, máximo e mínimo da salinidade considerando todos os pontos amostrados nas condições de maré-alta e maré-baixa. | 25 |
| Tabela 6: Data das campanhas, horário dos picos de maré, amplitudes das marés e influência das fases da lua com as marés. | 28 |
| Tabela 7: Teores de metais associados ao material particulado em suspensão (mg.kg^{-1}) nos estuários dos rios Paraguaçu, Subaé, Jaguaribe e Passa-Vaca, Ba. | 43 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 “INPUT” DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA NOS ECOSISTEMAS ESTUARINOS..... | 3 |
| 1.1.1 Fósforo | 3 |
| 1.1.2 Carbono Orgânico..... | 4 |
| 1.2 A PRESENÇA DE METAIS NOS ESTUÁRIOS..... | 5 |
| 1.2.1 Ferro | 6 |
| 1.2.2 Manganês | 6 |
| 1.2.3 Zinco | 6 |
| 1.2.4 Cobre | 7 |
| 1.2.5 Cromo | 7 |
| 1.2.6 Níquel..... | 8 |
| 2 OBJETIVOS | 8 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 8 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 8 |
| 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 9 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO..... | 9 |
| 3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO PASSA-VACA | 9 |
| 3.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE | 12 |
| 3.4 CLIMA..... | 13 |
| 3.5 GEOLOGIA..... | 14 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 16 |
| 4.1 ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM..... | 16 |
| 4.2 COLETA DE ÁGUA | 17 |
| 4.3 COLETA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | 17 |
| 4.4 MÉTODOS ANALÍTICOS..... | 18 |
| 4.4.1 Filtragem..... | 18 |
| 4.4.2 Determinação de Material Particulado em Suspensão (MPS)..... | 19 |
| 4.4.3 Determinação de carbono orgânico | 19 |
| 4.4.4 Determinação de fósforo (fosfatos)..... | 19 |
| 4.5 DETERMINAÇÃO DE METAIS..... | 20 |
| 4.5.1 Procedimento de digestão | 20 |
| 4.5.2 Determinação | 20 |
| 4.6 VALORES DE REFERÊNCIA DOS METAIS ANALISADOS..... | 21 |
| 4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 22 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 22 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 5.1 | PLUVIOSIDADE DURANTE O ANO DE 2010 | 22 |
| 5.2 | PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | 24 |
| 5.2.1 | Salinidade | 24 |
| 5.2.2 | Temperatura | 28 |
| 5.2.3 | Condutividade | 29 |
| 5.2.4 | Oxigênio Dissolvido (OD) | 31 |
| 5.2.5 | Potencial Hidrogeniônico (pH) | 34 |
| 5.3 | MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO..... | 35 |
| 5.4 | CARBONO ORGÂNICO (MATÉRIA ORGÂNICA)..... | 37 |
| 5.5 | FÓSFORO (ORTOFOSFATOS) | 39 |
| 5.6 | METAIS NO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO | 42 |
| 6 | CONCLUSÕES | 48 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA | 50 |

1 INTRODUÇÃO

Estuários são regiões de transição ecológica que desempenham importante função de ligação e trocas genéticas entre os ecossistemas terrestres e marinhos e atuam como rota de entrada de nutrientes para os oceanos (REZENDE *et al.*, 2007; ESCHRIQUE, *et al.* 2008). Classicamente classificados por PRITCHARD (1967), como “um corpo d’água costeiro, semi-fechado, o qual possui uma ligação livre com o mar aberto e no interior do qual a água do mar se dilui de forma mensurável, com água doce proveniente da drenagem terrestre”. Revelando-se como um ambiente complexo, diversificado e de extrema importância para a sustentação da vida no mar (MIRANDA *et al.*, 2002).

Inserido a este sistema encontram-se os manguezais, constituídos de vegetação arbóreo-arbustiva, que se desenvolve principalmente nos solos lamosos dos rios tropicais e subtropicais ao longo da zona de influência das marés. Possuindo significativa relevância ecológica e econômica, principalmente por sua elevada biodiversidade, mas também no que diz respeito ao seu papel na ciclagem de energia e nutrientes e à proteção do solo e fixação dos sedimentos (MAIA *et al.*, 2006).

Os manguezais estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo (RIBAS, 2007). Ocorrendo em áreas abrigadas, onde as espécies vegetais e animais deste ecossistema estão adaptadas a variações de salinidade diárias e colonizam áreas predominantemente de sedimentos finos, com baixos teores de oxigênio (LINGON *et al.*, 2001, QUINÁGLIA, 2006). Desta forma, apresentam condições propícias para alimentação, proteção e reprodução destas espécies (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

Os fenômenos naturais que podem causar danos ou mudanças ecológicas nos ecossistemas estuarinos estão relacionados à topografia, à hidrografia e ao clima (KRUG *et al.*, 2007). Porém, impacto muito maior é gerado pela pressão causada devido a superexploração de seus recursos naturais, como extração de madeira e fauna, alteração da rede de drenagem, expansão de áreas urbanas, industriais e portuárias, bem como o lançamento de esgotos e lixo (REVILLA *et al.*, 2002). Sabe-se que cerca de 60% das grandes cidades desenvolvem-se em torno de rios e estuários (CRA, 2002). Portanto, devido ao crescimento acelerado destes centros tem-se aumentado substancialmente o aporte de cargas poluentes para os ecossistemas aquáticos costeiros.

Desta forma, as bacias que se encontram em perímetros urbanos sofrem com o lançamento de efluentes e servem como depósito de lixo de naturezas diversas (TUCCI, 1994). O impacto ambiental causado por estes aportes vai depender da quantidade e qualidade dos mesmos, o que está diretamente relacionado com o tipo de atividade existente na Bacia de drenagem (RIBEIRO, 1996).

Salvador é uma cidade privilegiada por ser entrecortada e rodeada por vários rios. Segundo FISCHER *et al.* (2010) foram instituídas 12 bacias hidrográficas no município. Os percursos percorridos por suas águas revelam quão perversa tem sido a relação entre urbanização e a natureza. A maior parte destas bacias hidrográficas encontra-se em estágios diferenciados de degradação e poluição.

Os rios Passa-Vaca e Jaguaribe são duas destas doze bacias hidrográficas e deságuam em uma mesma desembocadura na orla atlântica de Salvador. Segundo CAETANO (2003), o rio Passa-Vaca apresenta ainda uma área remanescente de manguezal que serve como fonte de subsistência para algumas famílias que vivem em regiões próximas. A degradação destes rios é facilmente observada em seus estuários pela constante presença de lixo e pela quase ausência da vegetação original. Além do lançamento indiscriminado de efluentes ao longo de suas bacias de drenagem.

O aumento das concentrações de substâncias e microorganismos patogênicos através de efluentes lançados nos rios e, conseqüentemente, no mar, contribui adicionando nutrientes ao sistema e no aumento das concentrações de metais, afetando as comunidades aquáticas e o homem devido aos efeitos deletérios sobre os recursos vivos, perigo à saúde humana, obstáculos às atividades aquáticas (balneabilidade e pesca) e prejuízo na qualidade da água restringindo seu uso (VALLEGA, 1999).

As características hidrogeoquímicas das regiões estuarinas e costeiras favorecem a deposição e acumulação dessas substâncias que podem assim atingir concentrações elevadas, mesmo em áreas onde fontes pontuais significativas destes contaminantes estão ausentes (LACERDA, 1998). Contudo, onde existe a persistência dos manguezais, a contribuição destas substâncias para o mar é minimizada, pois parte do material particulado e dos metais ficam retidos nos seus sedimentos ou sofrem processos biogeoquímicos (LACERDA *et al.*, 2006). Esta característica torna o sistema de manguezal ainda mais importante para as regiões costeiras, visto que a maioria dos corpos d'água sofre com os efeitos da poluição.

Diversos estudos vem sendo conduzidos com o propósito de avaliar a qualidade dos corpos d'água (BRAGA *et al.*, 1999; SOUZA & LIMA., 2002; PEREIRA FILHO, 2006; PIMENTA, 2006; RIBAS, 2007; CARVALHO, 2007). No entanto, a quantidade de informações sobre o estado dos corpos d'água no Brasil é mínima, principalmente quando são levadas em consideração as suas dimensões continentais, diferenças geográficas regionais e magnitude dos problemas de poluição (BRAGA *et al.*, 1999, KITHECA, *et al.*, 2004).

Dentro deste contexto é importante se obter informações sobre as concentrações e distribuição de metais e nutrientes nos ecossistemas aquáticos, levando em consideração as ações e alterações causadas pelo homem no meio, para que seja possível avaliar e

desenvolver tecnologias e métodos para o desenvolvimento dos recursos hídricos dentro de bases sustentáveis (TOMAZELLI, 2003).

1.1 ENTRADA DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA NOS ECOSISTEMAS ESTUARINOS

Os nutrientes são os elementos que estão funcionalmente envolvidos no processo de vida dos organismos. O transporte de matéria para os ecossistemas estuarinos é controlado por fatores físicos (marés e chuvas) e biológicos (queda de folhas e decomposição). Nos manguezais, a disponibilidade adequada de nutrientes está intimamente relacionada ao suprimento de água e às propriedades físicas e químicas dos sedimentos (LACERDA, 1984, RIBAS, 2007).

Nestes ecossistemas os elementos mais fortemente utilizados são chamados de macronutrientes, e incluem o fósforo, nitrogênio, cálcio, enxofre e magnésio. Outros elementos que incluem o cobre, ferro, manganês, silício, molibdênio, cloreto e zinco são exigidos em quantidades menores e são referidos como elementos-traço ou micronutrientes (ALLAN E CASTILLO, 2007).

As formas como os nutrientes e a matéria orgânica atingem os estuários se dá principalmente associados ao material particulado em suspensão e/ou dissolvidos na coluna d'água dos sistemas fluviais. No presente trabalho, essa associação foi verificada no material particulado em suspensão (MPS). Este é constituído por uma mistura heterogênea de partículas orgânicas e inorgânicas, determinada por uma ampla variedade de processos que integram e transportam os sinais dos diferentes usos da bacia de drenagem (MARQUES *et al.*, 2009).

Esgotos e lixos domésticos são os maiores problemas relacionados à presença de centros urbanos nas proximidades de regiões costeiras e estuários, adicionando nutrientes e matéria orgânica ao sistema. Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (2006), no Brasil apenas 47% dos municípios possuem rede coletora de esgotos, e somente 17% dos efluentes recebem algum tipo de tratamento (DIAS, 2007). Além de grande quantidade de água, esgoto doméstico carrega uma série de substâncias poluentes, onde se destacam a matéria orgânica, os nutrientes e organismos patogênicos (PEREIRA FILHO, 2006).

1.1.1 Fósforo

Dentre os nutrientes, o fósforo destaca-se por estar entre os mais importantes para a vida dos organismos aquáticos. Participando dos processos fundamentais do metabolismo

dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (ATP) e estruturação da membrana celular (fosfolipídios) (QUINÁGLIA, 2006)

É considerado o principal fator limitante da produtividade das águas continentais. Caso ocorra a diminuição das concentrações de fósforo nos fluxos fluviais, toda produtividade biológica do ecossistema estuarino pode ser modificada (ESTEVEZ, 1998). Do contrário, o aporte excessivo de fósforo pode levar a um fenômeno de superpopulação de algas (Bloom de algas), causando um grande desequilíbrio no meio aquático, onde a morte das algas e sua posterior decomposição diminuem os níveis de oxigênio dissolvido e conseqüentemente a morte de várias espécies de peixes, dentre outros animais aquáticos (QUINAGLIA, 2006). Com isso, áreas com elevadas concentrações de fósforo podem ser um importante indicador de atividades antrópicas.

O transporte de fósforo para águas superficiais ocorre principalmente nas suas formas orgânicas (fosfatases, fosfolipídios, etc., adsorvidos a agregados orgânicos e a organismos vivos) e nas formas inorgânicas (íons ortofosfatos, FeHPO_4^+ , $\text{CaH}_2\text{PO}_4^+$, adsorvidos a agregados inorgânicos e aos minerais). Dentre estas, os ortofosfatos ganham um destaque maior por ser a principal forma assimilada pelos vegetais aquáticos (ESCHRIQUE, 2007).

Desta forma, a determinação de fósforo em matrizes ambientais qualifica a saúde do ecossistema, investiga os processos biogeoquímicos e monitora de acordo com a legislação a presença de nutrientes (PIMENTA, 2006).

1.1.2 Carbono Orgânico

Em sistemas estuarinos, o carbono orgânico está entre os principais constituintes da matéria orgânica, compreendendo cerca de 58% de seu volume total (DIAS E LIMA, 2004). Sendo assim, a determinação de carbono orgânico pode representar o conteúdo de matéria orgânica. Seu aporte pode estar associado a origens naturais, porém devido ao processo de eutrofização dos corpos d'água as contribuições antrópicas são cada vez mais representativas. Portanto, sua determinação é importante para interpretação da origem, natureza e destino final dessa matéria no ambiente considerado (DIAS E LIMA, 2004).

O carbono orgânico presente em águas naturais é diferenciado em carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico dissolvido (COD). A parte dissolvida é aquela capaz de passar por uma membrana de 0,45 μm de abertura de poro (DEDUCH, 2009). Neste trabalho, a ênfase foi dada a matéria orgânica particulada, que constituí-se de organismos vivos (biomassa) e material particulado morto (detritos).

Este componente é de fundamental importância para os ecossistemas aquáticos, estando diretamente relacionado com o crescimento de bactérias que fazem parte da cadeia

alimentar de vários microrganismos, bentos e insetos, que assimilam este material (DIAS, 2007). Além disso, os rios são os principais transportadores de carbono orgânico para os oceanos, contribuindo de forma significativa com os depósitos recentes de carbono orgânico marinho (DUARTE *et al.*, 2005).

1.2 A PRESENÇA DE METAIS NOS ESTUÁRIOS

De forma geral, os íons metálicos estão entre os mais prejudiciais ao meio ambiente. Esses elementos ocorrem naturalmente no sistema e são necessários, em concentrações mínimas, para manutenção dos seres vivos. Alguns metais, como, ferro, cobre, zinco, manganês, cromo e níquel são essenciais para os organismos, pois participam das estruturas enzimáticas relacionadas aos processos bioquímicos. No entanto, quando os mesmos metais estão em altas concentrações nos corpos d'água, efeitos deletérios começam afetar as comunidades presentes (QUINÁGLIA, 2006).

As concentrações de metais nas águas continentais são controladas pela precipitação atmosférica e pelos processos de intemperismo nos solos e rochas. Como esses processos têm sofrido alterações devido aos impactos ambientais, os fluxos e a distribuição das concentrações destes elementos têm sido elevados em diversos ecossistemas aquáticos (GARLIPP, 2006).

Por serem elementos conservativos, ou seja, não podem ser criados e nem destruídos, e geralmente associados ao material particulado na coluna d'água em condições naturais no meio aquático, os metais possuem uma tendência em acumular-se nos sedimentos de fundo, aumentando assim a contaminação do ambiente em questão (PITRAT, 2010).

Com relação ao comportamento, estes elementos encontram-se distribuídos entre duas fases, a dissolvida e a particulada. A forma dissolvida é altamente reativa e várias transformações físicas e químicas podem ocorrer, como complexação, adsorção ao MPS, precipitação e biomagnificação. Na fase particulada o metal pode se associar às partículas sólidas em suspensão através de processos de adsorção, floculação e sedimentação, podendo estar em suspensão na coluna d'água ou se depositar no sedimento, sendo este seu destino final (ANJOS, 2006).

Segundo PITRAT (2010), mais de 50% dos metais dissolvidos presentes na coluna d'água de superfície são geralmente adsorvidos pelas partículas suspensas. COMBER (1995) afirma que a concentração de metais é mais significativa na matéria orgânica particulada do que na dissolvida, devido a sua superfície de contato e composição, sendo o principal transportador de metais em sistemas aquáticos.

Contudo, o nível de metais no material particulado oscila bastante, pois muitas variáveis estão envolvidas na sua dinâmica, tais como variações diárias e sazonais no fluxo d'água, descargas locais de efluentes, mudanças de pH, condições redox, salinidade e temperatura. Mesmo assim, a resposta adquirida pela análise do material particulado tem sido bastante utilizada pelos pesquisadores, representando um importante parâmetro na análise da dinâmica e distribuição de metais (TOMAZELLI, 2003; DIAS *et al.*, 2005; PARAQUETTI *et al.*, 2008, COSTA *et al.*, 2008).

1.2.1 Ferro

O Ferro é o quarto elemento mais abundante da terra depois do oxigênio, silício e alumínio. É transportado naturalmente para águas superficiais pelo intemperismo das rochas e dos solos (QUINÁGLIA, 2006). Sendo mais comumente encontrado na natureza na forma de óxidos (GARLIPP, 2006).

Trata-se de um elemento extremamente utilizado na indústria. A atividade mineradora é umas das principais portas de entrada do elemento nos ecossistemas aquáticos. Contudo, rejeitos orgânicos, material em decomposição, esgotos e uso excessivo de fertilizantes também contribuem para o enriquecimento do elemento (QUINÁGLIA, 2006, CLARK, 2001).

Consiste de um elemento traço essencial aos seres humanos, cuja a necessidade mínima diária de ferro é entre 10 a 50 mg. Sua carência contribui para a anemia e reduz a resistência a infecções. Contrariamente, o excesso de Fe facilita a formação de placas nas artérias, levando a um aumento do risco de doenças cardíacas (GARLIPP, 2006).

1.2.2 Manganês

O manganês também é um elemento abundante na crosta terrestre, encontrado naturalmente em vários tipos de rochas. Sua presença pode estar associada ao elemento ferro. As fontes antrópicas incluem as indústrias de cerâmica, vidros, fertilizantes agrícolas, elétrica, pilhas, produção de aço, dentre outras (QUINÁGLIA, 2006)

Essencial à vida dos organismos vivos, colabora na assimilação da vitamina B12, bem como no bom funcionamento do sistema nervoso e constituinte de sistemas enzimáticos essenciais. O excesso deste elemento é perigoso principalmente quando inalado, podendo causar problemas neurológicos. Por via oral o Mn é visto como um dos menos tóxicos aos seres humanos(QUINÁGLIA, 2006).

1.2.3 Zinco

O Zinco pode ser encontrado naturalmente no solo, no ar, na água e nos alimentos. Este metal está distribuído na natureza em concentrações relativamente altas, quando

comparadas as concentrações de outros metais essenciais. Faz parte da composição química de uma série de minerais constituintes das rochas e minérios (CARVALHO, 2007).

É um elemento essencial e benéfico ao nosso metabolismo, ao crescimento de plantas e animais. Desempenhando centenas de processos corporais, desde processos relacionados ao crescimento celular à maturação sexual e imunidade, até mesmo para os sentidos do paladar e do olfato (FURTADO, 2007).

O grau de toxicidade do zinco é relativamente baixo. Seu excesso está associado a casos de úlceras, pancreatites, anemias, má circulação sanguínea e fibrose pulmonar (QUINÁGLIA, 2006).

O íon é introduzido nas águas superficiais por processos de mineração, pelas indústrias de óxidos de zinco, tintas, borrachas, farmacêuticas, desodorante em pó para os pés, sabões, pilhas, baterias, fungicidas, bem como pelo lançamento de efluentes domésticos, frequentemente enriquecidos com este metal (QUINÁGLIA, 2006).

1.2.4 Cobre

O cobre pode ocorrer na crosta terrestre em seus estados metálicos e nas formas catiônicas mono e divalentes (GARLIPP, 2006). A principal forma de entrada no ambiente é a partir da erosão de rochas. As entradas através das atividades humanas ocorrem de forma localizada e variam muito em sua natureza (CLARK, 2001). Por se tratar de um elemento de uso industrial e doméstico, o cobre está presente no lixo e nos esgotos em geral (SÃO PAULO, 2006).

É um elemento essencial para as plantas e ao metabolismo animal, auxiliando na assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano (FURTADO, 2007). Quando em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde, podendo causar danos ao fígado e aos rins (CARVALHO, 2007) e confere sabor às águas (FURTADO, 2007).

1.2.5 Cromo

O cromo é raramente encontrado nas águas naturais; contudo, pode ocorrer como contaminante das águas sujeitas a poluição de despejos de curtumes, de indústrias de cromatos e de circulação de águas de refrigeração, onde é usado para o controle da corrosão (NEVES *et al.* 2001).

A forma trivalente do cromo, encontrado em minerais naturais, é essencial para saúde humana e sua principal função é a de manter o metabolismo da glicose normal. Por outro lado, o cromo hexavalente, bastante utilizado em compostos químicos, tem sido implicado em problemas de saúde como irritações na pele e câncer de pulmão (GARLIPP, 2006).

Em águas naturais ele pode ser encontrado na forma de material particulado ou depositado no sedimento (CARVALHO, 2007). Regiões que são afetadas por esgotos e atividades industriais os índices de cromo são mais expressivos. Podendo bioacumular em plantas e organismos vivos (GARLIPP, 2006). Os limites de toxicidade do cromo são estabelecidos em função do cromo hexavalente, sendo esta forma tóxica e cancerígena, (SILVA, 2001).

1.2.6 Níquel

O níquel é um dos cinco elementos mais abundantes na natureza. É transportado para águas superficiais pela atmosfera, pela erosão dos solos e rochas, através do lixo e de descargas industriais. Seu transporte dos estuários até o oceano ocorre como partículas precipitadas no material orgânico (AZEVEDO, 2003).

A ingestão de níquel em doses elevadas pode causar dermatites, afetar o sistema nervoso e respiratório e provocar câncer de pulmão (LIMA, 1996).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a variação sazonal e espacial dos parâmetros hidrogequímicos e de elementos metálicos no material particulado em suspensão, bem como verificar o nível de contaminação segundo limites de referência certificados, para conhecimento do nível de contaminação nos estuários do rio Jaguaribe e Passa-Vaca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar parâmetros ambientais físico-químicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade e material particulado em suspensão) nas águas, segundo a sazonalidade, visando verificar a magnitude de suas variações;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos, as concentrações de MO, de fósforo e metais analisados nas condições de maré alta e de maré baixa;
- Avaliar a qualidade da água através dos resultados das análises químicas, com base nas normas vigentes que regulamentam limites permitidos do ponto de vista ambiental e toxicológico (CONAMA, CETESB e NOAA);
- Quantificar a matéria orgânica particulada presente em amostras representativas de águas e a sua associação com o nível de metais.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo engloba o manguezal do Rio Passa-Vaca e o estuário do Rio Jaguaribe, localizados entre as coordenadas geográficas 12°58'S e 12°56'S e 38°24'W e 38°25'W, na Avenida Otávio Mangabeira, no bairro de Patamares, situado na região leste da capital baiana (Figura 1). Esta região é caracterizada pela presença, ainda, de algumas áreas verdes que disputam por espaço com o avanço das edificações.



Figura 1: Localização da área de estudo.

3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO PASSA-VACA

Segundo IBGE (2000), a Bacia do Rio Passa-Vaca possui uma área de 3,72 km², o que corresponde a 1,20% da área do município. Sua nascente localiza-se no bairro de São Rafael, em seguida, o rio é sobreposto pela Av. Paralela, atravessando depois todo o bairro de Patamares e lá desaguando no mesmo estuário que o rio Jaguaribe (Figura 2) (FISCHER *et al.*, 2010).



Figura 2: Foto aérea do estuário dos Rios Passa-Vaca e Jaguaribe, Salvador, BA. (Foto: José Maria Landim Dominguez).

A bacia é ocupada por vestígios de Mata Atlântica em todo seu alto curso e no baixo curso apresenta uma pequena área de manguezal em estado avançado de degradação (Fig. 3) (TORRES e ALMEIDA, 2008). Em 1980 esse remanescente de manguezal foi delimitado pela Secretaria Municipal de Planejamento de Salvador (SEPLAM), correspondendo a uma área de 50.000 m², em 2003, só restavam cerca de 14.000 m² (CAETANO, 2003).



