



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSO* A DISTÂNCIA
EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL GHA

LENY DA CONCEIÇÃO ANTUNES

MARÉ E SAZONALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS
E BIOLÓGICOS NAS ÁGUAS DA ORLA DE BRAGANÇA, ESTUÁRIO DO RIO CAETÉ,
NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

BELÉM
2013

LENY DA CONCEIÇÃO ANTUNES

MARÉ E SAZONALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS
E BIOLÓGICOS NAS ÁGUAS DA ORLA DE BRAGANÇA, ESTUÁRIO DO RIO CAETÉ,
NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Monografia de Curso de Especialização em
Gestão de Recursos Hídricos da
Universidade Federal do Pará, apresentada
como requisito à obtenção do título de
Especialista em Gestão de Recursos
Hídricos.

Orientador: Maria de Lourdes Santos Souza.

BELÉM
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSO* A DISTÂNCIA
EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL GHA

LENY DA CONCEIÇÃO ANTUNES

MARÉ E SAZONALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS
E BIOLÓGICOS NAS ÁGUAS DA ORLA DE BRAGANÇA, ESTUÁRIO DO RIO CAETÉ,
NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Monografia aprovada em 05/07/2013 para obtenção do título de especialista em Gestão
Hídrica e Ambiental.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Lourdes Santos

Prof. Msc. Igor Charles Castor Alves

Prof. Msc. Dioniso de Souza Sampaio

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser minha fortaleza, meu escudo e minha fonte de renovação e fé;
Agradeço aos meus pais Luiz Antunes e Inêz Antunes por serem meus maiores exemplos, por estarem sempre do meu lado, por patrocinarem meus sonhos, por me incentivarem e por sonharem comigo!

Aos meus irmãos e meus sobrinhos, por me apoiarem todo tempo e por estarem comigo em qualquer luta e em qualquer vitória;

A minha tia Maria Eloiza que sempre me apoiou e patrocinou os meus sonhos. Obrigada por acreditar em mim!

A Prof. Dra. Maria de Lourdes Santos, pela amizade, apoio, pelos ensinamentos, compartilhar seus conhecimentos e pela paciência.

A minha queridíssima amiga Rosa Batista, que inicialmente fazia parte deste trabalho e participou comigo de todas as coletas. A seu pai senhor Ribamar Batista que esteve presente em todas as coletas e nos ajudou muito. Obrigada!

Ao Instituto de Geociências, curso de Pós-Graduação *lato senso* à distância, em Gestão Hídrica e Ambiental pela oportunidade e a Universidade Federal do Pará.

A todos que de alguma maneira colaboraram para a concretização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Luiz Antunes e Inêz Antunes; e aos meus irmãos Luiz Sidney, Luzinete, Lúcia, Letícia e Luiz Cley; e meus sobrinhos Lucas e Gustavo; o amor de vocês me dá forças e me leva longe, e por isso, eu tenho motivos de sobra pra viver sorrindo.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
DEDICATÓRIA	ii
SUMÁRIO	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE ABREVIACÕES	vi
RESUMO	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Geral	3
2.2 Específicos	4
3. MATERIAL E METODOS	4
3.1 Descrição da Área	4
3.2 Climatologia	5
3.3 Atividades de Campo	5
3.3.1 Coleta de Dados	5
3.3.2 Atividades de Laboratório	8
3.4 Analise de Dados	9
4. EMBASAMENTO TEÓRICO	10
5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DA ÁGUA	14
5.1 Variáveis Físicas	14
5.1.1 Temperatura	14
5.1.2 Cor	14
5.1.3 Sólidos em Suspensão	15
5.1 Variáveis Químicas	15
5.2.1 Potencial Hidrogeniônico	15
5.2.2 Oxigênio Dissolvido	15
5.2.3 Cloreto	16
5.2.4 Fosfato	17
5.2.5 Silicato	17
5.2.6 Nitrito	18
5.2.7 Condutividade Elétrica	18

5.3 Variáveis biológicas	19
5.3.1 Clorofila- <i>a</i>	19
6. RESULTADOS	20
7. DISCUSSÃO	31
8. CONCLUSÕES	38
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do município de Bragança-Pará	4
Figura 2: Precipitação Total de Bragança	5
Figura 3: Mapa dos pontos de coleta	6
Figura 4: Fotos dos pontos de Coletas	7
Figura 5: A-GPS Garmin Plus; B-Garrafa Kemmerer; C-Sonda multiparâmetro YSI	8
Figura 6: Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2800	8
Figura 7: Distribuição da temperatura durante o período de coleta	20
Figura 8: Distribuição da cor durante o período de coleta	21
Figura 9: Distribuição dos sólidos em suspensão durante o período de coleta	21
Figura 10: Distribuição do potencial hidrogeniônico durante o período de coleta	22
Figura 11: Distribuição do oxigênio dissolvido durante o período de coleta	22
Figura 12: Distribuição do cloreto durante o período de coleta	23
Figura 13: Distribuição do fosfato durante o período de coleta	23
Figura 14: Distribuição do silicato durante o período de coleta	24
Figura 15: Distribuição do nitrito durante o período de coleta	24
Figura 16: Distribuição da condutividade elétrica durante o período de coleta	25
Figura 17: Distribuição da clorofila- <i>a</i> durante o período de coleta	25
Figura 18: Projeção das variáveis hidrológicas nos componentes principais 1 e 2	28
Figura 19: Análise de componentes principais (PCA) entre os períodos	29
Figura 20: Análise de componentes principais (PCA) entre as marés	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Total de coletas realizadas em cada ponto durante o período menos chuvoso e chuvoso	7
Tabela 2: Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão das variáveis físicas, químicas e biológicas, entre os períodos	26
Tabela 3: Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão das variáveis físicas, químicas e biológicas, entre as marés	26
Tabela 4: Contribuição das variáveis aos componentes principais. As correlações significativas estão destacadas em negrito	27