Figura 3: Manguezal do Rio Passa-Vaca, Salvador, BA.

A forte pressão imobiliária tem provocado modificações na paisagem, sendo estas responsáveis pela redução da área de captação da bacia, alteração na rede de drenagem e diminuição do volume hídrico e da capacidade de infiltração, em função da construção da Avenida Paralela (Avenida Luis Viana Filho). A avenida isolou a parte alta da bacia, onde existem algumas nascentes, da parte baixa. Além disso, o rio vem sendo degradado pelo lançamento de esgotos e resíduos sólidos de loteamentos e assentamentos irregulares, comprometendo, conseqüentemente, o manguezal e todos os ecossistemas a ele associados (Figura 4) (FISCHER *et al.*, 2010).



Figura 4: Foto tirada no interior do manguezal do rio Passa-Vaca, revelando a quantidade de detritos presentes.

Contudo, a bacia ainda é considerada uma área importante para a vida marinha, pois serve de nascedouro e berçário de várias espécies características deste ecossistema (FISCHER *et al.*, 2010). Além disso, CAETANO (2003) identificou pessoas que residem próximo ao local e fazem o uso do manguezal para extração de crustáceos para subsistência (Figura 5).

Confirmando a relevância deste ecossistema, em 13 de setembro 2009, o Decreto n. 19.752, transformou essa região em Parque Ecológico do Manguezal do Rio Passa-Vaca.



Figura 5: Uma das armadilhas para pegar caranguejo, colocada por um morador que faz uso do manguezal para complementação financeira.

3.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE

A bacia do rio Jaguaribe possui uma área de 52,76 km², o que corresponde a 17,08% do território soteropolitano, sendo considerada a segunda maior Bacia do Município, em superfície. Com uma população de 348.591 habitantes e densidade populacional de 6.606,9 hab/km² é também a segunda Bacia mais populosa do Município (IBGE, 2000).

Suas nascentes encontram-se nos bairros de Águas Claras, Valéria e Castelo Branco, percorrendo uma distância de, aproximadamente, 15,2 km, passando pelo Jardim Nova Esperança, Cajazeiras VIII, Nova Brasília, Trobogy, Mussurunga, Bairro da Paz e desaguando em Patamares, na 3ª Ponte da Av. Octávio Mangabeira (FISCHER *et al.*, 2010).

FISCHER *et al.* (2010), afirmam que por drenar áreas densamente urbanas, com infraestrutura precária (drenagem, pavimentação, habitação, coleta de lixo e esgotamento sanitário) o rio Jaguaribe já apresenta graus de comprometimento da qualidade das águas e interfere diretamente na balneabilidade das praias adjacentes a sua foz. Apesar disso, dados da monitorização da qualidade das águas das praias realizadas pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA indicam condições adequadas de balneabilidade.

Ainda, FISCHER *et al.* (2010), o rio e seus afluentes encontram-se assoreados e com grande concentração de macrófitas, principalmente em sua foz, o que caracteriza uma carga muito alta de material orgânico, além da presença de resíduos sólidos em várias partes da sua extensão (Figura 6). Ao longo de seu percurso recebe efluente da drenagem do antigo lixão de Canabrava, aumentando ainda mais os riscos para as águas superficiais e subterrâneas.



Figura 6: Estuário do Rio Jaguaribe, evidenciando a ausência de mata ciliar ao longo de seu percurso.

Atualmente encontra-se em construção o Sistema de Disposição Oceânica do Jaguaribe, que tem por finalidade ampliar a cobertura de atendimento em esgotamento sanitário nos bairros drenados por este rio. Contudo, a bacia ainda preserva vários remanescentes de Floresta Ombrófila em diferentes estágios de conservação, servindo de refúgio para muitas espécies de animais. Além disso, parte de sua área abrange a APA do Abaeté, criada em 1993 (FISCHER *et al.*, 2010).

3.4 CLIMA

O clima da região é caracterizado como tropical-úmido com duas estações bastante demarcadas. O período chuvoso é concentrado nos meses de abril a julho, com precipitações mensais não acumuladas, superiores a 300 mm e o período seco, nos meses restantes, com precipitações inferiores a 150 mm (HATJE & ANDRADE, 2009).

Segundo dados fornecidos pelo INMET, de precipitação registrada pela estação meteorológica de Ondina para o período de 1961-1990, a precipitação média anual encontra-se próxima de 2.140 mm/ano, variando entre 95,5 mm em janeiro e 350 mm em maio (Figura 7). Correspondendo ao período chuvoso cerca de 40% da pluviosidade anual (CRA, 2004).

A temperatura média anual é da ordem de 25,2°C, com máximas que atingem 30°C, geralmente nos meses de janeiro, fevereiro e março e mínimas que chegam a 22°C, entre os meses de julho, agosto e setembro (HATJE & ANDRADE, 2009).

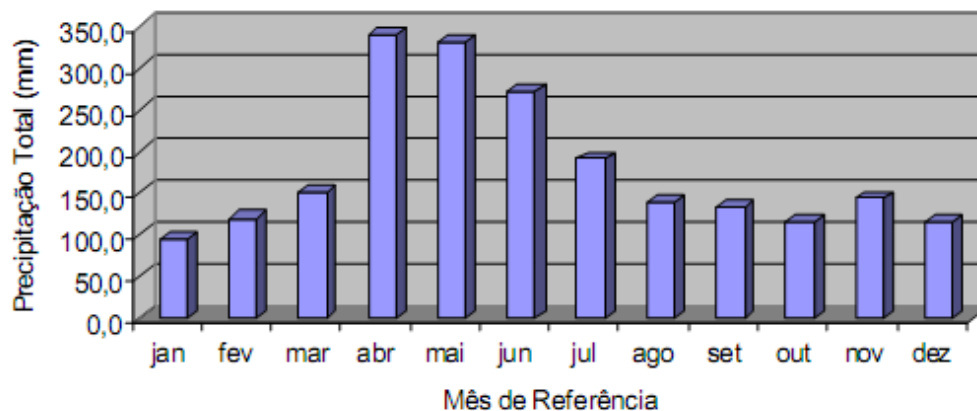


Figura 7: Precipitação Total - Média Anual (1961 – 1961) (Fonte: CRA, 2004).

3.5 GEOLOGIA

A cidade de Salvador está inserida no Cinturão Salvador-Esplanada e sua geologia regional pode ser subdividida em três domínios: a Bacia Sedimentar do Recôncavo, a Margem Continental Atlântica e o Alto de Salvador. As bacias em questão nascem no Alto de Salvador, numa região denominada Cinturão Granulítico Atlântico (CGA). O Alto de Salvador está entre os dois domínios já citados e corresponde a um horst, tendo seu limite ocidental marcado pela Falha de Salvador e seu limite oriental é feito pela Falha Iguatemi (Figura 8). Neste setor, afloram (i) granulitos alumino-magnesianos, granulitos básicos, e (ii) tonalitos granulíticos e charnoenderbiticos com enclaves de metapiroxenito e metagabro. Vale ressaltar que as cotas topográficas no Alto de Salvador têm em média 60 metros, enquanto na Margem Atlântica as altitudes dificilmente superam os 30 metros (BARBOSA et al. 2005).

O baixo curso é marcado pela planície litorânea, que se compõe de areias quaternárias litorâneas selecionadas com conchas marinhas (ALMEIDA & PUENTES, 2007)

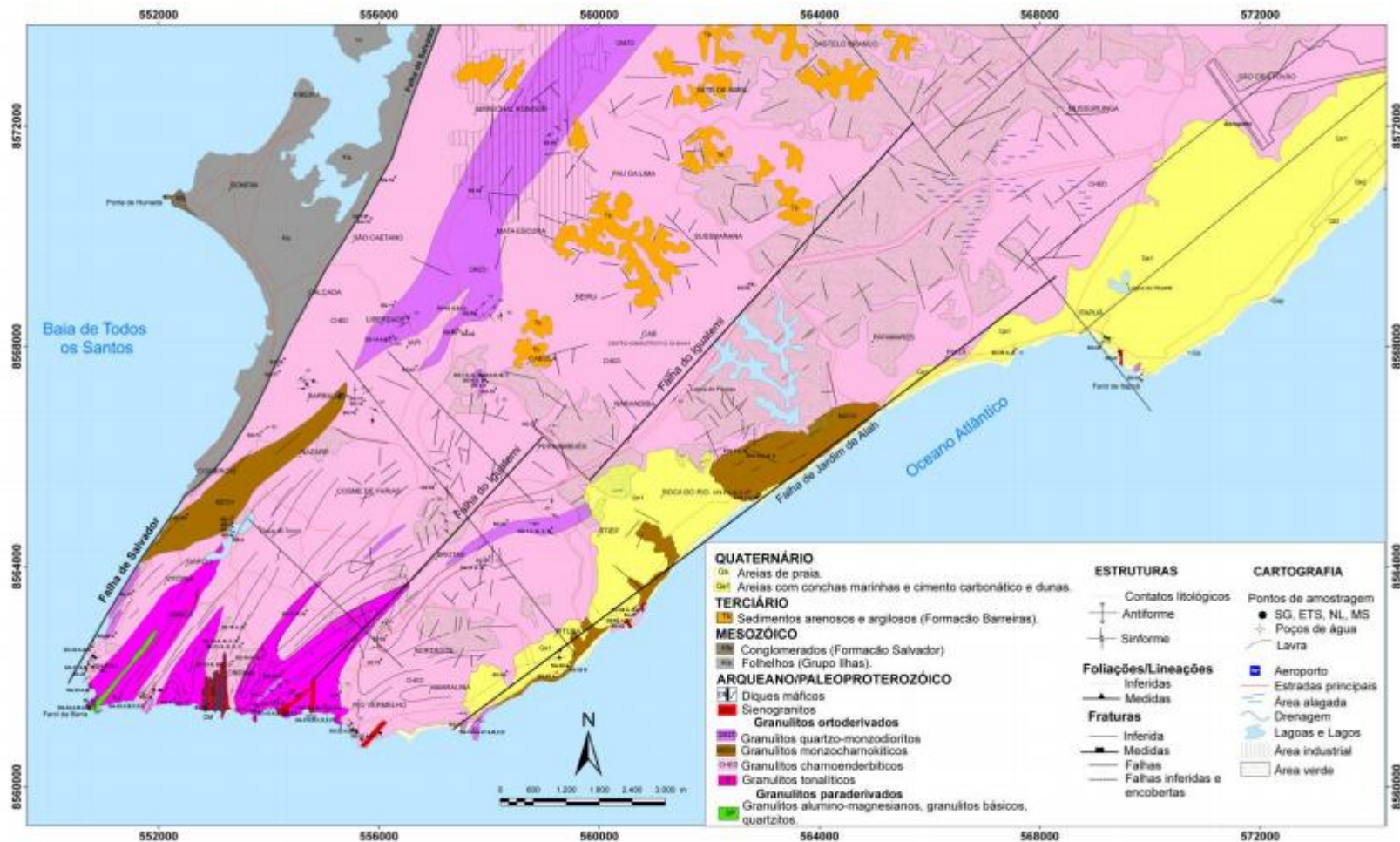


Figura 8: Mapa geológico simplificado da cidade de Salvador. Fonte Souza (2009). AS – Alto de Salvador; BR – Bacia do Recôncavo; MC – Margem Continental Atlântica.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM

A escolha dos pontos amostrados levou em consideração as regiões próximas ao encontro dos dois rios (Jaguaribe e Passa-Vaca), de modo que fosse possível verificar a medida dos parâmetros de cada rio separadamente, bem como a influência da maré ao longo deste percurso. Seis pontos (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) foram escolhidos, onde P1 é o encontro dos dois rios, na desembocadura próxima à praia de Jaguaribe. Os pontos localizados no estuário do rio Jaguaribe foram P2, nas imediações da segunda ponte da Av. Otávio Mangabeira, e P3 nas imediações da terceira ponte da mesma avenida. Sob a influência do rio Passa-Vaca, estavam localizados o P4, na entrada do rio, junto ao bueiro construído sob a avenida, P5 no início do manguezal e P6 no final. A visualização dos pontos está representada na Figura 9.



Figura 9: Localização dos pontos de amostragem.

4.2 COLETA DE ÁGUA

Foram feitas amostragens mensais nos seis pontos localizados nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca durante um ano, de Janeiro até dezembro de 2010. Ao todo foram 12 (doze) campanhas, com intervalo de aproximadamente 30 dias entre cada coleta. As amostragens foram feitas duas vezes ao dia, no ciclo de maré alta e no ciclo de maré baixa. As datas e alturas de maré de cada campanha estão ilustradas na Tabela 1.

As amostras de água foram coletadas usando garrafas de polietileno de 500 ml, previamente identificadas e descontaminadas. A amostragem foi subsuperficial, a uma distância de aproximadamente um metro da margem. Durante todo procedimento de amostragem foram utilizadas luvas e todos os frascos foram ambientados com a água local por no mínimo três vezes antes de serem preenchidos com a amostra. Após a coleta, os recipientes foram acondicionados em caixa térmica com gelo e encaminhados ao laboratório para filtração.

Tabela 1: Dados referentes a datas das campanhas, horário, alturas e tipo de maré nos dias de amostragem.

| DATA | HORA | MARÉ-BAIXA | HORA | MARÉ-ALTA | LUA |
|------------|-------|------------|-------|-----------|-----------|
| 28/1/2010 | 08:30 | 0,4 | 14:43 | 2,3 | Crescente |
| 26/2/2010 | 08:13 | 0,4 | 14:26 | 2,4 | Crescente |
| 29/3/2010 | 09:15 | 0,1 | 15:34 | 2,7 | Crescente |
| 28/4/2010 | 09:36 | 0,2 | 15:58 | 2,6 | Cheia |
| 25/5/2010 | 07:49 | 0,5 | 14:06 | 2,4 | Crescente |
| 28/6/2010 | 10:56 | 0,4 | 17:17 | 2,2 | Cheia |
| 27/7/2010 | 10:32 | 0,3 | 16:51 | 2,2 | Cheia |
| 24/8/2010 | 08:36 | 0,4 | 14:53 | 2,1 | Cheia |
| 1/10/2010 | 15:51 | 0,9 | 09:51 | 1,7 | Minguante |
| 28/10/2010 | 12:47 | 0,7 | 07:00 | 1,9 | Cheia |
| 29/11/2010 | 16:17 | 0,8 | 10:15 | 1,9 | Minguante |
| 18/12/2010 | 07:45 | 0,6 | 13:56 | 2,1 | Crescente |

4.3 COLETA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico-químicos da água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, Eh, salinidade e condutividade) foram medidos “*in situ*”, na superfície da coluna d’água. As determinações foram efetuadas em todas as campanhas, com o emprego de sondas portáteis. Sendo estas, pH-metro Handylab LF1, unidade de pH e/ou mV, condutímetro Handylab 1, oxímetro WTW OXI 3151, marca SCHOTT-GERATE, portátil, e salinômetro Hand Refractometer ATAGO modelo S/Mill-E, todos anteriormente calibrados (Tabela 2).

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos, métodos de análise e precisão do aparelho de medição.

| Parâmetros | Método | Precisão |
|---------------|----------------|------------------|
| Temperatura | <i>in situ</i> | 0,05 |
| Condutividade | <i>in situ</i> | 0,05 μ .cm-1 |
| pH | <i>in situ</i> | 0,01 |
| Eh | <i>in situ</i> | 0,01 |
| OD | <i>in situ</i> | 0,05% |
| Salinidade | <i>in situ</i> | - |

4.4 MÉTODOS ANALÍTICOS

Para os demais parâmetros (carbono orgânico, fósforo e metais) todos os procedimentos analíticos foram realizados no Laboratório de Estudos do Petróleo-LEPETRO, do Núcleo de Estudos Ambientais/Instituto de geociências/Universidade Federal da Bahia.

4.4.1 Filtragem

É o primeiro procedimento a ser efetuado assim que as amostras chegam ao laboratório. Consiste na filtragem à vácuo de toda água coletada para retenção do Material Particulado em Suspensão (Figura 10). As amostras direcionadas para análise de Carbono Orgânico (500 ml) foram filtradas utilizando-se filtros de fibra de vidro, com 0,5 μ m de porosidade, previamente calcinados e pesados. As amostras filtradas para análise de metais (500 ml) seguiram o mesmo método, porém, utilizando filtros Millipore de acetato de celulose, com 0,45 μ m de porosidade, também previamente secos e pesados. Após a filtragem, os filtros foram secos na estufa por 24h a uma temperatura de 60°C para retirada da umidade. Por fim, os filtros foram pesados em balança analítica e mantidos em dessecador até momento da análise.



Figura 10: Esquema de filtragem de água para análise de CO e metais no MPS e de fósforo na água.

4.4.2 Determinação de Material Particulado em Suspensão (MPS)

O Material Particulado em Suspensão (MPS) dos Rios Jaguaribe e Passa-Vaca foi determinado por medida gravimétrica, segundo a metodologia descrita por APHA, 2001. A diferença entre o peso do filtro antes e após a filtração forneceu o peso do MPS para o exato volume filtrado (STRICKLAND & PARSONS, 1972; MELO *et al.*, 2003).

4.4.3 Determinação de carbono orgânico

Como carbono orgânico é o constituinte maior da matéria orgânica, aproximadamente 58% da matéria orgânica oxidável. Sua análise pode corresponder à concentração de Matéria Orgânica do ambiente de estudo. Para esta determinação foi utilizado o método do Dicromato de Potássio, descrito por STRICKLAND E PARSON, 1972.

A análise foi feita no material particulado retido nos filtros de fibra de vidro. O procedimento consistiu na oxidação do carbono em uma solução de ácido sulfúrico concentrado e dicromato de potássio. Os íons dicromato (alaranjado) reduzem-se a Cr⁺³ esverdeado. A intensidade da cor verde é proporcional à concentração de carbono orgânico na amostra e a determinação foi feita com espectrofotômetro (Marca VARIAN, modelo CARY 50), no comprimento de onda de 440 nm (DIAS & LIMAS, 2004).

4.4.4 Determinação de fósforo (fosfatos)

O fósforo em águas continentais e estuarinas são principalmente encontrados na forma de fosfatos (ESTEVES, 1998, MERGE, 2007). Os ortofosfatos, porém, apresentam um importante papel por ser a principal forma assimilável pelos vegetais. Além disso, é uma das principais formas encontrada nos esgotos urbanos (PAULO FILHO, 2004; PIMENTA,

2006). Portanto, a determinação das frações de fósforo foi feita pelo método descrito por GRASSHOFF *et al.* (1999), normalmente chamado de “determinação do fósforo assimilável”.

Os íons ortofosfatos contidos na água reagem em meio ácido com o molibdato de amônio, formando o complexo fosfomolibdato. Este complexo é então reduzido pelo ácido ascórbico, numa reação catalisada pelo antimônio tartarato de potássio, formando o complexo de coloração azul, medido em espectrofotômetro (Marca VARIAN, modelo CARY 50), a 880 nm. A intensidade da cor azul é proporcional à quantidade de fosfato presente na amostra. Foi determinado o branco de reagentes e soluções-padrão foram usadas para calibração do espectrofotômetro (ESCHRIQUE, 2007).

4.5 DETERMINAÇÃO DE METAIS

4.5.1 Procedimento de digestão

Para determinação dos elementos metálicos (Fe, Zn, Cu, Cr, Ni e Mn) primeiramente foi necessário tornar os íons disponíveis em solução. O método utilizado para digestão do material particulado contido nos filtros de acetato de celulose seguiu APHA (1998). O procedimento consistiu na digestão máxima das membranas de acetato de celulose por ácido nítrico a quente, para decomposição do material biológico e solubilização dos elementos metálicos. Posteriormente as amostras foram filtradas, avolumadas, transferidas para frascos de polietileno e acondicionados até o momento da leitura.

4.5.2 Determinação

A determinação final dos metais foi realizada através de Espectrofotometria de Absorção Atômica, utilizando um equipamento de chama ar acetileno (FAAS) (Marca VARIAN, modelo 220FS), após calibração previa do equipamento com soluções padrões dos metais Cu, Zn, Fe, Ni, Cr e Mn.

Neste método a absorção ocorre quando um átomo no estado fundamental absorve energia emitida por uma luz de comprimento de onda específico, que leva o átomo a um estado excitado. A quantidade de energia luminosa absorvida nesse comprimento de onda aumenta com o aumento do número de átomos do elemento estudado no caminho luminoso. A relação entre a quantidade de luz absorvida e a concentração dos elementos presentes em soluções padrões conhecidas permite determinar as concentrações em amostras desconhecidas pela determinação da quantidade de luz adsorvida pelas amostras (PITRAT, 2010).

4.6 VALORES DE REFERÊNCIA DOS METAIS ANALISADOS

Os órgãos ambientais estabelecem limites máximos de concentrações permissíveis para alguns parâmetros, em águas superficiais, com os objetivos de controlar os níveis de contaminação, para que não ocorram danos aos organismos aquáticos e a saúde pública.

No Brasil, a resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como limites para os parâmetros que determinam os seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar os usos preponderantes das águas. A Tabela 3 possui valores de referência dos parâmetros mensurados para águas salobras, Classe II, onde seu uso está restrito à pesca amadora e à recreação de segundo contato.

Para o material particulado em suspensão não existe uma legislação específica que regulamente os teores de metais. MACHADO (2007) adota a Resolução CONAMA 344/04, que prevê valores de referência para sedimentos, pois considera o MPS sendo nada mais do que sedimentos em suspensão. Os mesmo valores serão tomados como referência neste trabalho. Serão também utilizados os valores da CETESB (2005), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, do estado de São Paulo, que dispõe de valores de referência de qualidade próprios, para a avaliação dos graus de poluição do solo, cujo valores acima podem comprometer a qualidade do solo. Além dos valores estabelecidos pela National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (1999) de PEL que remete a um nível provável de efeito adverso à comunidade biológica (Tabela 4)

Tabela 3: Valores de referência do CONANA, Resolução nº 357/05 para os parâmetros analisados.

| PARÂMETROS | ÁGUAS SALOBRAS (Classe II) |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Salinidade | 0,5 - 30 |
| Oxigênio Dissolvido (OD) | > 4,0 mg.L ¹ |
| Condutividade | - |
| Potencial Hidrogeniônico (pH) | 6,5 - 8,5 |
| Carbono Orgânico (CO) | < 5,0 mg.L ¹ |
| Fosfatos | 0,186 mg.L ¹ |

Tabela 4: Limites das concentrações de elementos metálicos em ppm (mg.kg^{-1}) definidos pela Legislação vigente (CONAMA 344/04; CETESB (2005); NOAA (1999)).

| METAIS | CONAMA 344/05 | | CETESB | NOOA PEL |
|---------------|---------------|---------|--------|-------------|
| | Nível 1 | Nível 2 | | |
| Cobre (Cu) | 34 | 270 | 60 | 197 |
| Manganês (Mn) | - | - | - | - |
| Níquel (Ni) | 20,9 | 51,6 | 30 | 36 |
| Zinco (Zn) | 150 | 410 | 300 | 315 |
| Ferro (Fe) | - | - | - | |
| Cromo (Cr) | 81 | 370 | 75 | 90 |

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente recorreu-se ao emprego da Estatística Descritiva, com obtenção de valores médios, desvio padrão, máximos e mínimos para os parâmetros e elementos investigados.

As análises físico-químicas foram utilizadas para elaborar uma planilha Excel com o objetivo de fornecer elementos para construção de gráficos, mostrando a concentração pontual e a distribuição de cada variável, propiciando desse modo, uma fácil visualização dos limites estabelecidos pelas Legislações utilizadas como parâmetros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PLUVIOSIDADE DURANTE O ANO DE 2010

O clima é um componente extremamente importante para compreensão de determinados processos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, como é o caso dos Rios Jaguaribe e Passa-Vaca. Para este estudo foram analisados os dados pluviométricos registrados no ano de 2010, correspondente ao período amostral, que possibilitaram avaliar as interferências deste sobre os parâmetros analisados.

Segundo dados do INMET (2010) de chuvas acumuladas mensal versus o número de dias com chuvas, da estação meteorológica de Ondina (Salvador/BA), os meses com maiores índices de chuvas acumuladas foram abril e julho, com valores superiores a 450 mm/mês, seguidos de maio e agosto, com índices entre 200 e 250 mm/mês. Já os meses de janeiro, fevereiro, março, junho, setembro, outubro, novembro e dezembro tiveram um volume abaixo de 150 mm/mês cada (Figura 11).

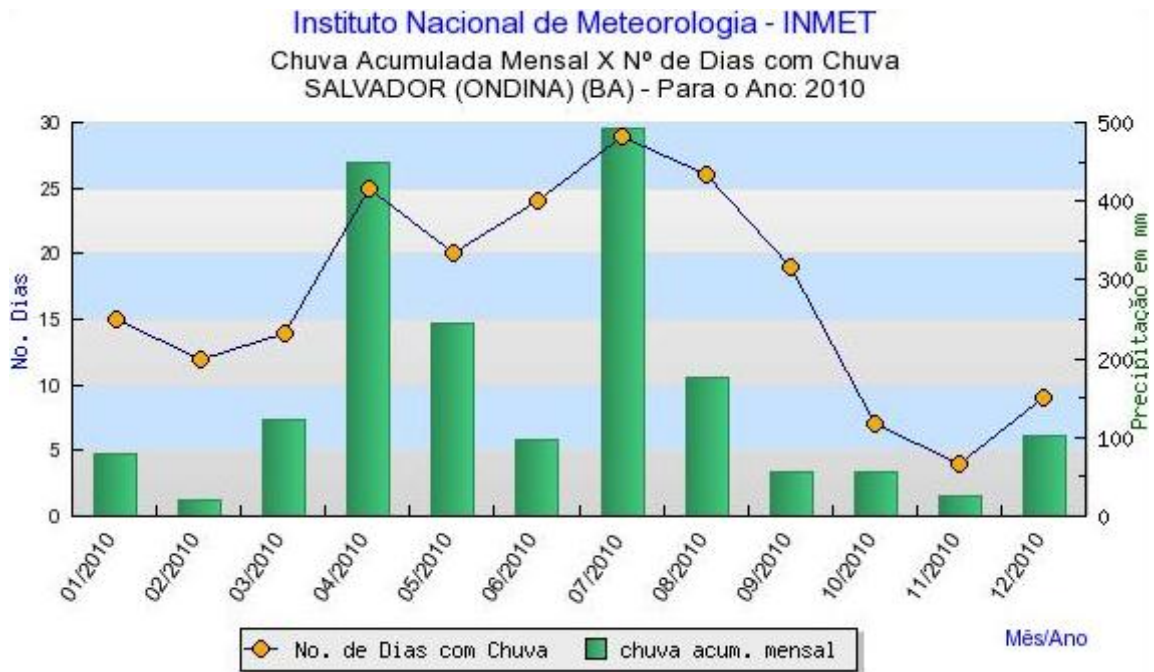


Figura 11: Gráfico da precipitação mensal versus a quantidade de dias chovendo por mês para todos os meses do ano de 2010 em Salvador, BA. (Fonte: INMET)

A incidência de chuvas foi bem mais distribuída entre os meses de abril a agosto, com pelo menos 20 dias com chuvas. Entre os meses de janeiro a março e setembro a dezembro o número de dias com chuva é reduzido, chegando a chover apenas 4 dias no mês de novembro.

Os dados obtidos para o ano de 2010 foram pouco semelhantes à média climatológica obtida de dados médios históricos do INMET de 1961 até 1990 para a região, com chuvas se acumulando entre os meses de abril a agosto. No entanto, para o ano de 2010 a maior precipitação ocorreu no mês julho (~ 490 mm), diferente da média climatológica onde as maiores precipitações ocorrem no mês de maio (Figura 12).

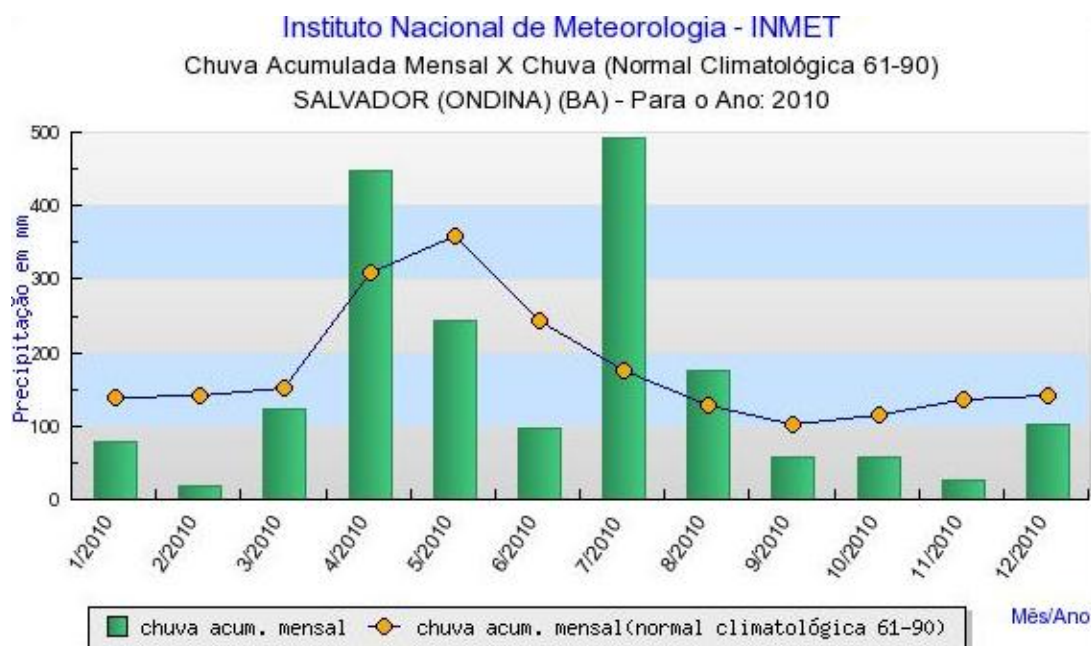


Figura 12: Gráfico da quantidade de chuva acumulada mensal em 2010 versus a média de chuva para a região a partir de dados de precipitação de 1961 até 1990. (Fonte: INMET)

5.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

5.2.1 Salinidade

Segundo ESTEVES (1998), a concentração de sais minerais dissolvidos na água é expressa como salinidade, que corresponde ao peso, em gramas, dos sais presentes em 1000g de água. Sendo considerada a propriedade mais significativa em relação à ecologia e fisiologia dos organismos marinhos (SANTOS, 2002).

O fluxo e refluxo da maré, e as estações do ano com as condições locais de chuva, evaporação e descarga fluvial são fatores que provocam a mistura de água doce e salgada e, por via de consequência, consideráveis flutuações de salinidade nos estuários, que normalmente é menor do que a do mar adjacente.

No presente estudo a salinidade variou principalmente em função da entrada da maré. Para analisar, representaremos P1 como à confluência dos dois rios, o rio Jaguaribe pelos pontos P2 e P3 e o rio Passa-Vaca pelos pontos P4, P5 e P6. A mesma representação será utilizada para análise de todos os parâmetros.

A Figura 13 mostra a média da salinidade em cada ponto durante todo período de amostragem, nas condições de Maré Alta (MA) e de Maré Baixa.

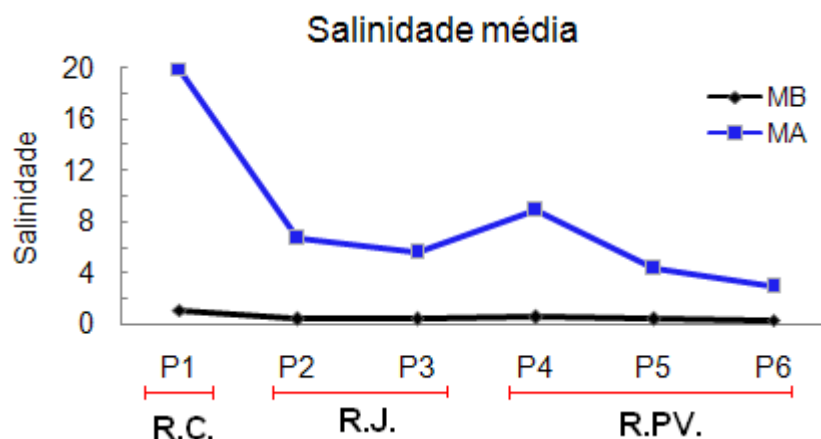


Figura 13: Salinidade média dos pontos durante as coletas realizadas na Maré Baixa (MB) e na Maré Alta (MA). R.C: Região de Confluência dos dois rios; R.J.: Rio Jaguaribe; R.P.V.: Rio Passa-vaca.

A salinidade média durante a maré alta foi maior em P1 (19,9) por ser o ponto mais próximo da praia, e, portanto apresentar salinidades maiores. P2 e P3 por serem pontos adentrando o Rio Jaguaribe possuem médias menores, de 5,3 e 3,0, respectivamente. Da mesma forma, em P4, na localizado na confluência do rio Passa Vaca com o Jaguaribe, próximo ao bueiro construído sob a Av. Otávio Mangabeira, a média da salinidade foi de 9,6, superior a P5 e P6, localizados dentro do manguezal, na porção superior do estuário, com médias de 4,9 e 4,6, respectivamente.

Esta variação durante a maré baixa é quase inexpressiva, com salinidade média de 0,5, considerando todos os pontos e campanhas amostrais. Já nos pontos amostrados durante a maré alta a salinidade média foi de 7,8, porém a amplitude dos valores entre os pontos e as campanhas gerou um desvio padrão de 11,99 (Tabela 5).

Tabela 5: Média, desvio padrão, máximo e mínimo da salinidade considerando todos os pontos amostrados nas condições de maré-alta e maré-baixa.

| Estatística descritiva | Condições de Maré | |
|------------------------|-------------------|-------|
| | Alta | Baixa |
| MÉDIA | 7,8 | 0,5 |
| DESVIO PADRÃO | 11,99 | 1,12 |
| MÁXIMO | 35,0 | 5,0 |
| MÍNIMO | 0,0 | 0,0 |

A partir dos valores médios é possível enquadrar as águas próximas dos estuários destes rios como salobras, conforme a definição estabelecida pela resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) para águas com salinidade entre 0,5 e 30. Apesar de alcançar em

valores acima do estabelecido, este ocorre com baixa freqüência e principalmente em P1, que está sob maior influência marinha (Tabela 1, do apêndice).

Comparando o comportamento da salinidade na maré baixa (Figura 14) e na maré alta (Figura 15) em todos os pontos, podemos observar que a amplitude é mais visível nas campanhas iniciais, entre janeiro a abril, devido, possivelmente, as amplitudes das marés. A partir do mês de maio a diferença de salinidade entre as marés é pouco expressiva. Indicando que a força da maré não foi suficientemente capaz de penetrar no rio com maior volume de água e também devido às precipitações pluviométricas maiores, diluindo as águas nos dias em que foram feitas as coletas.

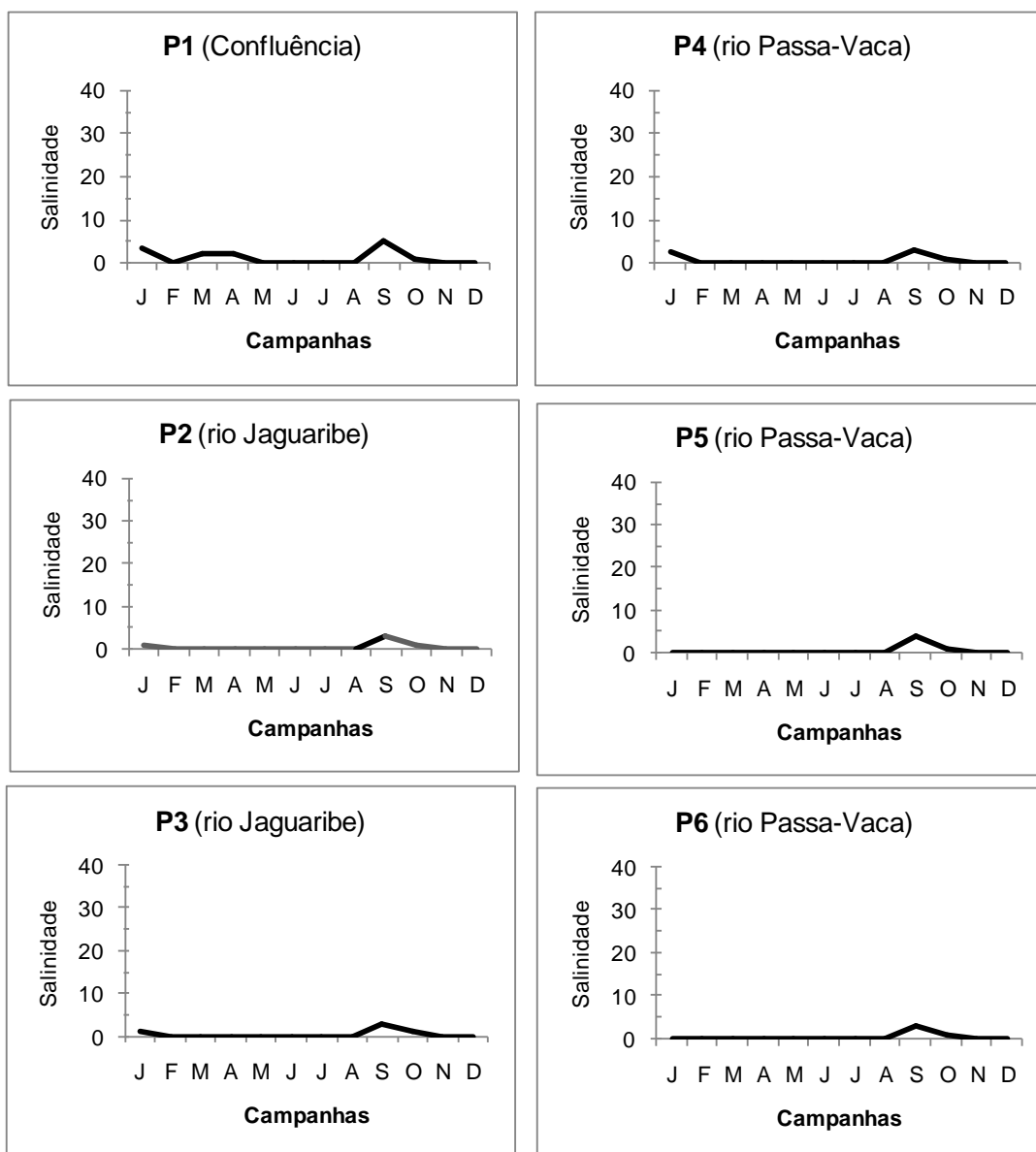


Figura 14: Variação temporal da salinidade nos pontos amostrais localizados nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré baixa.

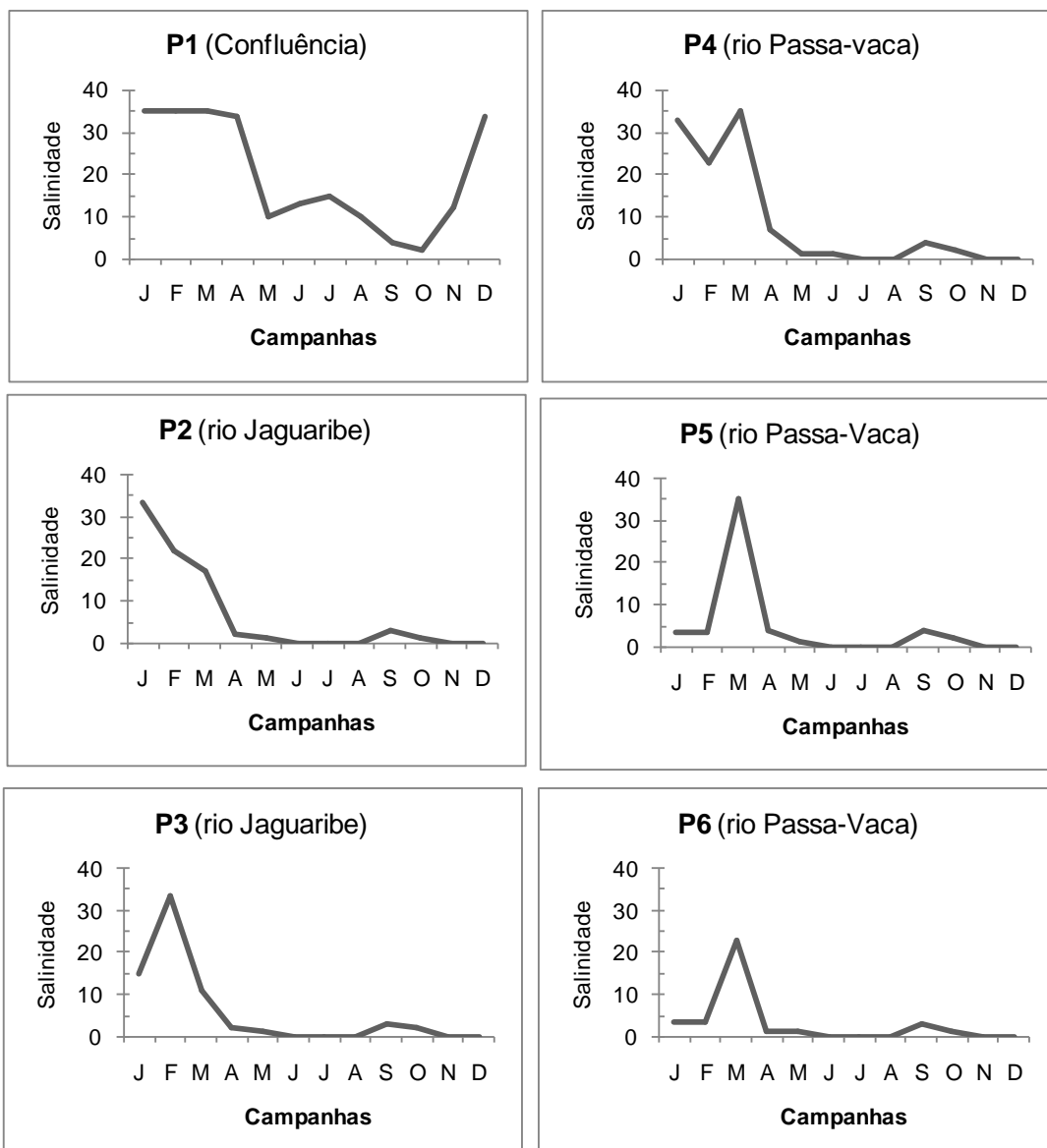


Figura 15: Variação temporal da salinidade nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e no rio Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta.

Esse comportamento pode está relacionado à amplitude da maré e a fase da lua (sizígia ou quadratura) (Tabela 6). No entanto, não foi possível indicar nenhuma relação das marés de sizígia ou de quadratura com a penetração da pluma salina nos corpos d'água, visto que, mesmo em maré de quadratura, quando as águas são mais calmas e possui menores marés-altas, os meses de janeiro a março apresentaram as maiores salinidades. Também não foi observada nenhuma relação com as amplitudes das marés.

Tabela 6: Data das campanhas, horário dos picos de maré, amplitudes das marés e influência das fases da lua com as marés.

| CAMPANHAS | DATA | HORA | MARÉ-BAIXA | HORA | MARÉ-ALTA | LUA |
|-----------|------------|-------|------------|-------|-----------|------------|
| Janeiro | 28/1/2010 | 08:30 | 0,4 | 14:43 | 2,3 | Quadratura |
| Fevereiro | 26/2/2010 | 08:13 | 0,4 | 14:26 | 2,4 | Quadratura |
| Março | 29/3/2010 | 09:15 | 0,1 | 15:34 | 2,7 | Quadratura |
| Abril | 28/4/2010 | 09:36 | 0,2 | 15:58 | 2,6 | Sizígia |
| Maio | 25/5/2010 | 07:49 | 0,5 | 14:06 | 2,4 | Quadratura |
| Junho | 28/6/2010 | 10:56 | 0,4 | 17:17 | 2,2 | Sizígia |
| Julho | 27/7/2010 | 10:32 | 0,3 | 16:51 | 2,2 | Sizígia |
| Agosto | 24/8/2010 | 08:36 | 0,4 | 14:53 | 2,1 | Sizígia |
| Setembro | 1/10/2010 | 15:51 | 0,9 | 09:51 | 1,7 | Quadratura |
| Outubro | 28/10/2010 | 12:47 | 0,7 | 07:00 | 1,9 | Sizígia |
| Novembro | 29/11/2010 | 16:17 | 0,8 | 10:15 | 1,9 | Quadratura |
| Dezembro | 18/12/2010 | 07:45 | 0,6 | 13:56 | 2,1 | Quadratura |

5.2.2 Temperatura

A temperatura é um dos principais fatores limitantes à distribuição da fauna e flora nos ecossistemas aquáticos, sendo considerado um fator ambiental crítico quando associado a outros fatores ambientais, como o oxigênio dissolvido, podendo apresentar variações dos seus efeitos sobre os organismos ou sobre as condições ambientais (SANTOS, 2002).

Durante o estudo, a temperatura da água variou pouco entre os pontos e entre as campanhas, comportamento já esperado para regiões de clima tropical, onde as flutuações de temperatura são menos acentuadas (Tabela 2, do apêndice). Valores absolutos variaram em torno de 24°C em agosto e 30°C, em janeiro.

Os valores de temperatura mostraram-se estáveis durante todo período estudado, não apresentando diferenças entre os momentos de maré e sim revelando discretas variações em função dos períodos diários de luminosidade visto que as campanhas na maré-baixa se concentraram no turno matutino, enquanto que as coletas na maré-alta, no turno vespertino (Tabela 6).

Ao observar os gráficos da média da temperatura (Figura 16), verificou-se, como era esperado, que nos meses de menor precipitação pluviométrica, janeiro a março e setembro a dezembro, conhecido como período seco, onde a temperatura atmosférica é mais elevada, as médias de temperaturas foram maiores, enquanto que nos meses de maior precipitação (abril a julho), período chuvoso, com clima mais ameno, houve uma suave diminuição nos valores médios da temperatura. Estas variações demonstram uma nítida, mas discreta sazonalização.

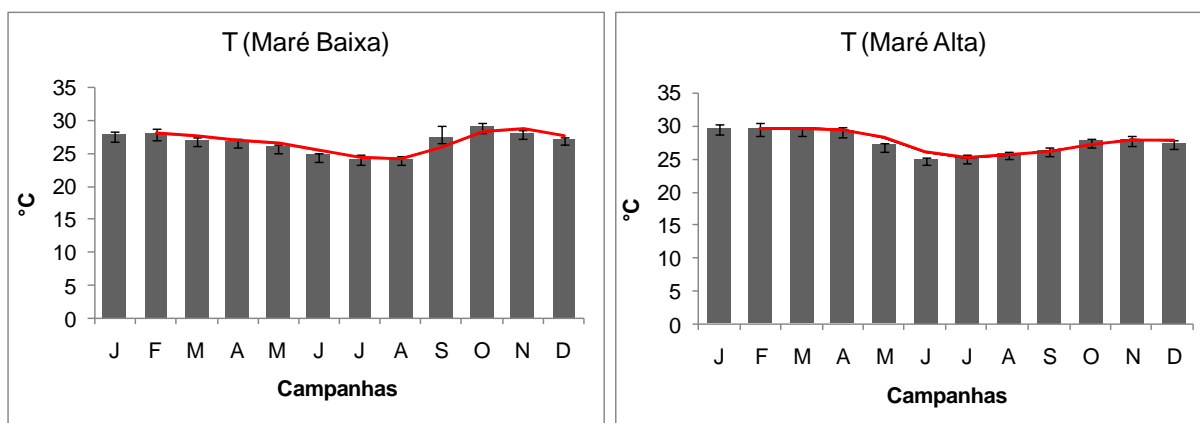


Figura 16: Variação temporal da temperatura média da água superficial nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca nas condições de Maré baixa e de maré alta durante todo período amostral.

A Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) não estabelece limite para a temperatura em águas superficiais salobras, classe II.

5.2.3 Condutividade

Segundo LIMA (2005), a condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água, e, portanto, representa uma medida da concentração de poluentes. CETESB (1999), indica que níveis superiores a 100 mS/cm representam ambientes impactados. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas.

Neste trabalho, a condutividade alcançou valor máximo de 6,2 mS/cm, em P1, na campanha de maio durante a maré alta (Tabela 3, do apêndice). A média obtida durante as coletas em condições de maré baixa foi de 0,7 mS/cm e 0,9 mS/cm nos ciclos de maré alta. Considerando o valor estabelecido pela CETESB (1999), nenhum ponto foi considerado impactado. A variação anual dos valores de condutividade está representada na Figura 17.

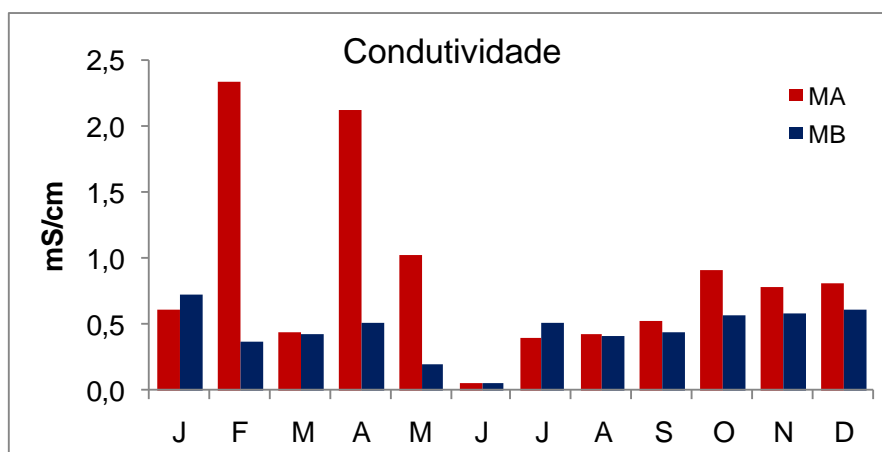


Figura 17: Variação temporal dos valores de condutividade nos ciclos de Maré Alta (MA) e Maré Baixa (MB) durante todo período amostral.

De maneira geral a condutividade da água variou pouco entre as campanhas. Alguns picos de condutividade são observados nos meses de fevereiro, abril e maio, provavelmente devido à maior penetração da maré nos dias das coletas. Uma sutil diminuição dos valores também pode ser observada durante os meses maio a julho, período chuvoso, onde ocorre maior diluição das águas e conseqüentemente, diminuição da condutividade.

A Figura 18 representa a média em cada ponto de coleta. Podendo ser observada uma tendência de queda, variando de 1,47 mS/cm até 0,54 mS/cm da região de confluência (P1) em direção aos pontos localizados no rio Jaguaribe (P2 e P3) e de 1,03 mS/cm até 0,47 mS/cm de P4, localizado na entrada do rio Passa-Vaca até os pontos localizados na parte superior do estuário (P5 e P6). Esse padrão de queda é justificado pela diminuição da influência marinha com distanciamento da desembocadura

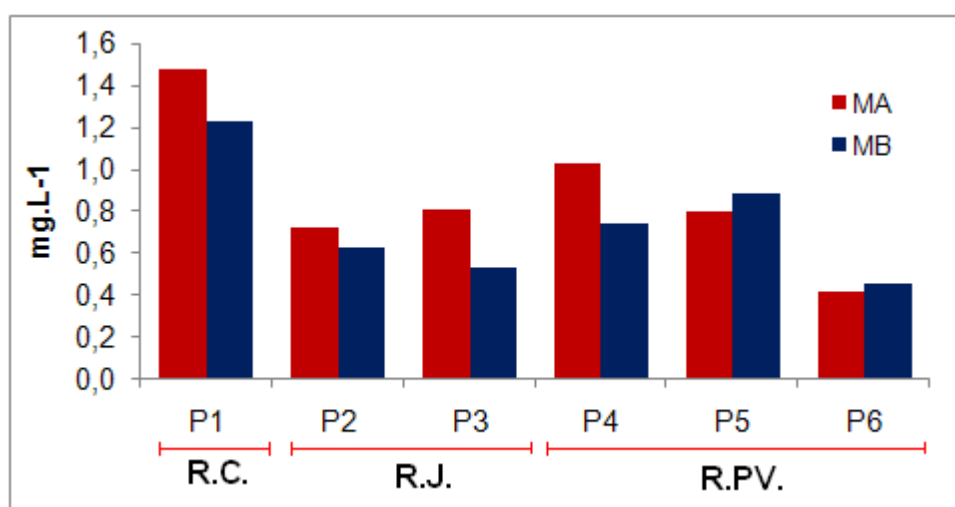


Figura 18: Valores médios de condutividade nos estuários do rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta (MA) e maré baixa (MB). R.C: Região de Confluência; R.J.: Rio Jaguaribe; R.PV.: Rio Passa-Vaca.

A Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) não estabelece limite para a condutividade em águas superficiais salobras, classe II.

5.2.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

Uma das características mais importantes da água é a capacidade de solubilização de gases, especialmente o oxigênio, cujas concentrações influem decisivamente no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, em suas comunidades e no balanço de vários nutrientes (SIMONASE, 2001).

As concentrações médias de oxigênio dissolvido durante as coletas nas condições de maré baixa e de maré alta foram 4,8 e 5,2 mg/L, respectivamente. Indicando que a entrada, diluição e circulação das águas durante as marés altas aumentam ligeiramente os índices de oxigênio nas águas, mostrando que existe capacidade de autodepuração nas proximidades dos estuários estudados. Durante as campanhas os maiores picos observados foram nos meses de junho e julho, que podem estar relacionados às menores temperaturas das águas nesse período (Figura 19). No entanto, não foi possível verificar um padrão sazonal.

Os valores de oxigênio dissolvido apresentou valor mínimo de 1,0 mg/L em P2, durante a maré alta na campanha de abril, e máximo de 8,9 mg/L em P5, durante a maré baixa na campanha de julho (Tabela 4, do apêndice), revelando que as águas estuarinas dos rio Jaguaribe e Passa-Vaca obtiveram valores abaixo do limite determinado pela Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), que preconiza que os teores de oxigênio dissolvidos não podem ser inferiores a 4 mg/L para águas estuarinas classe II, como pode ser observado nas Figuras 20 e 21. Baixos valores são atribuídos ao despejo de esgotos domésticos nas bacias estudadas.

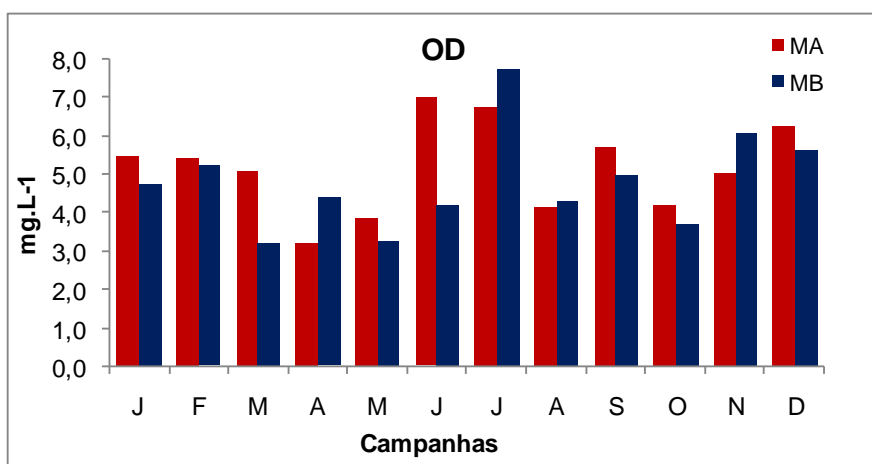


Figura 19: Variação temporal dos valores médios de oxigênio dissolvido nas condições de Maré Baixa (MB) e Maré Alta (MA).

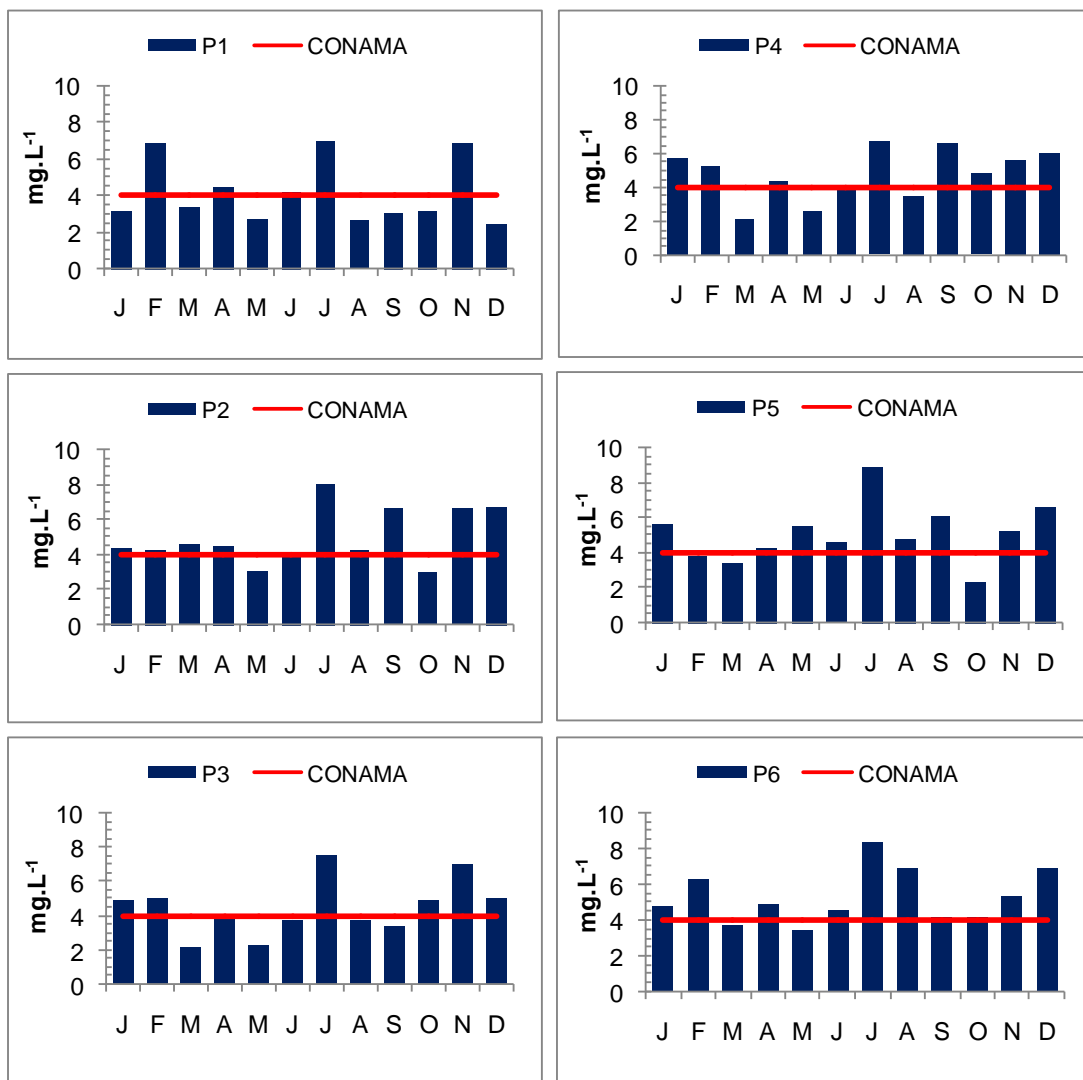


Figura 20: Variação temporal da concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré baixa e valor de referência da concentração de OD segundo CONAMA (2005).

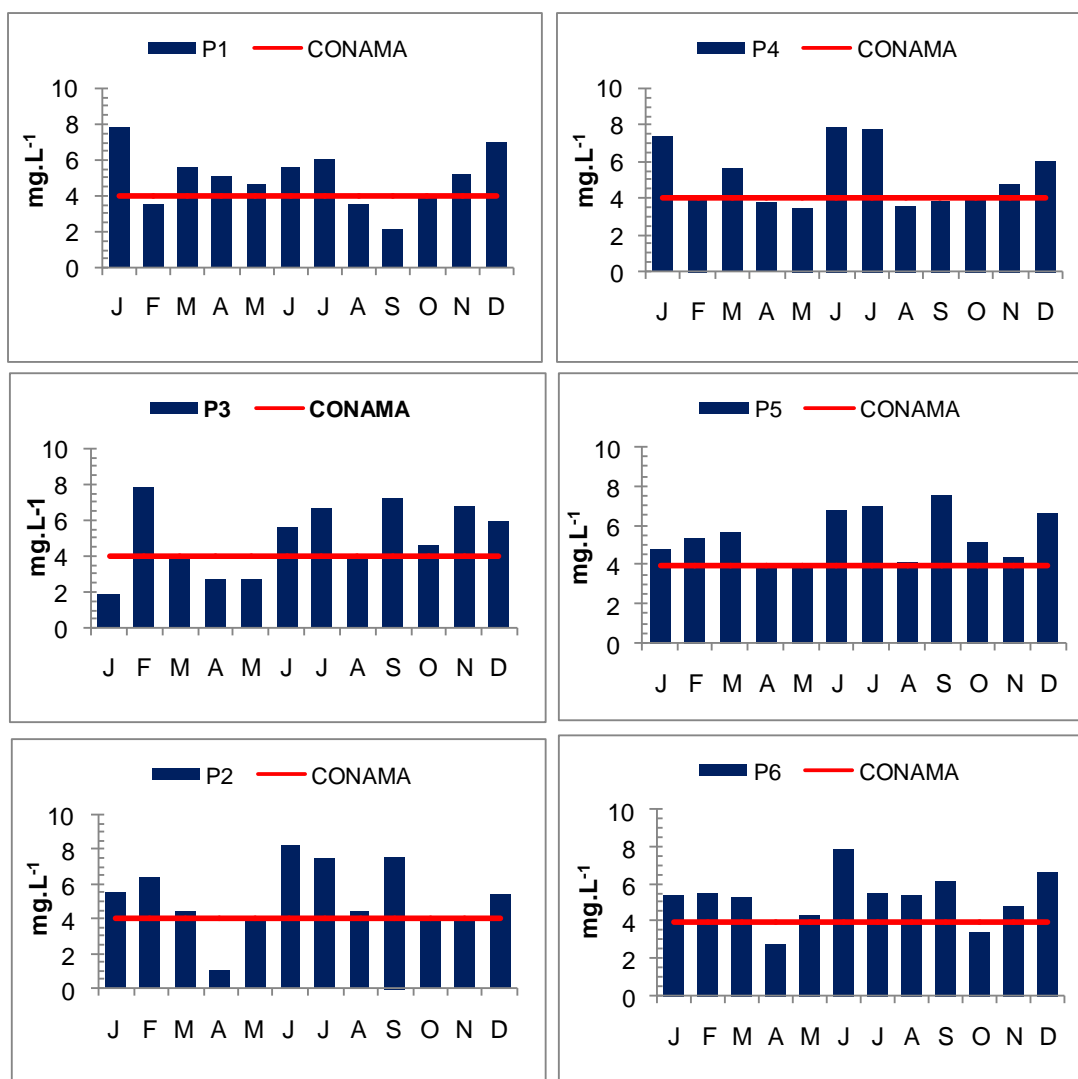


Figura 21: Variação temporal da concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta e valor de referência da concentração de OD segundo CONAMA (2005).

Durante os ciclos de maré é possível observar valores abaixo dos limites permitidos pelo CONAMA. Na maré baixa esses valores são mais constantes do que na maré alta. Os pontos localizados no rio Passa-Vaca (P4, P5 e P6) são mais oxigenados do que os valores encontrados para o rio Jaguaribe (P2 e P3). No mês de julho, mês com maior índice pluviométrico do ano, todos os pontos estiveram com teores de oxigênio satisfatórios.

As perdas de oxigênio dissolvido podem estar relacionadas ao consumo pela decomposição da matéria orgânica, por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química de íons metálicos, como ferro e manganês (FIORUCCI *et al.*, 2005).

5.2.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH das águas representa a concentração de íons hidrogênio nestas, retratando as condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade na qual estas se encontram, governando assim a solubilidade das espécies químicas presentes no sistema aquático (NEVES *et al.*, 2001)

Os valores de pH variaram entre 4,3 e 8,0 considerando todo período amostral (Tabela 5, do apêndice). No entanto, a média durante as coletas no ciclo de maré baixa foi de 6,5 e durante o ciclo de maré alta 6,7, conferindo às águas um caráter neutro a levemente ácido. Em geral, a variabilidade entre os valores não foi tão significativa. A Figura 22 ilustra essa variação ao longo do ano, nos diferentes ciclos de maré.

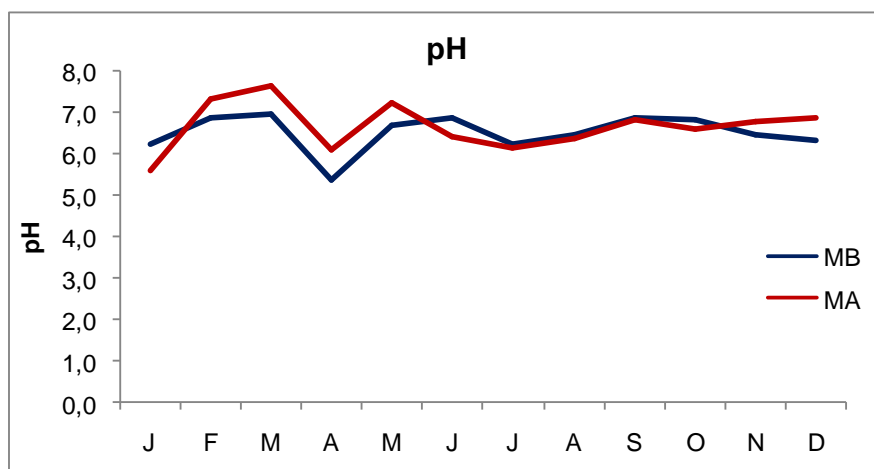


Figura 22: Variação temporal dos valores médio de pH nas águas dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca nos ciclos de maré baixa (MB) e maré alta (MA).

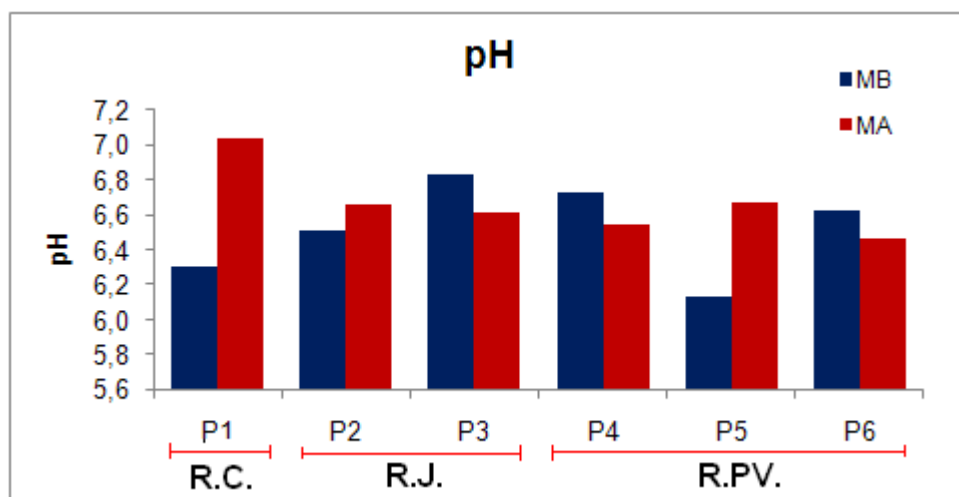


Figura 23: Valores médios do pH nos estuários do rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta (MA) e maré baixa (MB). R.C: Região de Confluência; R.J.: Rio Jaguaribe; R.P.V.: Rio Passa-Vaca.

Na Figura 23 é possível observar que a água do rio Jaguaribe confere teores mais constantes, com média de 6,5, do que o rio Passa-vaca, com média de 6,7, principalmente nos pontos mais internos do estuário, devido a presença do manguezal, que é rico em ácidos húmicos, provenientes da decomposição da matéria orgânica. O lançamento de esgotos também contribui com os baixos valores de pH.

Os resultados estiveram dentro da normalidade, conforme a resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) que estabelece uma variação de pH para águas superficiais salobras classe II entre 6,5 a 8,5.

5.3 MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO

As concentrações de material particulado em suspensão variaram de 0,20 a 54,00 mg/L nas coletas durante a maré baixa e de 1,80 a 72,20 mg/L durante as coletas na maré alta (Tabela 5, do apêndice). A Figura 24 retrata a variação do MPS durante as 12 campanhas amostrais, exibindo os valores médios para as diferentes condições de maré.

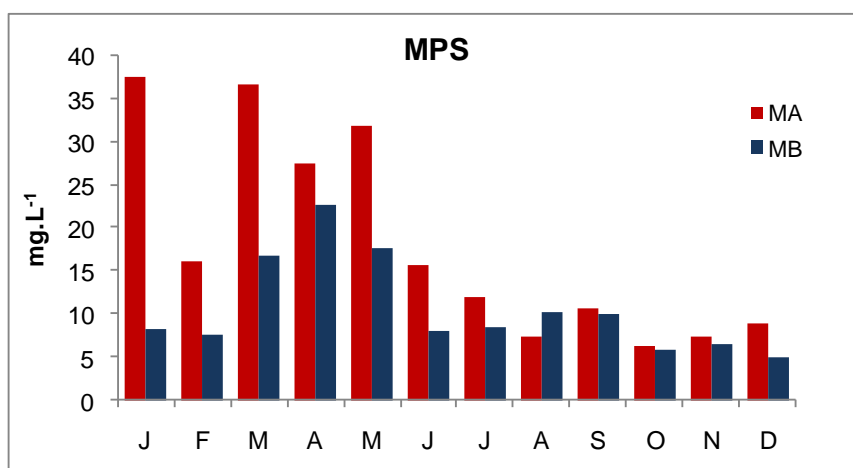


Figura 24: Variação temporal da concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) nas condições de MB e MA durante todo período amostral.

O comportamento entre as marés foram semelhantes, apresentando concentrações maiores durante a maré alta do que na maré baixa. Isso ocorre devido à entrada da maré que ressuspende o sedimento de fundo aumentando a quantidade de MPS.

A variabilidade temporal foi fortemente influenciada pelo aporte pluvial e pela remobilização de partículas previamente depositadas no fundo. No período de menor pluviosidade, de setembro a dezembro, as concentrações de MPS foram de 0,8 a 32,8 mg/L, enquanto que no período chuvoso, de abril a agosto as concentrações foram mais elevadas, variando de 0,2 a 71,0 mg/L.

Nas campanhas de janeiro a março houve picos na concentração de MPS durante as coletas na maré alta, esse fato está relacionado à maior penetração da maré durante as datas da coleta, visto que nos primeiros meses do ano a maré foi mais expressiva.

Analisando a média dos pontos ao longo das campanhas, os pontos localizados na região de confluência entre os dois rios (P1) e no rio Jaguaribe (P2 e P3) não apresentaram padrão de distribuição, enquanto que os pontos localizados no rio Passa-Vaca (P4, P5 e P6) seguiram um padrão, diminuindo a concentração à medida que os pontos se distanciaram da desembocadura (Figura 25).

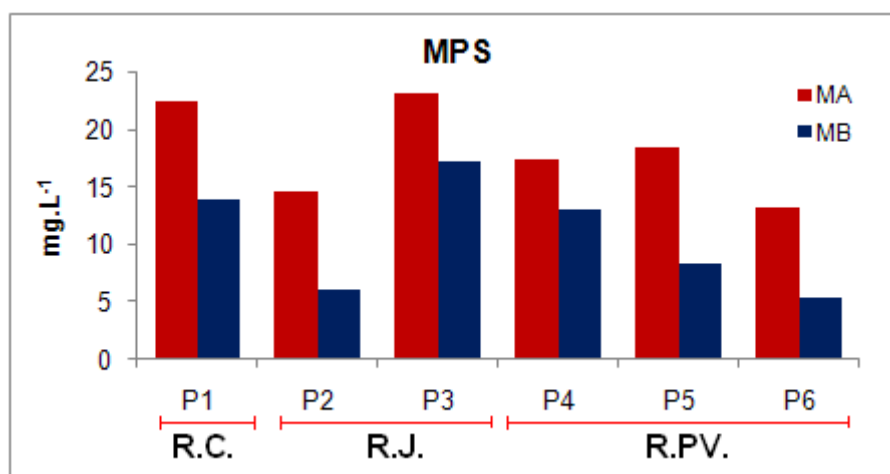


Figura 25: Média da concentração de MPS nos pontos localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca ao longo do período amostral durante as condições MB e MA. R.C: Região de Confluência; R.J.: Rio Jaguaribe; R.P.V.: Rio Passa-Vaca.

Em geral, observa-se que a variabilidade de MPS muda de acordo com as características de cada ambiente. Por exemplo, nos estuário do Atlântico Sul as concentrações de MPS variaram de 7,5 no estuário do rio Itajaí a 200 mg/L, no estuário do rio da Prata, podendo chegar a 2000 mg/L, no estuário do rio Amazonas (DIAS, 2007).

Segundo HATJE & ANDRADE (2009), a concentração de material particulado em suspensão nos tributários da Baía de Todos os Santos (BTS) varia entre 2 – 86 mg.kg⁻¹. DIAS (2007) cita valores de concentrações de MPS para os estuários dos rios Paraíba do Sul, variando de 23 a 45 mg/L, do rio São Francisco, variando entre 13 mg/L, na estação seca, até 90 mg/L na estação chuvosa e do rio Jaguaribe (CE), variando entre 7,6 a 608 mg/L.

Os valores encontrados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca está na mesma ordem de grandeza dos estuários observados no Atlântico Sul, e dentro da média para os tributários da BTS. Os maiores valores estão relacionados à intensificação dos processos erosivos ocorridos na região e ao escoamento superficial que carrega uma maior quantidade de materiais no período de maior deflúvio. Em média, o rio Jaguaribe possui maiores

concentrações de MPS, por ser o rio mais assoreado e por receber maior carga de efluentes.

5.4 CARBONO ORGÂNICO (MATÉRIA ORGÂNICA)

A concentração elementar de carbono da matéria orgânica particulada é proveniente de material detrítico em suspensão na água, biomassa do fitoplâncton e dos microorganismos presentes (GARLIPP, 2006).

As concentrações de carbono orgânico seguiram comportamento semelhante às concentrações do MPS. Ao longo das campanhas realizadas os teores de carbono variaram entre 0 e 2,1 mg/L nas condições de maré-baixa e de 0 até 3,9 nas condições de maré-alta (Tabela 6, do apêndice).

Os valores apresentaram concentrações mais elevadas no período chuvoso, entre abril e agosto, com valor máximo de 2,5 mg/L na campanha de julho. No entanto, as campanhas de novembro e dezembro apresentaram picos de CO apesar do baixo índice pluviométrico e de MPS (Figura 26).

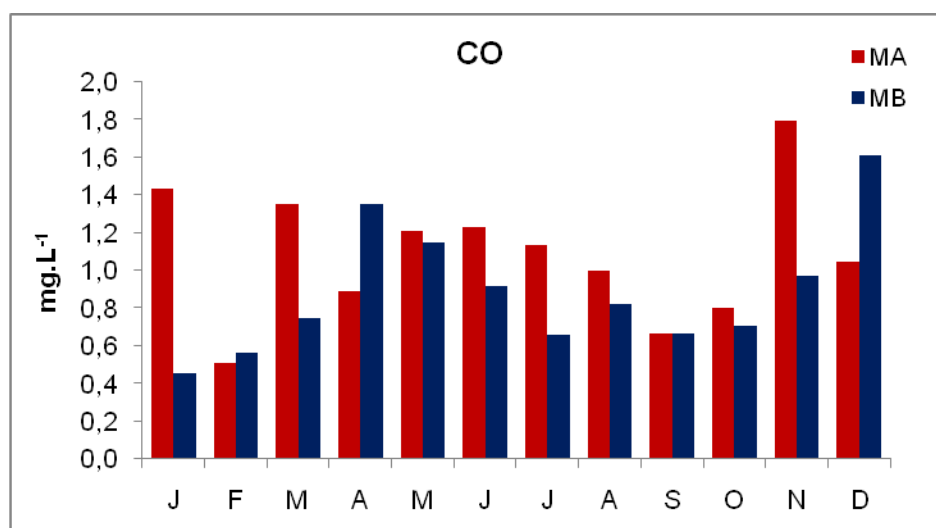


Figura 26: Variação temporal da concentração média de carbono orgânico (CO) nas condições de MB e MA durante todo período amostral.

Os resultados de CO encontrados no material particulado em suspensão dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, no período avaliado, esteve dentro da normalidade, conforme a resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) que estabelece um valor máximo de até 5,00 mg/L de Carbono para águas salobras, classe II.

Os teores de carbono orgânico nos diferentes pontos ao longo do rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante todo período de coleta estão representados pelas Figuras 27 e 28.

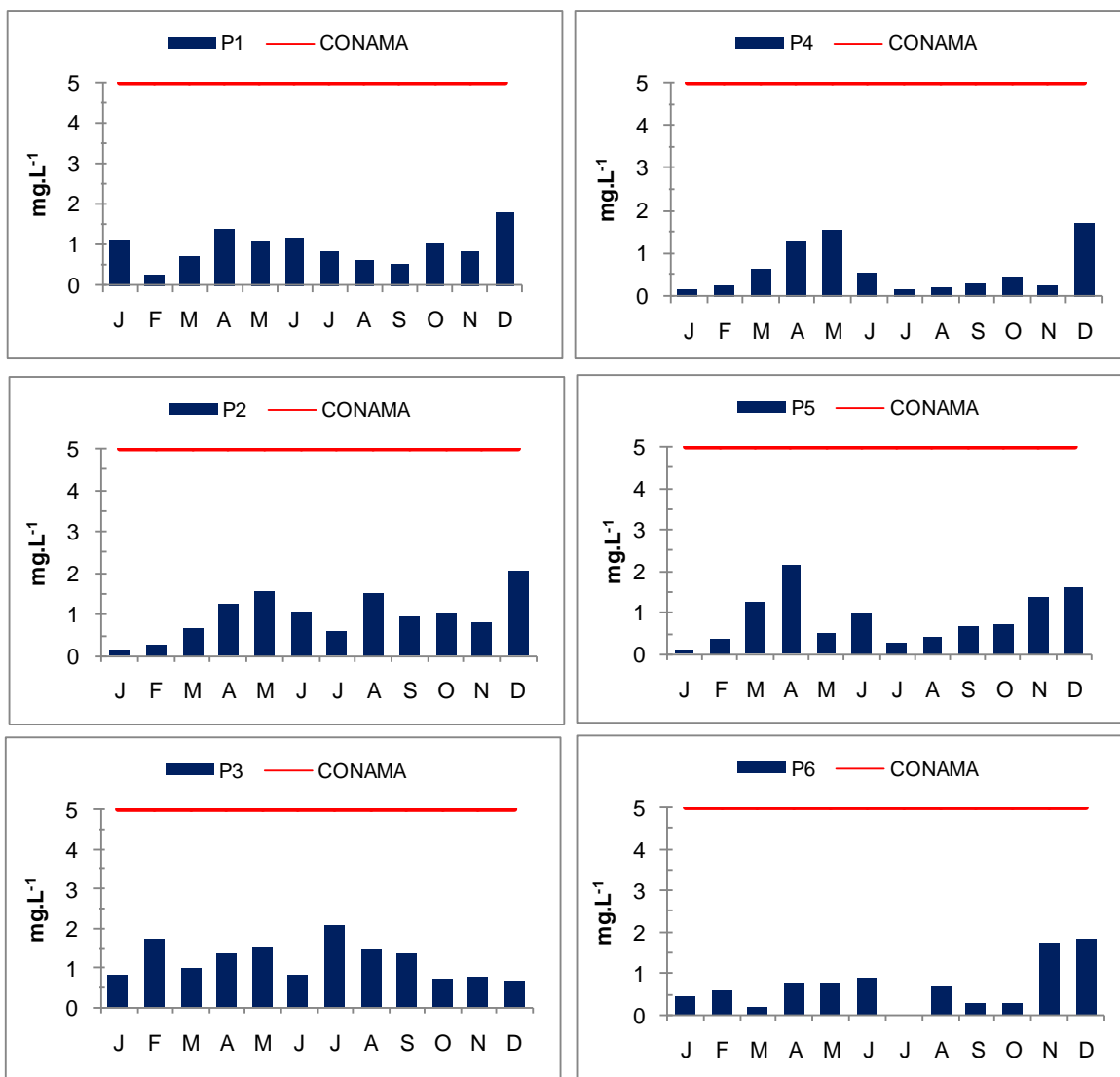


Figura 27: Variação temporal da concentração de Carbono Orgânico (CO) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré baixa e valor de referência da concentração de CO segundo CONAMA (2005).

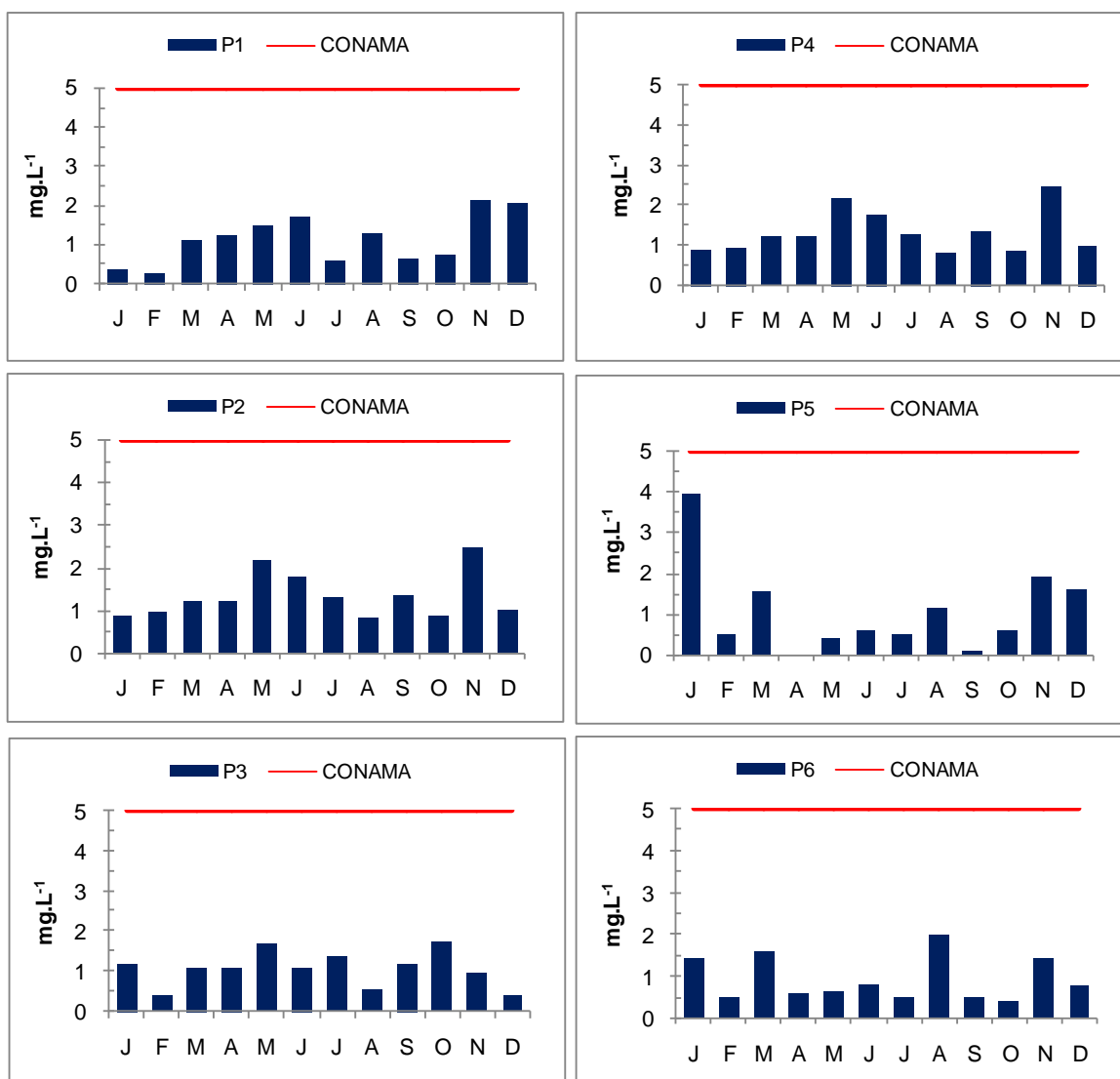


Figura 28: Variação temporal da concentração de Carbono Orgânico (CO) nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante os ciclos de maré alta e valor de referência da concentração de CO segundo CONAMA (2005).

5.5 FÓSFORO (ORTOFOSFATOS)

Em águas superficiais, o fósforo aparece predominantemente na forma de fosfatos. Os fosfatos dissolvidos na coluna d'água são chamados de ortofosfatos ou fósforo reativo dissolvido (DIAS, 2007)

Os resultados obtidos para os teores de ortofosfatos nas águas do rio Jaguaribe e Passa-Vaca alcançaram valor máximo de 1,0 mg/L. As coletas durante as condições de maré-baixa apresentaram média de 0,19 mg/L, enquanto a média das coletas em condições de maré-alta foi de 0,14 mg/L (Tabela 7, do apêndice). Esta variação pode ser observada na Figura 29, que ilustra a distribuição anual dos teores de fósforo (ortofosfatos) nas condições de maré alta e de maré baixa.

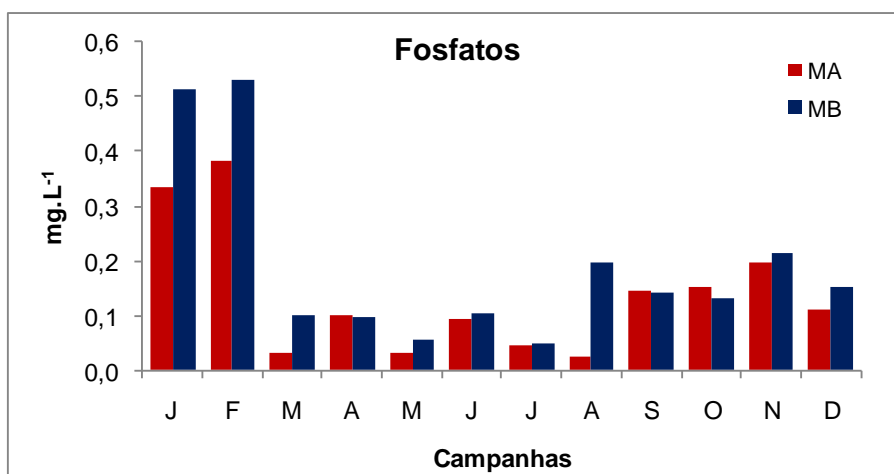


Figura 29: Variação temporal da concentração média de fósforo (ortofosfatos) nas MB e MA) nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, durante todo período amostral.

As concentrações de ortofosfatos apresentaram picos de 0,51 e 0,53 mg/L nos meses de janeiro e fevereiro, respectivamente, durante a maré baixa. Contudo, as concentrações diminuíram nos meses de março a julho significativamente, com valores em torno de 0,1 mg/L, e aumentando novamente nos meses de agosto a dezembro, alcançando o valor médio de 0,41 na campanha de novembro.

Os teores de fósforo nas diferentes condições de maré apresentaram comportamento semelhante. Na estação seca o fosfato apresentou valores elevados, ultrapassando, por vezes, o valor permitido pelo CONAMA resolução nº 357/05 para águas salobras, Classe II, onde os teores de fósforo total não devem ser superiores a 0,186 mg/L, indicando um ambiente eutrófico, uma vez que o fosfato é um agente limitante de produtividade. Essas concentrações elevadas estão vinculadas ao lançamento excessivo de esgotos nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, que trazem diversos compostos fosfatados. Além disso, os fosfatos do excesso de matéria orgânica, provenientes dos esgotos, se precipitam no sedimento, volta à coluna d'água e devido aos processos de decomposição consomem parte do oxigênio dissolvido na água. Na estação chuvosa, a concentração do fosfato total diminuiu, porém não vinculados à diminuição da carga de esgotos, mas ao aumento do volume da coluna d'água devido a uma maior incidência de chuva e entrada de água do mar.

As Figuras 30 e 31 ilustram a variação destes teores nos pontos amostrados nos rios Jaguaribe e Passa-vaca.

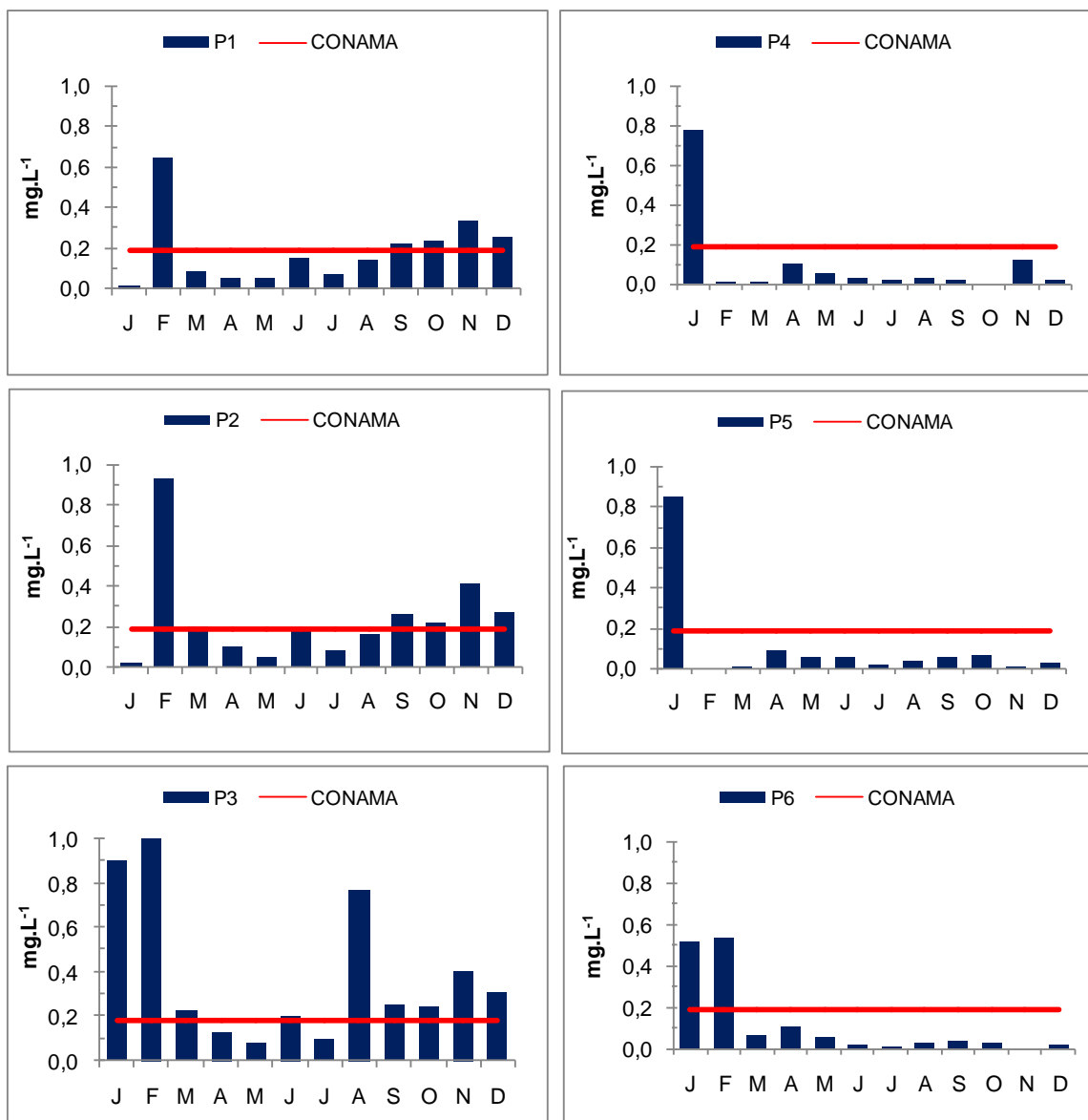


Figura 30: Variação temporal dos teores de fosfatos nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante o ciclo de maré baixa e valor de referência da concentração de fósforo segundo CONAMA (2005).

Valores acima do permitido pelo CONAMA são mais freqüentes no rio Jaguaribe, confirmando uma maior depleção dessas águas e um ambiente eutrófico, principalmente durante o período seco. Pode-se observar também aumento dos teores nos pontos mais internos do estuário. Contudo, com a subida da maré esses valores são atenuados, mostrando mais uma vez o poder de depuração do sistema.

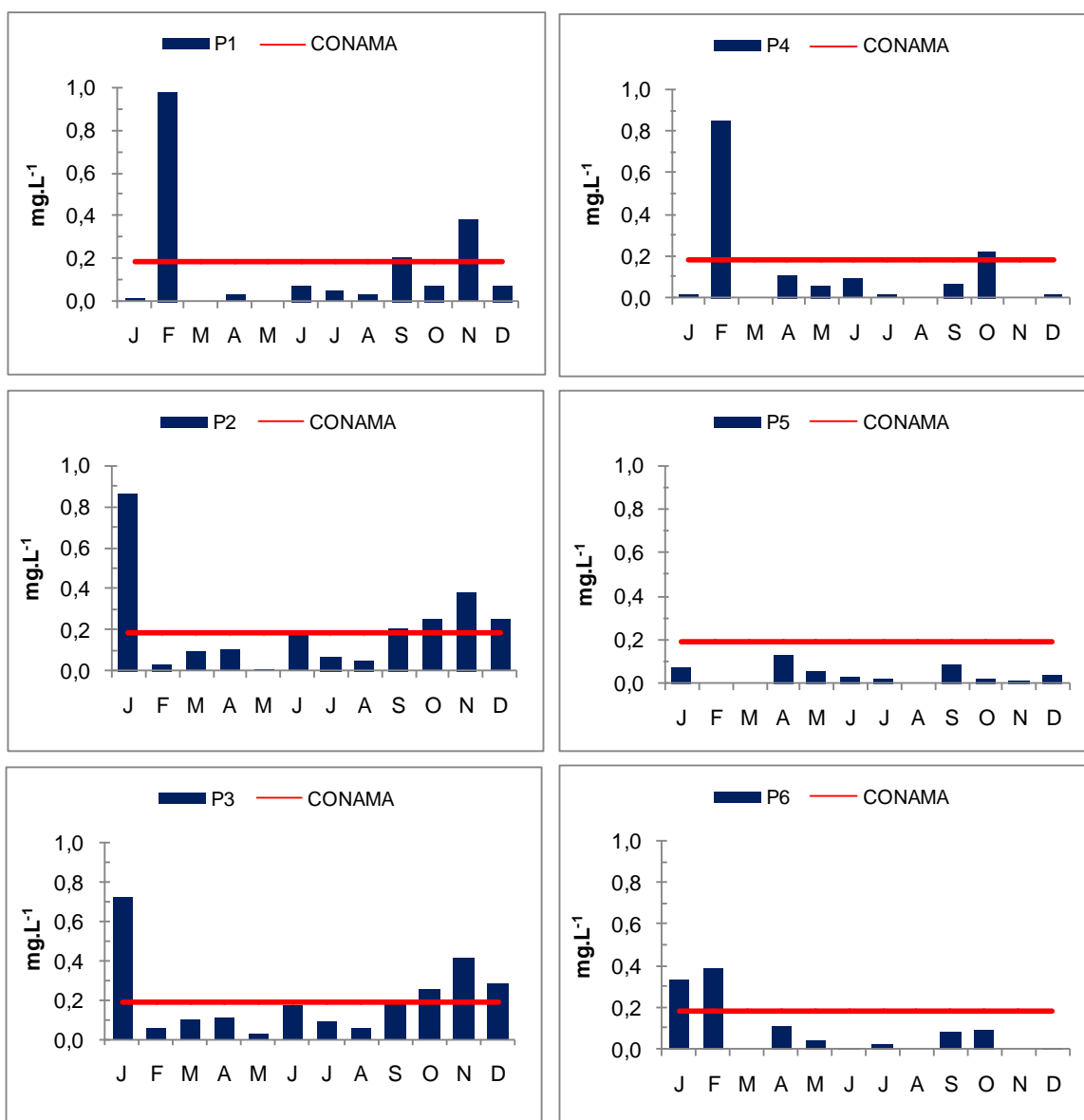


Figura 31: Variação temporal dos teores de fosfatos nos pontos amostrais localizados no rio Jaguaribe e Passa-Vaca durante o ciclo de maré alta e valor de referência da concentração de fósforo segundo CONAMA (2005).

5.6 METAIS NO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO

A análise de metais no material particulado em suspensão fornece informações sobre o conteúdo e transporte dos mesmos, indicando se a poluição atingirá locais distantes ou adjacentes da região em estudo.

O resultado dos teores dos íons metálicos Mn, Fe, Zn, Ni, Cu e Cr na fração particulada, obtidas nas amostras de água superficial dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca durante as doze campanhas ao longo do ano de 2010 estão representados na Tabela 8 durante os ciclos de maré alta e na Tabela 9 no ciclo de maré baixa, do apêndice. De

maneira geral as concentrações dos metais analisados no material particulado dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca foram extremamente variáveis e não foram observados padrões de distribuição e comportamento. Estes resultados indicam a grande instabilidade do sistema e ausência de fontes pontuais.

A Tabela 7 apresenta os teores máximos e mínimos de metais encontrados no MPS dos estuários dos rios Paraguaçu e Subaé, localizados na BTS, que representam as particularidades geológicas e as atividades antrópicas em cada bacia de drenagem (HATJE & ANDRADE, 2009), bem como os valores encontrados no presente trabalho. Segundo estes dados, os elementos mais fortemente encontrados foram:

Tabela 7: Teores de metais associados ao material particulado em suspensão (mg.kg^{-1}) nos estuários dos rios Paraguaçu, Subaé, Jaguaribe e Passa-Vaca, Ba.

| METAIS | Rio Paraguaçu | | Rio Suabé | | Rio Jaguaribe | | Rio Passa-Vaca | |
|---------------|---------------|------|-----------|------|---------------|-------|----------------|-------|
| | Mín | Máx | Mín | Máx | Mín | Máx | Mín | Máx |
| Cobre (Cu) | 0,89 | 13,3 | 9,15 | 48 | >0,35 | 20,12 | >0,35 | 20,43 |
| Manganês (Mn) | 480 | 4130 | 482 | 6027 | >0,13 | 2364 | >0,13 | 2004 |
| Níquel (Ni) | 8,49 | 33,4 | 9,94 | 22,3 | >0,35 | >0,35 | >0,35 | >0,35 |
| Zinco (Zn) | 9,35 | 46,6 | 62,7 | 212 | >0,47 | 173 | >0,47 | 357 |
| Ferro (Fe) | - | - | - | - | 874 | 60094 | 825 | 75817 |
| Cromo (Cr) | 1,98 | 10,2 | 1,4 | 13,6 | >0,5 | 297 | >0,5 | 518 |

Os resultados obtidos para o **níquel** estiveram todos abaixo do limite de detecção do método (0,35). Apesar de ser um metal também encontrado associado aos esgotos e lixos domésticos, este é mais recorrente em sistemas poluídos por indústrias, não sendo este o caso dos rios Jaguaribe e Passa-vaca.

A análise dos resultados de **manganês** nas amostras coletadas revelou um teor médio de $419,48 \text{ mg.kg}^{-1}$ nas condições de maré alta e de $512,82 \text{ mg.kg}^{-1}$ durante o ciclo de maré baixa. Essas concentrações são extremamente variáveis quando comparada a outras regiões (Tabela 7). Segundo MACHADO (2007), as concentrações de manganês no material particulado em rios e estuários são maiores devido à ressuspensão dos sedimentos do fundo que contribui no aumento do metal na coluna d'água. Portanto, valores elevados deste metal devem estar associados à constituição litológica da bacia de drenagem.

Da mesma forma que o manganês, o elemento **ferro** também se encontra em abundância no meio aquático, apresentando teor médio de $24143,06 \text{ mg.kg}^{-1}$ na maré alta e de $33683,89 \text{ mg.kg}^{-1}$ na maré baixa. Altos níveis nas concentrações ocorrem devido ao intemperismo geológico, precipitando o elemento na água que se agrupa com materiais orgânicos e inorgânicos para formação de agregados.

Os elementos metálicos Fe e Mn não possuem valor limite tabelados nas legislações ambientais, pois ainda que as concentrações apresentem-se relativamente altas em relação aos outros metais, estes são componentes majoritários de rochas (MACHADO, 2007).

Comparando as concentrações médias dos teores de Mn e Fe nos diferentes ciclos de maré, é possível verificar certa semelhança, onde as concentrações dos metais durante a maré baixa foram mais expressivas do que os teores nos ciclos de maré alta (FIGURA 32).



Figura 32: Variação temporal dos teores médios de manganês e ferro nas condições de MB e MA nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA.

Segundo ZHANG *et al.* (2002), no momento do processo de ressuspensão, os sedimentos de fundo mais grosseiros são remobilizados, ou seja, na maré alta estas partículas estão suspensas, enquanto que durante períodos de maré baixa, em águas mais calmas, o material particulado é constituído essencialmente de partículas finas (argilosas e orgânicas). Daí o fato de valores mais elevados dos metais durante os ciclos de maré baixa, visto que os metais encontram-se preferencialmente associados às partículas finas dos sedimentos.

A distribuição de manganês apresentou teores mais baixos nos primeiros sete meses do ano (janeiro a julho), com picos durante o ciclo de maré baixa nos meses de janeiro e fevereiro e valores mais acentuados de agosto a dezembro, provavelmente relacionados à penetração da maré menos expressiva nesse período durante os dias de coleta. Para o ferro não foi possível verificar nenhum padrão de distribuição.

Em relação às concentrações nos diferentes pontos de cada rio (Figura 33), o padrão esperado de diminuição da concentração em direção à desembocadura, devido à diluição, típico de elementos cuja principal origem é litogênica (HATJE & ANDRADE, 2009), foi verificada no rio Jaguaribe (P2 e P3) que tiveram valores de ferro e manganês diminuindo à medida que os pontos se aproximavam da foz. No rio Passa-Vaca (P4, P5 e P6), no entanto, não foi observado esse tipo de padrão.

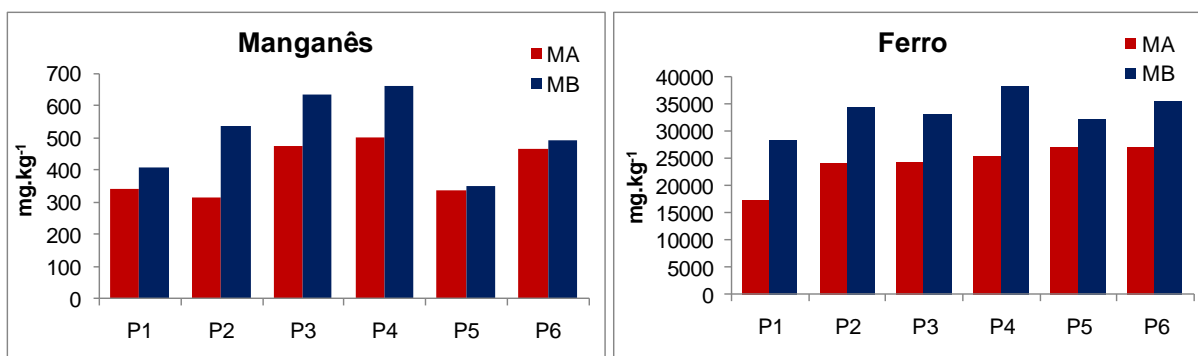


Figura 33: Concentração média do teor de Manganês e Ferro nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, durante todo período de amostragem.

Os resultados encontrados para o **Cobre** no MPS alcançou valores médios de 1,14 mg.kg⁻¹ nos ciclos de maré alta e de 1,93 mg.kg⁻¹ nos ciclos de maré baixa. O máximo valor encontrado foi de 20,43 mg.kg⁻¹ no rio Jaguaribe, em P5 na campanha de junho. Os resultados em muitas das amostras estiveram abaixo do limite de detecção do método (Tabelas 9 e 10, do APÊNDICE). Valores mais significativos ocorreram durante as campanhas de maio, junho e julho, período com índice pluviométrico elevado, onde a lixiviação dos solos urbanos contribui adicionando metais ao sistema (Figura 34A). No entanto, todos os valores encontrados estiveram abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/05 (BRASIL, 2005), pelo limite de alerta estabelecido pela CETESB (2005) e pelos valores de TEL e PEL estabelecidos pelo NOAA (1999). Indicando que as análises do MPS mostraram que a região não está contaminada com cobre.

As médias das concentrações nos pontos amostrais exibem teores mais acentuados nos ciclos de maré baixa, seguindo o mesmo padrão de comportamento que o Fe e o Mn. Em média os valores encontrados no rio Jaguaribe foram mais elevados do que no rio Passa-Vaca. Podendo está relacionado aos resíduos do chorume do lixão de Canabrava que escoam para o seu leito, visto que, esse tipo de resíduo pode ser enriquecido pelo metal. Considerando a distribuição, nenhum padrão é observado em relação ao distanciamento da desembocadura (Figura 34B).

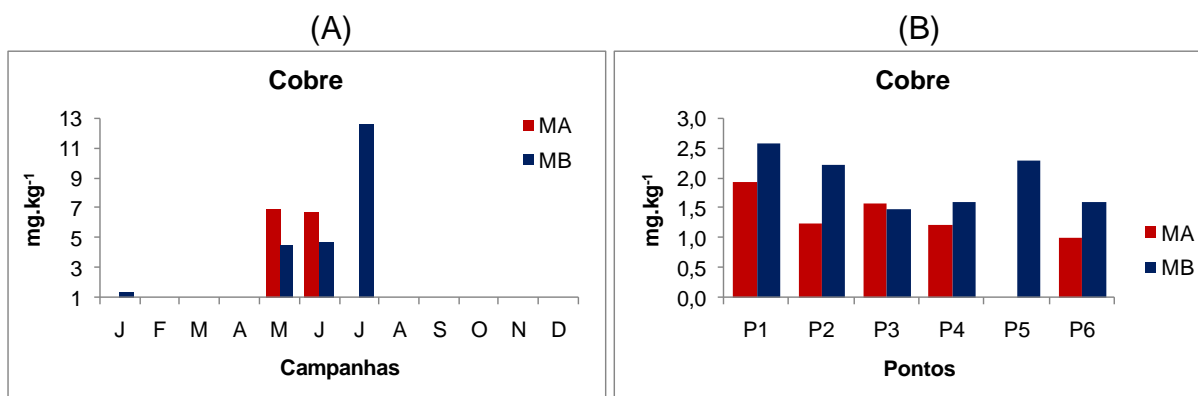


Figura 34: (A) Variação temporal dos teores médios de cobre nos ciclos de MB e MA ao longo de todo período de amostragem; (B) Concentração média do teor de cobre nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA.

Para o **zinco** os valores médios nas coletas durante a maré alta foi de 41,87 mg.kg⁻¹ e durante a maré baixa foi de 47,53 mg.kg⁻¹. O valor máximo obtido foi de 357,05 mg.kg⁻¹ na campanha de agosto durante o ciclo de maré baixa. Algumas amostras apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/05 (BRASIL, 2005) (150 – 410 mg.kg⁻¹). No entanto, os valores não alcançaram o limite alerta (300 mg.kg⁻¹) estabelecido pela CETESB (2005) nem o valor de PEL (315 mg.kg⁻¹) estabelecidos pela NOAA (1999). Os valores de cada amostra podem ser observados nas Tabela 8 e 9, do apêndice e os limites de referência na Tabela 4.

Os valores do rio Jaguaribe e Passa-Vaca superou as concentrações do rio Paraguaçu (Tabela 7), porém estiveram em concordância (rio Jaguaribe) e maiores (rio Passa-Vaca) que o rio Subaé, que possui índices de baixa qualidade da água na BTS. Sugerindo que as águas dos rios Jaguaribe e Passa-vaca estão com índices comparáveis a bacias de uso agroindustriais, como é o caso da bacia do Subaé. A média dos valores para cada ponto de coleta está representada na Figura 35A, bem como a distribuição ao longo do ano na Figura 35B. Da mesma forma que para os metais já mencionados, durante as coletas na maré baixa os teores de zinco foram mais expressivos. Em média, os pontos localizados no rio Passa-Vaca obtiveram valores mais elevados do que o rio Jaguaribe. Este fato pode está relacionado à ação antrópica, podendo aumentar quanto maior for a ação da eutrofização do meio.

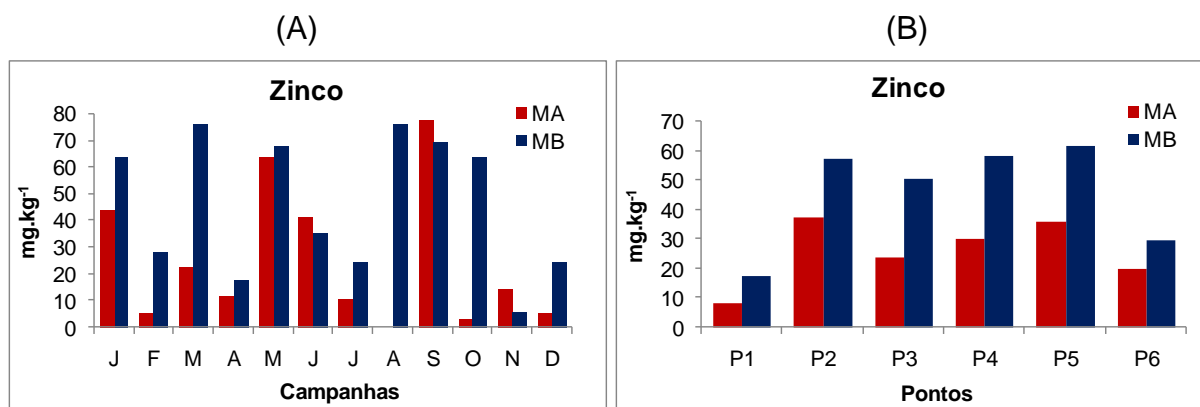


Figura 35: A) Variação temporal dos teores médios de zinco nas condições de MB e MA nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca durante todo período de amostragem; (B) Concentração média do teor de zinco nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA.

Os resultados para o **chromo** indicaram valores médios de $79,58 \text{ mg.kg}^{-1}$ durante a maré alta e de $78,75 \text{ mg.kg}^{-1}$ durante a maré baixa. O valor máximo obtido foi de $518,58 \text{ mg.kg}^{-1}$ em P5, na campanha de agosto no ciclo de maré baixa. Comparando o valor máximo encontrado no rio Jaguaribe com os rios Paraguaçu e Subaé, o rio Jaguaribe tem sua concentração aumentada em mais de 20 vezes. Fazendo a mesma comparação com rio Passa Vaca, o nível de contaminação é quase 40 vezes mais elevado, em relação ao rio Subaé. Altos índices de cromo podem ser justificados pelo lançamento de esgotos e lixos nos rios. Porém, a falta de estudos específicos e informações sobre o uso das bacias hidrográficas em questão é uma deficiência para afirmar a proveniência dos altos índices encontrados de cromo, sendo este um elemento proveniente principalmente da indústria, fertilizantes, curtumes, soldagens de ligas metálicas, aço e ligas, incineração de lixo e cinzas de carvão (CHASIN, 2003).

A Figura 36A ilustra o comportamento do cromo ao longo do ano. Este teve suas concentrações em média mais elevadas entre março e outubro, com picos nos meses de agosto e outubro. A média dos pontos coletados, representada pela Figura 36B, mostra que os valores encontrados no rio Passa-Vaca são mais elevados do que o rio Jaguaribe e sua região de confluência. Variações entre os ciclos de maré não são significativos e não foram observados padrão de distribuição em relação ao distanciamento da desembocadura.

Segundo SANTOS *et al.* (2010), as elevações dos teores para metais nos sedimentos superficiais destes rios estão mais influenciadas pela elevação dos teores do Fe, N, MO (Matéria Orgânica) e, por vezes, pelo Fósforo, caracterizando um ambiente eutrofizado sob forte influência antrópica.

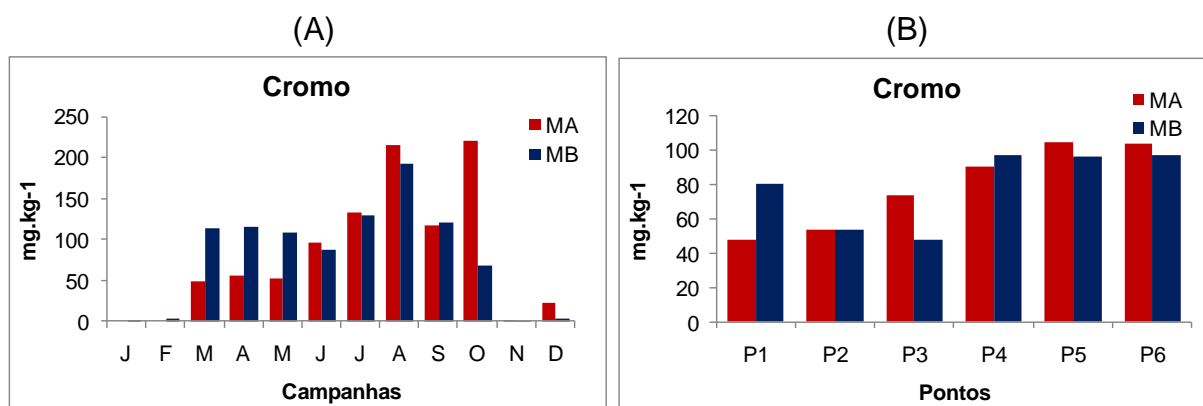


Figura 36: (A) Variação temporal dos teores médios de cromo nas condições de Maré Baixa (MB) e Maré Alta (MA) nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca; (B) Concentração média do teor de cromo nos pontos coletados ao longo dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, Salvador, BA.

Comparando os valores da Tabela 14, do APÊNDICE, com os limites de referência do CONAMA (2005), observa-se que 30% das amostras na maré alta estiveram acima dos valores permitidos, onde existe probabilidade de efeitos adversos a biota. Durante as coletas de maré baixa, esse valor acima do permitido sobe para 38% das amostras. Considerando os valores de referência da CETESB (2005), a porcentagem de amostras acima do permitido durante a maré alta e durante a maré baixa são, 31% e 41%, respectivamente.

6 CONCLUSÕES

A investigação geoquímica da água estuarina dos rios Jaguaribe e Passa-vaca na região de Salvador, BA, baseou-se na avaliação dos dados obtidos em campo e em laboratório, os quais permitiram criar um banco de dados da área pesquisada. Este estudo objetivou uma abordagem relacionada aos parâmetros físico-químicos de água estuarina, durante os ciclos de maré baixa e maré alta, bem como dos nutrientes fosfatos, da concentração de carbono orgânico e dos íons metálicos na sua forma particulada. Essa avaliação possibilitou uma comparação dos resultados obtidos nestes estuários com os índices estabelecidos pelo CONAMA, Resolução 357 de 2005, para os parâmetros físico-químicos e pelos limites do CONAMA, Resolução 344 de 2004, CETESB (2005), NOAA (1999) e valores encontrados em estuários da Baía de Todos os Santos para os íons metálicos.

Dentro deste contexto, o presente estudo foi conduzindo considerando a Resolução 357 do CONAMA como parâmetro de comparação e avaliação da qualidade da água dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca, o qual foi enquadrada como água SALOBRA CLASSE II.

Com relação aos parâmetros não conservativos, verificou-se que:

- Os dados de salinidade exibiram maiores valores no ponto de confluência dos dois rios, por apresentar maior influência marinha do que os pontos amostrais mais internos dos estuários. No entanto, um comportamento anômalo, onde não foi verificada aumento da salinidade durante períodos de maré alta entre os meses de maio a dezembro, indicando que a força maré não foi suficiente para diluir as águas nos dias da coleta.

- As temperaturas das águas estuarinas nos pontos amostrais apresentaram-se sem alterações significativas de um ponto a outro ou da maré alta para maré baixa. Os valores variaram ao longo do ano entre 24° e 30°, exibindo temperaturas menores durante o período chuvoso, de abril a julho.

- Os resultados de condutividade revelaram valores maiores durante a maré alta do que na maré baixa, com alguns picos durante os ciclos de maré alta nos meses de fevereiro, abril e maio, devido a marés mais expressivas. Nos rios Jaguaribe e Passa-Vaca os valores de condutividade apresentou tendência de queda dos pontos com maior influência marinha para os pontos mais internos dos estuários.

- O oxigênio dissolvido mostrou teores mais elevados durante as coletas de maré alta do que na maré baixa (4,8 e 5,2 mg/L), mostrando a capacidade de autodepuração das bacias em questão. Os meses de junho e julho mostraram-se mais oxigenados, podendo está relacionado às menores temperaturas das águas. No entanto, os valores foram extremamente variáveis (1,0-8,9 mg/L), revelando valores abaixo do permitido pela legislação, atribuídos aos despejo de esgotos domésticos nas bacias estudadas.

- Os valores de pH apresentaram um média de 6,5 na maré baixa e 6,7 na maré alta, conferindo às águas um caráter neutro a levemente ácido. O rio Passa-Vaca apresentou pH mais ácido, devido a presença do manguezal.

- Os parâmetros físico-químicos determinados revelaram-se dentro dos teores considerados normais para região estudada, com exceção do OD.

A concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) apresentou concentrações maiores na maré alta. Os maiores teores concentraram se no período chuvoso, entre maio e julho, devido a maior ressuspensão do sedimento de fundo. Os níveis

de MPS estiveram em concordância com os níveis encontrados em estuários da Baía de Todos os Santos (estuário do rio Paraguaçu e do rio Subaé).

Em geral, Os valores encontrados para o Carbono orgânico (CO) seguiram o mesmo comportamento dos índices do MPS, com valores mais elevados no período chuvoso. Variações entre os ciclos de maré não foram expressivas. Todos os resultados, para o rio Jaguaribe e Passa-Vaca estiveram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA.

O resultado do nutriente fósforo, na forma de ortofosfatos, alcançou valores elevados, acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA, principalmente no rio Jaguaribe durante a maré baixa, atribuído ao lançamento excessivo de esgotos no curso d'água. No entanto os valores são atenuados com a subida da maré, mostrando mais uma vez o poder de autodepuração do sistema.

O resultado para os metais (Mn, Fe, Zn, Ni, Cu e Cr) apresentaram a seguinte ordem de concentração:

$$\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni}$$

Contudo, os teores de Fe e Mn, são atribuídos à constituição litológica, por serem componentes majoritários das rochas. O Níquel esteve abaixo do limite de detecção do método e o cobre com os valores abaixo dos limites de referência utilizados por esse trabalho, indicando que o ambiente não está contaminado pelo cobre. Os metais Zn e Cr apresentaram contaminação em algumas amostras. Contudo, para o Cr esses valores foram mais alarmantes, sendo o rio Passa-Vaca o mais contaminado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. 2007. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. 2ª Edition. Springer. 436p.

ALMEIDA, R.A.; PUENTES, A.T. 2007. Estudos preliminares da sub-bacia do rio Passa-Vaca (Salvador -BA). Caderno e Cultura e Ciência, Vol2. n2

ANJOS, V. E. 2006. Especiação do cobre e arsênio no complexo estuarino da baía de Paranaguá. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Química. Curitiba, PR. 175p.

APHA. 2001. American Public Health Association. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, Port City Press.cap.1:34-38p.

AZEVEDO, F. A. de; CHASIN, A. A. da M. 2003. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo. Editora Atheneu.

BARBOSA J.S.F., CORRÊA-GOMES L.C., DOMINGUEZ, J. M. L., CRUZ S. A S., SOUZA, J. S. 2005. Petrografia e Litogeoquímica das Rochas da Parte Oeste do alto de Salvador, Bahia, Rev. Bras. Geoc., Volume 35(4 - Suplemento): 9-22.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. 1999. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, L. G. (Ed.) Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras. Cap.19: 637-651p.

CAETANO, C. 2003. Manguezal do Rio Passa Vaca: uma proposta de política pública em Salvador – Bahia. Salvador: edição do autor.

CARVALHO, L. V. M. 2007. Estudo da qualidade da água superficial em zona estuarina no Rio São Paulo – Região de Candeias- Ba. Dissertação de mestrado - Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia – UFBA. Salvador, BA. 129p.

CETESB. 2005. Valores orientadores para solo e água subterrânea. Decisão de diretoria no. 195p.

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

CLARK, R. B. 2001. Marine Pollution. 5a ed. Oxford University Press, Oxford. 237p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº344 de 25 de março de 2004. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, no uso de suas competências previstas na Lei 6.938 regulamentada no decreto 99.274, de 6 de julho de 1980.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 6º, inciso II e 8º, inciso 7 da lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto n. 99.274, de 6 de junho de 1990.

COSTA, B. G. B.; LACERDA, L. D.; PARAQUETTI, H. M.; SOARES, T. C. M. 2008. Quantificação de Hg em águas receptoras de efluentes de carcinicultura no estuário do Rio Jaguaribe-CE. In: III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO'2008 - I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia – I CIAO. Fortaleza (CE).

CRA. Centro de Recursos Ambientais. 2004. Diagnóstico ambiental do grau de contaminação da Baía de Todos os Santos por metais pesados e hidrocarbonetos. Salvador. 394p.

CRA. Centro de Recursos Ambientais. 2002. Avaliação da Qualidade das Águas costeiras da Baía de Todos os Santos: Relatório técnico, Avaliação ambiental. Salvador, 2º semestre.

DAVID ALLEN; MARY M. CASTILLO. 2007. Ecologia Stream: Estrutura e Função das Águas Correntes. 2 ed. Kluwer Academic Publishers, Boston, p. 436. Disponível em: <http://www.biol.vt.edu/faculty/valett/strmecol/A%20and%20M%20text/A%20and%20M%20text.html>

DEDUCH, E. M. 2009. Estudo dos parâmetros físico-químicos e concentrações de metais na represa de Capivara e seus tributários. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Química dos Recursos Naturais. Londrina.SP. 89p.

DIAS, F. J. S. 2007. Hidrodinâmica das descargas fluviais para o estuário do Rio Jaguaribe – Ce. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade federal do Ceará. 112p.

DIAS, F. J. S.; MARINS, R. V.; MAIA, L. P. 2005. Descargas de cobre e zinco no material em suspensão do estuário do rio Jaguaribe (CE), Nordeste - Brasil. *In: Anais X Congresso Brasileiro de Geoquímica e II Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul*, Porto Galinhas, PE. 4p.

DIAS, J. C., LIMA, W. N. 2004. Comparação de métodos para determinação de matéria orgânica em amostras ambientais. *Revista Científica da UFPA*. v. 4. 16p.

DUARTE, C.M.; MIDDELBURG, J.J.; CARACO, N. 2005. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences* 1, 173–180.

ESCHRIQUE, S.A. 2007. Hidrogeoquímica do fósforo no Estuário do Jaguaribe (CE). Dissertação de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. 101p.

- ESCHRIQUE, S.A.; MARINS, R. V.; MOREIRA, M. O. P. & ALMEIDA, M. D. 2008. Hidrogeoquímica do fósforo no estuário do Jaguaribe (CE). In: Braga, E. S. (org.). Oceanografia e Mudanças Globais, Universidade de São Paulo, São Paulo. p629-647.
- ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos da Limnologia. Editora Interciência/FINEP - 2º ed. Rio de Janeiro: 602p.
- FISCHER, T.; PINHO, J. A. G.; MORAES, L. R. S.; PEREIRA, M. E. S. 2010. O Caminho das águas em Salvador: Bacias Hidrográficas, Bairros e Fontes. 1. ed. . v. 01. 486p.
- FURTADO, J. G. C. 2007. Estudo de impactos ambientais causados por metais pesados em água do mar na Baía de São Marcos: correlações e níveis background. Tese de Mestrado em Química. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 74p.
- GARLIPP, A. B. 2006. Variação espacial e sazonal de elementos maiores e traços no estuário do rio Curimataú (RN), através de dados geoquímicos e de sensoriamento remoto. Natal – RN, 2003. Tese de Doutorado em Geodinâmica e Geofísica – UFRN, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Natal – RN. 205p.
- GRASSHOFF, K.; KREMLING, K. & EHRHARDT, M. (1999) Methods of Seawater Analysis 3ed. Florida: Verlage Chemie. 417p.
- HATJE, V.; ANDRADE, J.B. DE (org.) 2009. Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos. Salvador, EDUFBA, 306p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISCA. 2000. Censo Demográfico. Rio de Janeiro.
- INMET, Instituto Nacional de Metereologia. 2010. Gráficos metereológicos. Disponível em: < www.inmet.gov.br>. Acesso em: 10/06/2006
- KITHEKA, J. U.; OBIERO, M.; NTHENGE, P. 2005. River discharge, sediment transport and exchange in the Tana Estuary, Kenya. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v.63, p455-468.
- KRUG, L.A.; LEÃO, C. & AMARAL, S. 2007. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis (SC).

LACERDA, L. D. 1998. Biogeochemistry of Trace Metal and Diffuse Pollution in Mangrove ecosystems, International Society for Mangrove Ecosystems: Okinawa. v. 2: 65p.

LACERDA, L.D. 1984. Manguezais: florestas à beira-mar. *Ciência Hoje*, 3(13): 625-670.

LACERDA, L. D.; MAIA, L. P.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G.M.; BEZERRA, L. J. C.; MENEZES, M. O. T. 2006. Manguezais do Nordeste e Mudanças Ambientais. *Ciência Hoje*. v. 39, nº 229.

LIGNON, M.C.; COELHO JÚNIOR, C; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2001. Utilização de ferramentas de diferentes escalas espaço-temporais como subsídios para análise do estudo dos níveis hierárquicos do manguezal; Anais do IX Congresso Latinoamericano de Ciências do Mar; IX Congresso Latinoamericano de Ciências do Mar; Ilha de San Andrés; COLOMBIA; Divulgação no livro de anais e em CD ROM.

LIMA, A. F. 1996. Caracterização e estudo cinético da bioconversão da matéria orgânica dissolvida em efluêntes da Petrobras em Guamaré - Rio Grande do Norte - Natal. Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Química- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MACHADO, c. G. 2007. Caracterização química do material particulado em suspensão e sedimentos superficiais na zona de máxima turbidez no eixo leste – oeste do complexo estuarino de Paranaguá (CEP), PR, BRASIL. Dissertação de Mestrado em Geologia Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 81p.

MAIA, L. P.; MONTEIRO, L. H. U. & SOUZA, G.M. 2006. Atlas dos Manguezais do Nordeste do Brasil: Avaliação das Áreas de Manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. SEMACE, Fortaleza, p125.

MARQUES, J. S. J.; RANGEL, T. P.; BRITO, F. P.; CARVALHO, R. S.; SALOMÃO, M.S.M.B.; REZENDE, C.E.; BERNADES, M. C.; DITTMAR, T. 2009. Variação Espacial da Concentração de Carbono Orgânico Dissolvido no Estuário do Rio Paraíba do Sul e na Baía de Sepetiba, RJ. XII Congresso Brasileiro de Geoquímica. Ouro Preto, SBGq/UFOP, Anais CD ROM, 4p.

MEGER, D. G. Material particulado suspenso e macroconstituintes iônicos em um reservatório de abastecimento: o caso do rio Passaúna, Curitiba, Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado. Curitiba, 2007, 143 p

MELO, G. U.; BATISTA NETO, J. A.; MALM, O.; Patchineelam, S. M.; 2003. Metais pesados no material particulado em suspensão na Baía de Guanabara – RJ. In: Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, Belém, 3pp.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. & KJERFVE, B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. 1ed. Universidade de São Paulo – SP. p15-105.

NEVES, F. C. O.; BERRÊDO, J. F.; CORRÊA, G. C. S.; MENDES, A. C.; SALES, M. E.; BUSETTI, E. P. C. 2001. Transporte e comportamento geoquímico de metais pesados no estuário Guajará, Pará/Brasil. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21 Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental, 4, João Pessoa, 16-21.

NOAA. Screening Quick Reference Tables, 1999. National Oceanic And Atmospheric Administration. Seattle, USA. 12p.

PAULA FILHO, F. J. Distribuição e partição geoquímica de fósforo em sedimentos do Rio Jaguaribe/CE. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Ciências Marinhas e Tropicais. Instituto de Ciências do Mar. Universidade federal do Ceará, 88p. 2004

PARAQUETTI, H. H. M.; LACERDA, L. D.; SOARES, T. C. M.; ALMEIDA, M. D.; COSTA, B. G. B.; MOLISANI, M. M.; FARIAS, E. G. G.; MONTEIRO, L. H. U. 2008. Avaliação preliminar da distribuição de mercúrio no estuário do Rio Cocó, Ceará, Brasil. *In*: III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO'2008 - I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia – I CIAO. Fortaleza (CE).

PEREIRA FILHO, J. 2006. Dinâmica Biogeoquímica do Estuário do Rio Itajaí-açu, SC. Tese de doutorado. Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos. 174p

PIMENTA, M. G. R. 2006. Coliformes termotolerantes, fosfatos e metais-traços (Cu, Pb E Hg) em água e sedimento das galerias fluviais de Fortaleza (CE). Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará. 70 p.

PITRAT, D. M. J. J. 2010. Avaliação da Contaminação por Metais em Rios: Estudo de Caso da bacia do rio Passaúna. UFPR. Curitiba, 2010. 231p.

PRITCHARD, D. W. 1967. What is an estuary, physical viewpoint. In: G. H. Lauf (editor): Estuaries. American Association for the Advancement of Science, Washington D.C., publ. no. 83.

QUINÁGLIA, G.A. 2006. Caracterização dos Níveis Basais de Concentração de Metais nos Sedimentos do Sistema Estuarino da Baixada Santista. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, SP. 269p.

REVILLA, M.; ANSOTEGUI, A.; IRIATE, A.; MADARIAGA, I. ; ORIVE, E. ; SAROBE, A.; TRIGUEROS, J. M. 2002. Microplankton Metabolism Along a Trophic Gradient in a Shallow-Temperature Estuary. *Estuarie*, v.25, n.1, p,6-18.

REZENDE, C.E.; LACERDA, L.D.; OVALLE, A.R.C.; & SILVA, L.F.F. 2007. Dial organic carbon fluctuations in a mangrove tidal creek in Sepetiba Bay, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 67: p673-680.

RIBEIRO, P.A. 2006. Procedimento de fracionamento comparado a modelo de atenuação para a avaliação de mobilidade de metais pesados em sedimentos da baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. São Paulo: Instituto de pesquisas energéticas e nucleares – USP.

RIBAS, L. M. 2007. Concentração e aporte de elementos da serapilheira do manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p84.

SÃO PAULO (ESTADO). 2006. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - CETESB, Rios e reservatórios. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 21/06/2011.

SANTOS, R. L.; SILVA, C.S.; ESCOBAR, N.F.C. ; SOUZA, M.C.M.N; MALTEZ, L. ; COTRIM, G.¹; GARCIA, K.S. 2010. Distribuição de metais pesados em sedimento do manguezal do rio passa-vaca, salvador, BA. in: IV Congresso Brasileiro de Oceanografia.

SANTOS, F. P. dos. 2002. Caracterização hidrológica e produtividade primária da baía de Garapuá (Cairú-Ba): um subsídio à pesquisa sobre a capacidade de recarga do ambiente. Monografia do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia, Salvador. 106p.

SIMONASSI, J. C. 2001. Caracterização da Lagoa do Peri, através da análise de parâmetros físicoquímicos e biológicos, como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Florianópolis, SC: UFSC, Dissertação de Mestrado, 72 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1991. Manguezais brasileiros. Tese de Livre Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. 42p.

SILVA, C. S. da; PEDROZO, M. de F. M. 2001. Ecotoxicologia do cromo e seus compostos. Salvador: CRA. (Caderno de Referência Ambiental, 5).

SODRÉ, S. S. V. Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém – PA. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

SOUZA, E. C.; LIMA, M. N. N. 2002. Avaliação da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta no período de estiagem. Trabalho de conclusão de curso (Graduação Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Universidade Estadual do Pará. Belém. 95p.

SOUZA, J.S., Petrografia e Litogeoquímica dos Granulitos Ortoderivados da Cidade de Salvador – Bahia. Dissertação de Mestrado, IGEO-UFBA: Salvador. 2009. p. 63.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin Fisheries Research Board of Canada, 167p.

TOMAZELLI, A. C. 2003. Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação de Biologia Comparada – USP. Ribeirão Preto SP. 144p.

TORRES, A.P.& ALMEIDA, R.A. 2008. Esboço sócio-ambiental da bacia hidrográfica do rio Passa Vaca, SSA-BA. Geotextos, v.4, p37-51.

TUCCI, C. E. M. 1994. Enchentes urbanas no Brasil. Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hídricos. Cap. 12: 117-136p.

VALLEGA, A. Fundamentals of integrated coastal management. 1999. Geo Journal Library, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. v. 49: p. 237-254.

ZHANG, C.; WANG, L.; LI, G.; DONG, S.; YANG, J.; WANG, X. 2002. Grain size effect on multi-element concentrations in sediments from the intertidal flats of Boihai Bay, China. Applied Geochemistry. 17: 59-68.

APÊNDICE

TABELA 1: Valores da **Salinidade** dos pontos durante todo período de amostragem com valores de média, máximo e mínimo.

| # | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-----------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|--------------|
| MB | P1 | 3,5 | 0,0 | 2,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | Média |
| | P2 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 |
| | P3 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | Máx |
| | P4 | 2,5 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 |
| | P5 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | Mín |
| | P6 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| MA | P1 | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 34,0 | 10,0 | 13,0 | 15,0 | 10,0 | 4,0 | 2,0 | 12,0 | 34,0 | Média |
| | P2 | 33,5 | 22,0 | 17,0 | 2,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 8,1 |
| | P3 | 15,0 | 33,5 | 11,0 | 2,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | Máx |
| | P4 | 33,0 | 23,0 | 35,0 | 7,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 35,0 |
| | P5 | 3,2 | 3,2 | 35,0 | 4,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | Mín |
| | P6 | 3,2 | 3,2 | 23,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

TABELA 2: Valores de **Temperatura** (°C) nos pontos durante todo período de amostragem com valores de média, máximo e mínimo.

| # | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-----------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| MB | P1 | 28,1 | 28,4 | 27,2 | 26,2 | 25,9 | 24,5 | 24,2 | 24,2 | 28,4 | 29,5 | 28,4 | 27,1 | Média |
| | P2 | 28,4 | 28,0 | 27,5 | 27,3 | 26,3 | 25,1 | 25,0 | 24,5 | 28,3 | 29,6 | 27,8 | 27,0 | 26,7 |
| | P3 | 27,6 | 27,6 | 27,2 | 27,1 | 26,4 | 25,1 | 24,8 | 24,3 | 28,1 | 29,4 | 27,6 | 27,0 | Máx |
| | P4 | 27,1 | 27,9 | 26,9 | 26,7 | 25,7 | 24,2 | 23,8 | 23,6 | 27,9 | 28,8 | 28,0 | 27,5 | 29,6 |
| | P5 | 27,5 | 27,3 | 27,0 | 26,7 | 25,8 | 24,8 | 23,4 | 24,1 | 27,9 | 28,3 | 28,1 | 27,5 | Mín |
| | P6 | 27,7 | 29,0 | 26,4 | 26,8 | 26,2 | 24,6 | 23,7 | 24,4 | 24,1 | 29,1 | 28,7 | 27,1 | 23,4 |
| MA | P1 | 29,5 | 27,8 | 29,6 | 29,8 | 27,4 | 25,3 | 25,4 | 26,1 | 25,8 | 28,4 | 28,7 | 26,9 | Média |
| | P2 | 30,2 | 30,3 | 29,6 | 29,6 | 27,3 | 25,0 | 25,3 | 26,0 | 26,5 | 27,8 | 28,0 | 27,8 | 27,6 |
| | P3 | 28,9 | 30,3 | 29,2 | 29,7 | 27,3 | 25,0 | 25,3 | 26,0 | 26,9 | 27,7 | 27,8 | 27,7 | Máx |
| | P4 | 30,4 | 29,6 | 29,6 | 28,6 | 26,9 | 25,0 | 25,7 | 25,9 | 26,1 | 27,5 | 28,3 | 27,6 | 27,8 |
| | P5 | 29,1 | 29,1 | 29,6 | 28,6 | 26,8 | 24,7 | 25,1 | 25,8 | 26,3 | 27,5 | 27,9 | 27,4 | Mín |
| | P6 | 29,6 | 30,1 | 29,8 | 29,1 | 27,0 | 25,1 | 25,2 | 25,8 | 26,7 | 27,4 | 27,5 | 27,2 | 30,4 |

TABELA 3: Valores de **Condutividade** (mS/cm) dos pontos durante todo período de amostragem com valores de média, máximo e mínimo.

| # | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| MB | P1 | 1,3 | 3,7 | 2,8 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 2,0 | Média |
| | P2 | 0,6 | 1,6 | 0,8 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,9 | 0,74 |
| | P3 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | Máx |
| | P4 | 0,5 | 0,4 | 3,3 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 3,72 |
| | P5 | 0,8 | 0,3 | 3,3 | 1,3 | 0,4 | 0,0 | 1,1 | 0,2 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | Mín |
| | P6 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| MA | P1 | 0,6 | 0,9 | 0,6 | 5,0 | 6,2 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 1,7 | 1,2 | 0,7 | Média |
| | P2 | 0,5 | 3,6 | 0,3 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,88 |
| | P3 | 0,8 | 4,8 | 0,2 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | Máx |
| | P4 | 0,7 | 2,3 | 0,6 | 5,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,6 | 0,5 | 0,9 | 0,6 | 0,9 | 6,16 |
| | P5 | 0,4 | 2,3 | 0,4 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | Mín |
| | P6 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,01 |

TABELA 4: Valores de **Oxigênio dissolvido** (mg/L) dos pontos durante todo período de amostragem com valores de média, máximo e mínimo.

| # | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| MB | P1 | 3,2 | 6,9 | 3,4 | 4,5 | 2,7 | 4,1 | 7,0 | 2,6 | 3,1 | 3,1 | 6,9 | 2,5 | Média |
| | P2 | 4,4 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 3,1 | 4,2 | 8,0 | 4,3 | 6,6 | 2,9 | 6,6 | 6,7 | 4,8 |
| | P3 | 4,9 | 5,0 | 2,1 | 4,0 | 2,2 | 3,7 | 7,5 | 3,7 | 3,4 | 4,9 | 6,9 | 5,0 | Máx |
| | P4 | 5,7 | 5,2 | 2,1 | 4,4 | 2,6 | 4,0 | 6,7 | 3,5 | 6,6 | 4,8 | 5,6 | 6,1 | 8,9 |
| | P5 | 5,6 | 3,8 | 3,4 | 4,3 | 5,6 | 4,5 | 8,9 | 4,8 | 6,1 | 2,4 | 5,3 | 6,6 | Mín |
| | P6 | 4,8 | 6,2 | 3,7 | 4,9 | 3,4 | 4,6 | 8,4 | 6,8 | 4,1 | 4,1 | 5,2 | 6,9 | 2,1 |
| MA | P1 | 7,8 | 3,5 | 5,6 | 5,1 | 4,6 | 5,7 | 6,1 | 3,5 | 2,2 | 4,0 | 5,2 | 7,0 | Média |
| | P2 | 5,5 | 6,3 | 4,4 | 1,0 | 3,9 | 8,2 | 7,5 | 4,4 | 7,5 | 4,1 | 4,0 | 5,4 | 5,2 |
| | P3 | 1,8 | 7,9 | 3,8 | 2,7 | 2,7 | 5,6 | 6,6 | 4,0 | 7,2 | 4,5 | 6,8 | 6,0 | Máx |
| | P4 | 7,4 | 4,0 | 5,6 | 3,8 | 3,5 | 7,8 | 7,7 | 3,6 | 3,9 | 4,1 | 4,8 | 6,1 | 8,2 |
| | P5 | 4,8 | 5,4 | 5,7 | 4,0 | 4,0 | 6,8 | 7,0 | 4,1 | 7,6 | 5,1 | 4,5 | 6,6 | Mín |
| | P6 | 5,5 | 5,5 | 5,3 | 2,8 | 4,3 | 7,9 | 5,6 | 5,4 | 6,1 | 3,4 | 4,9 | 6,7 | 1,0 |

Em destaque valores abaixo do limite de referência do CONAMA, Resolução 357/05 (4,0 mg/L).

TABELA 5: Valores de **pH** dos pontos durante todo período de amostragem com valores de média, máximo e mínimo.

| # | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| MB | P1 | 6,4 | 6,9 | 6,8 | 5,2 | 5,9 | 6,6 | 6,6 | 6,5 | 6,9 | 6,9 | 4,9 | 6,0 | Média |
| | P2 | 6,5 | 6,9 | 7,9 | 5,1 | 7,7 | 7,1 | 6,5 | 6,5 | 7,1 | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 6,5 |
| | P3 | 6,6 | 7,0 | 6,9 | 6,7 | 7,3 | 5,6 | 6,6 | 6,6 | 7,1 | 6,7 | 6,7 | 6,9 | Máx |
| | P4 | 6,1 | 7,1 | 6,8 | 4,6 | 6,6 | 7,2 | 6,4 | 6,3 | 6,7 | 6,9 | 6,8 | 6,7 | 7,9 |
| | P5 | 5,5 | 6,8 | 6,8 | 4,8 | 5,3 | 7,1 | 4,9 | 6,5 | 6,6 | 6,9 | 6,9 | 5,5 | Mín |
| | P6 | 6,2 | 6,6 | 6,7 | 5,9 | 7,2 | 7,7 | 6,4 | 6,4 | 6,9 | 6,8 | 6,8 | 6,0 | 4,8 |
| MA | P1 | 6,2 | 6,8 | 8,0 | 6,6 | 7,5 | 6,8 | 6,8 | 6,4 | 7,0 | 7,7 | 7,6 | 7,3 | Média |
| | P2 | 4,3 | 7,5 | 7,4 | 6,5 | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 6,8 | 6,9 | 6,0 | 7,3 | 5,7 | 6,7 |
| | P3 | 6,0 | 7,9 | 6,9 | 5,0 | 7,1 | 6,7 | 7,2 | 6,4 | 7,0 | 4,8 | 6,7 | 7,0 | Máx |
| | P4 | 5,4 | 7,0 | 7,9 | 6,1 | 7,5 | 6,6 | 4,5 | 6,4 | 6,9 | 7,2 | 7,0 | 7,4 | 8,0 |
| | P5 | 6,2 | 7,6 | 8,0 | 5,6 | 7,2 | 6,4 | 6,9 | 6,2 | 6,6 | 7,0 | 5,5 | 6,9 | Mín |
| | P6 | 5,6 | 7,3 | 7,9 | 6,8 | 7,2 | 5,1 | 4,6 | 6,1 | 6,7 | 7,0 | 6,6 | 6,9 | 4,3 |

TABELA 6: Valores de **carbono orgânico** (mg/L) dos pontos durante todo período de amostragem com valores de média, máximo e mínimo

| # | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-----------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| MB | P1 | 1,11 | 0,26 | 0,74 | 1,39 | 1,06 | 1,18 | 0,86 | 0,65 | 0,52 | 1,05 | 0,86 | 1,80 | Média |
| | P2 | 0,16 | 0,25 | 0,66 | 1,27 | 1,55 | 1,08 | 0,56 | 1,54 | 0,93 | 1,02 | 0,81 | 2,04 | 0,89 |
| | P3 | 0,78 | 1,71 | 0,99 | 1,34 | 1,49 | 0,81 | 2,07 | 1,44 | 1,36 | 0,71 | 0,75 | 0,66 | Máx |
| | P4 | 0,16 | 0,25 | 0,66 | 1,27 | 1,55 | 0,56 | 0,17 | 0,21 | 0,29 | 0,47 | 0,23 | 1,70 | 2,12 |
| | P5 | 0,08 | 0,36 | 1,27 | 2,12 | 0,49 | 1,00 | 0,26 | 0,41 | 0,65 | 0,70 | 1,41 | 1,62 | Mín |
| | P6 | 0,46 | 0,57 | 0,19 | 0,75 | 0,77 | 0,88 | 0,03 | 0,69 | 0,28 | 0,29 | 1,76 | 1,84 | 0,00 |
| MA | P1 | 0,37 | 0,26 | 1,11 | 1,26 | 1,50 | 1,75 | 0,61 | 1,29 | 0,66 | 0,73 | 2,14 | 2,06 | Média |
| | P2 | 0,89 | 0,96 | 1,22 | 1,21 | 2,19 | 1,76 | 1,28 | 0,81 | 1,34 | 0,85 | 2,45 | 0,99 | 1,09 |
| | P3 | 1,15 | 0,39 | 1,09 | 1,07 | 1,66 | 1,09 | 1,35 | 0,55 | 1,18 | 1,71 | 0,94 | 0,37 | Máx |
| | P4 | 0,87 | 0,46 | 1,56 | 1,22 | 0,87 | 1,38 | 2,55 | 0,21 | 0,23 | 0,50 | 1,91 | 0,51 | 3,91 |
| | P5 | 3,91 | 0,49 | 1,52 | 0,00 | 0,40 | 0,60 | 0,49 | 1,14 | 0,11 | 0,59 | 1,90 | 1,59 | Mín |
| | P6 | 1,44 | 0,51 | 1,62 | 0,58 | 0,64 | 0,81 | 0,52 | 2,01 | 0,48 | 0,42 | 1,43 | 0,76 | 0,00 |

TABELA 7: Valores de **ortofosfatos** (mg/L) nos pontos durante todo período de amostragem com valores de média, máximo e mínimo.

| # | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-----------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| MB | P1 | 0,02 | 0,65 | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 0,07 | 0,14 | 0,22 | 0,24 | 0,34 | 0,26 | Média |
| | P2 | 0,02 | 0,93 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,18 | 0,08 | 0,16 | 0,26 | 0,22 | 0,41 | 0,27 | 0,19 |
| | P3 | 0,90 | 1,07 | 0,23 | 0,13 | 0,08 | 0,20 | 0,10 | 0,77 | 0,25 | 0,24 | 0,41 | 0,31 | Máx |
| | P4 | 0,78 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,12 | 0,02 | 1,07 |
| | P5 | 0,85 | 0,00 | 0,01 | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,01 | 0,03 | Mín |
| | P6 | 0,51 | 0,53 | 0,06 | 0,11 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| MA | P1 | 0,01 | 0,98 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,05 | 0,03 | 0,21 | 0,07 | 0,38 | 0,07 | Média |
| | P2 | 0,86 | 0,03 | 0,09 | 0,10 | 0,01 | 0,18 | 0,07 | 0,05 | 0,21 | 0,25 | 0,38 | 0,25 | 0,14 |
| | P3 | 0,72 | 0,06 | 0,10 | 0,11 | 0,03 | 0,17 | 0,09 | 0,06 | 0,20 | 0,26 | 0,41 | 0,28 | Máx |
| | P4 | 0,02 | 0,85 | 0,00 | 0,11 | 0,06 | 0,09 | 0,02 | 0,00 | 0,07 | 0,22 | 0,00 | 0,02 | 0,98 |
| | P5 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,09 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | Mín |
| | P6 | 0,34 | 0,38 | 0,00 | 0,11 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,08 | 0,09 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |

Em destaque valores acima do limite de referência do CONAMA, Resolução 357/05 (0,186 mg/L)

TABELA 8: Concentração de Cu, Mn, Ni, Zn, Fe e Cr (mg/kg) no material particulado em suspensão dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca durante o ciclo de maré alta.

| Amostras | Cu | Mn | Ni | Zn | Fe | Cr |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P1C | < 0,35 | 17,12 | < 0,35 | < 0,47 | 874,69 | < 0,05 |
| P2C1 | < 0,35 | 336,43 | < 0,35 | 173,27 | 47018,62 | < 0,05 |
| P3C1 | < 0,35 | 59,93 | < 0,35 | 30,65 | 16154,97 | < 0,05 |
| P4C1 | < 0,35 | 1,06 | < 0,35 | < 0,47 | 825,69 | < 0,05 |
| P5C1 | < 0,35 | 36,03 | < 0,35 | 14,04 | 5591,872 | < 0,05 |
| P6C1 | < 0,35 | 90,11 | < 0,35 | 137,84 | 14093,17 | < 0,05 |
| P1C2 | < 0,35 | 878,92 | < 0,35 | 18,73 | 21029,46 | < 0,05 |
| P2C2 | < 0,35 | 91,08 | < 0,35 | < 0,47 | 5717,14 | < 0,05 |
| P3C2 | < 0,35 | < 0,13 | < 0,35 | < 0,47 | 1524,96 | < 0,05 |
| P4C2 | < 0,35 | 181,73 | < 0,35 | 102,07 | 17765,59 | < 0,05 |
| P5C2 | < 0,35 | 74,82 | < 0,35 | 4,10 | 19100,18 | < 0,05 |
| P6C2 | < 0,35 | 245,31 | < 0,35 | 24,98 | 13027,47 | < 0,05 |
| P1C3 | < 0,35 | 37,41 | < 0,35 | 16,97 | 2942,89 | 55,34 |
| P2C3 | < 0,35 | < 0,13 | < 0,35 | 35,64 | 12834,36 | 59,82 |
| P3C3 | < 0,35 | < 0,13 | < 0,35 | 28,85 | 20505,59 | 78,65 |
| P4C3 | < 0,35 | 16,92 | < 0,35 | 12,93 | 2244,42 | 27,17 |
| P5C3 | < 0,35 | 25,70 | < 0,35 | 18,88 | 3481,18 | 52,25 |
| P6C3 | < 0,35 | < 0,13 | < 0,35 | 21,42 | 5497,39 | 25,65 |
| P1C4 | < 0,35 | 46,73 | < 0,35 | < 0,47 | 5822,47 | 21,28 |
| P2C4 | < 0,35 | 292,59 | < 0,35 | 1,31 | 24100,34 | 70,39 |
| P3C4 | < 0,35 | 258,88 | < 0,35 | 18,45 | 21827,55 | 52,21 |
| P4C4 | < 0,35 | 67,90 | < 0,35 | < 0,47 | 42391,44 | 91,42 |
| P5C4 | < 0,35 | 82,90 | < 0,35 | 49,49 | 15794,15 | 28,25 |
| P6C4 | < 0,35 | 317,03 | < 0,35 | < 0,47 | 33091,05 | 73,67 |
| P1C5 | 2,95 | 66,02 | < 0,35 | < 0,47 | 8552,38 | 28,90 |
| P2C5 | 6,61 | 111,94 | < 0,35 | 28,19 | 16691,68 | 27,64 |
| P3C5 | 9,17 | 120,16 | < 0,35 | 40,07 | 19589,42 | 52,65 |
| P4C5 | 10,68 | 214,46 | < 0,35 | 123,89 | 30610,45 | 60,03 |
| P5C5 | < 0,35 | 217,06 | < 0,35 | 120,19 | 42132,89 | 111,32 |
| P6C5 | 12,05 | 156,12 | < 0,35 | 69,45 | 24121,61 | 32,34 |
| P1C6 | 20,12 | 89,92 | < 0,35 | 32,76 | 10947,49 | 52,92 |
| P2C6 | 8,22 | 400,69 | < 0,35 | 36,98 | 21011,49 | 48,26 |
| P3C6 | 8,19 | 317,28 | < 0,35 | 40,05 | 26515,72 | 68,17 |
| P4C6 | 4,03 | 218,03 | < 0,35 | 47,36 | 21473,24 | 57,00 |
| P5C6 | < 0,35 | 631,18 | < 0,35 | 85,79 | 21335,29 | 145,24 |
| P6C6 | < 0,35 | 327,56 | < 0,35 | 4,65 | 20196,78 | 203,50 |
| P1C7 | < 0,35 | 48,04 | < 0,35 | < 0,47 | 17838,39 | - |
| P2C7 | < 0,35 | 117,04 | < 0,35 | 12,04 | 17910,78 | 74,47 |
| P3C7 | < 0,35 | 187,45 | < 0,35 | 14,54 | 21342,76 | 154,17 |
| P4C7 | < 0,35 | 223,77 | < 0,35 | 37,13 | 19751,41 | 129,63 |
| P5C7 | < 0,35 | 101,73 | < 0,35 | < 0,47 | 31812,46 | 141,12 |
| P6C7 | < 0,35 | 91,47 | < 0,35 | < 0,47 | 25080,70 | 167,89 |

Continuação da TABELA 8.

| Amostras | Cu | Mn | Ni | Zn | Fe | Cr |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P1C8 | < 0,35 | 26,65 | < 0,35 | < 0,47 | 18711,85 | 89,33 |
| P2C8 | < 0,35 | 342,98 | < 0,35 | < 0,47 | 32922,09 | 165,61 |
| P3C8 | - | 2364,58 | < 0,35 | - | 52512,12 | 297,47 |
| P4C8 | < 0,35 | 909,10 | < 0,35 | - | 45172,72 | 175,42 |
| P5C8 | < 0,35 | 994,36 | < 0,35 | < 0,47 | 75817,49 | 318,14 |
| P6C8 | < 0,35 | 489,43 | < 0,35 | < 0,47 | 41273,05 | 244,02 |
| P1C9 | < 0,35 | 516,90 | < 0,35 | 32,99 | 20881,95 | 50,38 |
| P2C9 | < 0,35 | 601,46 | < 0,35 | 115,43 | 27079,69 | 49,58 |
| P3C9 | < 0,35 | 442,44 | < 0,35 | 67,07 | 25910,71 | 62,72 |
| P4C9 | < 0,35 | 478,67 | < 0,35 | 102,32 | 33732,97 | 243,63 |
| P5C9 | < 0,35 | 665,32 | < 0,35 | 102,73 | 32939,51 | 219,30 |
| P6C9 | < 0,35 | 643,71 | < 0,35 | 42,97 | 20621,37 | 72,41 |
| P1C10 | < 0,35 | 912,32 | < 0,35 | < 0,47 | 51475,53 | 183,75 |
| P2C10 | < 0,35 | 563,04 | < 0,35 | 11,29 | 42115,04 | 114,31 |
| P3C10 | < 0,35 | 609,93 | < 0,35 | 2,30 | 43073,57 | 119,56 |
| P4C10 | < 0,35 | 810,60 | < 0,35 | 5,40 | 35715,62 | 281,16 |
| P5C10 | < 0,35 | 628,36 | < 0,35 | < 0,47 | 34456,33 | 238,22 |
| P6C10 | < 0,35 | 2740,06 | < 0,35 | < 0,47 | 48211,22 | 384,80 |
| P1C11 | < 0,35 | 1331,25 | < 0,35 | < 0,47 | 21793,75 | < 0,05 |
| P2C11 | < 0,35 | 625,57 | < 0,35 | 17,39 | 15621,66 | < 0,05 |
| P3C11 | < 0,35 | 938,73 | < 0,35 | 2,96 | 18430,14 | < 0,05 |
| P4C11 | < 0,35 | 858,63 | < 0,35 | < 0,47 | 19031,84 | < 0,05 |
| P5C11 | < 0,35 | 391,92 | < 0,35 | 7,91 | 20901,13 | < 0,05 |
| P6C11 | < 0,35 | 548,53 | < 0,35 | 52,08 | 24343,75 | 15,15 |
| P1C12 | < 0,35 | 142,50 | < 0,35 | < 0,47 | 25531,00 | 43,75 |
| P2C12 | < 0,35 | 299,66 | < 0,35 | 15,25 | 25067,15 | 31,74 |
| P3C12 | < 0,35 | 377,71 | < 0,35 | 15,34 | 25391,69 | < 0,05 |
| P4C12 | < 0,35 | 2004,69 | < 0,35 | < 0,47 | 35129,24 | 20,42 |
| P5C12 | < 0,35 | 204,37 | < 0,35 | < 0,47 | 19516,87 | 4,55 |
| P6C12 | < 0,35 | 940,46 | < 0,35 | < 0,47 | 54747,69 | 33,55 |

C1: Campanha Janeiro; C2: Campanha Fevereiro; C3: Campanha Março; C4: Campanha abril; C5: Campanha Maio; C6: Campanha Junho; C7: Campanha Julho; C8: Campanha agosto; C9: Campanha Setembro; C10: Campanha outubro; C11: Campanha Novembro; C12: Campanha Dezembro.

TABELA 9: Concentração de Cu, Mn, Ni, Zn, Fe e Cr (mg/kg) no material particulado em suspensão dos rios Jaguaribe e Passa-Vaca durante o ciclo de maré baixa.

| Amostras | Cu | Mn | Ni | Zn | Fe | Cr |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P1C1 | 8,20 | 312,50 | < 0,35 | 65,06 | 30514,34 | 12,30 |
| P2C1 | < 0,35 | 795,14 | < 0,35 | 52,89 | 40752,32 | < 0,05 |
| P3C1 | < 0,35 | 1447,11 | < 0,35 | 156,41 | 42592,95 | < 0,05 |
| P4C1 | < 0,35 | 360,29 | < 0,35 | 36,58 | 32803,31 | < 0,05 |
| P5C1 | < 0,35 | 465,00 | < 0,35 | 6,87 | 52928,13 | < 0,05 |
| P6C1 | < 0,35 | 676,01 | < 0,35 | 63,56 | 39918,21 | 2,46 |
| P1C2 | < 0,35 | 262,22 | < 0,35 | < 0,47 | 31504,52 | 22,89 |
| P2C2 | < 0,35 | 620,88 | < 0,35 | 85,40 | 28653,62 | < 0,05 |
| P3C2 | < 0,35 | 1260,23 | < 0,35 | 54,56 | 38936,38 | < 0,05 |
| P4C2 | < 0,35 | 1542,50 | < 0,35 | < 0,47 | 47975,00 | < 0,05 |
| P5C2 | < 0,35 | 845,98 | < 0,35 | < 0,47 | 31179,46 | < 0,05 |
| P6C2 | < 0,35 | 906,36 | < 0,35 | 27,99 | 35649,80 | 4,58 |
| P1C3 | < 0,35 | 102,60 | < 0,35 | 32,35 | 29188,65 | < 0,05 |
| P2C3 | < 0,35 | 680,19 | < 0,35 | 112,82 | 60094,37 | 162,21 |
| P3C3 | < 0,35 | 525,00 | < 0,35 | 103,65 | 41136,97 | 127,08 |
| P4C3 | < 0,35 | < 0,13 | < 0,35 | 67,35 | 41160,97 | < 0,05 |
| P5C3 | < 0,35 | 21,90 | < 0,35 | 75,24 | 30413,57 | 44,97 |
| P6C3 | < 0,35 | 153,00 | < 0,35 | 64,65 | 78503,62 | 346,50 |
| P1C4 | < 0,35 | < 0,13 | < 0,35 | < 0,47 | 23211,62 | 295,30 |
| P2C4 | < 0,35 | 390,01 | < 0,35 | 86,02 | 44664,06 | 67,24 |
| P3C4 | < 0,35 | 329,47 | < 0,35 | 42,03 | 40566,82 | 142,59 |
| P4C4 | < 0,35 | 27,02 | < 0,35 | < 0,47 | 26817,68 | 67,59 |
| P5C4 | < 0,35 | 92,36 | < 0,35 | 7,48 | 28803,68 | 48,85 |
| P6C4 | < 0,35 | 292,67 | < 0,35 | < 0,47 | 30693,76 | 67,32 |
| P1C5 | 8,05 | 140,52 | < 0,35 | < 0,47 | 15291,82 | 79,55 |
| P2C5 | 8,96 | 361,71 | < 0,35 | < 0,47 | 23593,67 | 65,50 |
| P3C5 | 10,00 | 274,31 | < 0,35 | < 0,47 | 22564,22 | 43,73 |
| P4C5 | < 0,35 | 489,34 | < 0,35 | 111,63 | 71283,57 | 181,49 |
| P5C5 | < 0,35 | 233,24 | < 0,35 | 169,68 | 43901,20 | 96,47 |
| P6C5 | < 0,35 | 324,03 | < 0,35 | 124,71 | 40317,77 | 183,47 |
| P1C6 | 4,65 | 202,41 | < 0,35 | 47,41 | 30691,17 | 117,62 |
| P2C6 | 1,82 | 250,52 | < 0,35 | 44,87 | 28003,64 | 60,28 |
| P3C6 | 1,34 | 312,22 | < 0,35 | 39,95 | 24853,19 | 45,81 |
| P4C6 | < 0,35 | 92,32 | < 0,35 | < 0,47 | 8088,54 | 32,23 |
| P5C6 | 20,43 | 158,53 | < 0,35 | 64,53 | 12432,44 | 144,76 |
| P6C6 | < 0,35 | 225,92 | < 0,35 | 14,69 | 22299,99 | 123,34 |
| P1C7 | 10,09 | 160,69 | < 0,35 | 2,49 | 24750,83 | 126,44 |
| P2C7 | 15,92 | 220,23 | < 0,35 | 73,49 | 34823,12 | 103,27 |
| P3C7 | 6,32 | 110,43 | < 0,35 | 24,62 | 18954,67 | 75,86 |
| P4C7 | 19,03 | 134,20 | < 0,35 | 22,45 | 30997,28 | 167,14 |
| P5C7 | 4,8 | 99,52 | < 0,35 | 4,22 | 31165,36 | 146,30 |
| P6C7 | 19,03 | 103,19 | < 0,35 | 21,11 | 27709,80 | 159,11 |

Continuação da TABELA 9

| Amostras | Cu | Mn | Ni | Zn | Fe | Cr |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P1C8 | < 0,35 | 356,25 | < 0,35 | < 0,47 | 35194,61 | 96,18 |
| P2C8 | < 0,35 | 345,06 | < 0,35 | < 0,47 | 35672,85 | 110,91 |
| P3C8 | < 0,35 | 375,82 | < 0,35 | 96,93 | 33990,35 | 81,37 |
| P4C8 | < 0,35 | 641,79 | < 0,35 | 357,05 | 85266,96 | 230,18 |
| P5C8 | < 0,35 | 204,73 | < 0,35 | < 0,47 | 72103,54 | 518,58 |
| P6C8 | < 0,35 | 101,13 | < 0,35 | < 0,47 | 38826,16 | 119,59 |
| P1C9 | < 0,35 | 1128,47 | < 0,35 | 35,61 | 25383,79 | 118,32 |
| P2C9 | < 0,35 | 979,43 | < 0,35 | 172,59 | 30810,17 | 68,81 |
| P3C9 | < 0,35 | 511,38 | < 0,35 | 61,71 | 22275,32 | 61,29 |
| P4C9 | < 0,35 | 1374,93 | < 0,35 | 28,40 | 20615,42 | 181,32 |
| P5C9 | < 0,35 | 559,84 | < 0,35 | 91,95 | 20437,32 | 135,23 |
| P6C9 | < 0,35 | 556,21 | < 0,35 | 25,13 | 23773,15 | 157,39 |
| P1C10 | < 0,35 | 707,37 | < 0,35 | 12,28 | 49635,59 | 102,25 |
| P2C10 | < 0,35 | 418,66 | < 0,35 | 30,16 | 33612,77 | < 0,05 |
| P3C10 | < 0,35 | 558,96 | < 0,35 | 27,25 | 39086,77 | < 0,05 |
| P4C10 | < 0,35 | 1014,43 | < 0,35 | 21,28 | 22613,40 | 304,59 |
| P5C10 | - | 872,37 | < 0,35 | 356,45 | 34517,76 | < 0,05 |
| P6C10 | < 0,35 | 1641,34 | < 0,35 | 15,29 | 52716,34 | < 0,05 |
| P1C11 | < 0,35 | 1173,48 | < 0,35 | 2,33 | 26641,03 | < 0,05 |
| P2C11 | < 0,35 | 879,22 | < 0,35 | 33,32 | 25899,62 | 1,83 |
| P3C11 | < 0,35 | 770,23 | < 0,35 | < 0,47 | 14582,06 | < 0,05 |
| P4C11 | < 0,35 | 1507,38 | < 0,35 | < 0,47 | 46389,77 | < 0,05 |
| P5C11 | < 0,35 | 496,53 | < 0,35 | < 0,47 | 19208,33 | < 0,05 |
| P6C11 | < 0,35 | 644,65 | < 0,35 | < 0,47 | 23807,21 | < 0,05 |
| P1C12 | < 0,35 | 325,50 | < 0,35 | 14,14 | 18588,00 | < 0,05 |
| P2C12 | < 0,35 | 501,77 | < 0,35 | 29,56 | 27459,20 | < 0,05 |
| P3C12 | < 0,35 | 1104,75 | < 0,35 | < 0,47 | 57394,87 | < 0,05 |
| P4C12 | < 0,35 | 733,80 | < 0,35 | 56,37 | 27238,48 | < 0,05 |
| P5C12 | < 0,35 | 158,33 | < 0,35 | 47,68 | 9684,20 | 17,99 |
| P6C12 | < 0,35 | 277,59 | < 0,35 | < 0,47 | 11429,29 | < 0,05 |

C1: Campanha Janeiro; C2: Campanha Fevereiro; C3: Campanha Março; C4: Campanha abril; C5: Campanha Maio; C6: Campanha Junho; C7: Campanha Julho; C8: Campanha agosto; C9: Campanha Setembro; C10: Campanha outubro; C11: Campanha Novembro; C12: Campanha Dezembro.