RESUMO

Os estuários são áreas com elevada produtividade biológica, pois são locais de desenvolvimento, reprodução e crescimento de varias espécies de flora e fauna, e de grande número de espécies marinhas que retornam a essas áreas durante seu período de reprodução. O estuário do rio Caeté se caracteriza por apresentar uma área portuária localizada no município de Bragança (PA). Este trabalho foi desenvolvido na área estuarina da orla do rio Caeté com o objetivo de avaliar a influência da sazonalidade e da maré na qualidade da água deste local, através das variáveis físicas, químicas e biológicas. A metodologia utilizada para determinação de oxigênio dissolvido foi segundo o método de Winkler descrito em Strickland e Parsons (1972); de cloreto, pelo método descrito em APHA (2005). Os nutrientes (silicato, fosfato e nitrito) foram determinados de acordo com a metodologia de Grasshoff *et al.* (1983). A clorofila-*a* foi pelo método Teixeira (1973). Para os resultados foi utilizada uma análise de componentes principais (ACP), com o intuito de reduzir a base de dados e verificar quais componentes que melhor explicaram a variabilidade dos dados hidrológicos no rio Caeté. Os resultados da ACP com todas as variáveis mostraram que as duas primeiras componentes descrevem cerca de 58 % da variância original. O componente 1 relacionou positivamente a condutividade elétrica, o cloreto, o nitrito, e o silicato, os quais foram inversamente relacionados com os sólidos em suspensão, o oxigênio dissolvido, a cor, e a clorofila-*a*. O componente 2 relacionou-se positivamente a temperatura e negativamente com a clorofila-*a*. A ACP, realizada entre os períodos, obteve dois componentes. O componente 1 foi definido pela condutividade elétrica e o componente 2 pela temperatura. O componente 1 separou o mês de dezembro/08 (período menos chuvoso) dos outros meses, essa separação deveu-se principalmente aos maiores valores de condutividade elétrica nesse mês que foi o que definiu o componente. O componente 2 separou o período menos chuvoso do chuvoso, mostrando alguma variação entre esses períodos. A variação de maré é um dos principais fatores responsáveis pela oscilação de algumas variáveis e na região estuarina da orla do rio

Caeté. Além do mercado público, os portos de pesca e as fábricas de gelo também contribuem na poluição orgânica e inorgânica do estuário do rio Caeté.

1. INTRODUÇÃO

Estuário é um ecossistema de transição entre o oceano e o continente; a complexidade e vulnerabilidade à influência do homem são características comuns a todos os estuários. Em condições naturais, os estuários são biologicamente mais produtivos do que os rios e o oceano adjacente, por apresentarem altas concentrações de nutrientes que estimulam a produção primária (MIRANDA *et al.*, 2002).

Os ecossistemas costeiros mundiais recebem grandes quantidades de contaminantes como resultado de atividades humanas. Ambientes aquáticos adjacentes aos centros urbanos são altamente afetados pelas pressões antrópicas, uma vez que são os receptores usuais de efluentes domésticos e industriais (SANTOS *et al.*, 2008).

É reconhecida a importância dos sistemas estuarinos pela sua capacidade de depuração e pelo papel crucial que desempenham ao nível da sustentabilidade ecológica, servindo de abrigo para muitas espécies em idade juvenil (FERNANDES, 2001).

A importância dos estuários para os seres humanos é dada pela produtividade biológica elevada, uma vez que são locais de desenvolvimento, reprodução e crescimento de um número de espécies de flora e fauna, e do grande número de espécies marinhas, típicas de estuários, que retornam a eles durante seu período de reprodução. Isto é, o estuário é estabelecido como um ambiente que fornece uma grande quantidade de energia para zonas costeiras adjacentes. Além disso, os estuários são afecções com alto risco de contaminação devido à proximidade de áreas costeiras povoadas (RODRÍGUEZ, 2009).

Os ambientes estuarinos brasileiros são altamente utilizados por comunidades pesqueiras, devido a sua grande produtividade. No entanto, a concentração humana e o desenvolvimento de atividades industriais na área de influência de rios e estuários tem sido agravante para a sustentabilidade da pesca, uma vez que podem alterar as condições naturais do meio. A falta de tratamento e destinação adequada dos resíduos, a instalação em áreas inadequadas e o descumprimento das leis ambientais são alguns dos fatores causadores de impactos negativos (PAIVA; SILVA; FERNANDES, 2009).

Na costa norte do Brasil, os ambientes estuarinos são relativamente distintos, devido aos efeitos do escoamento do rio Amazonas e da presença de um regime de

macro marés semi-diurnas, que exerce uma forte influência sobre a dinâmica das características físicas e químicas da água (CAMARGO; ISAAC, 2003).

A utilização dos estuários para a instalação de portos configura um de seus usos principais. Para Niencheski (2000), atividades portuárias são poluidoras por natureza e os ambientes hídricos circunvizinhos a essas atividades devem ser monitorados permanentemente, visando a apresentação de soluções em curtos espaços de tempo.

A área do enfoque da presente pesquisa foi o estuário do rio Caeté, mais especificamente a área portuária do município de Bragança, onde tal atividade é desenvolvida de forma intensa.

Desta atividade portuária, decorrem fatores como: rejeição de águas residuais de fábricas de gelo, de embarcações pesqueiras artesanais, da feira livre municipal destinada à comercialização do pescado, assentamento de comunidades ribeirinhas ligadas de alguma forma à atividade pesqueira, aterros, além do despejo de efluentes domésticos e hospitalares no corpo d'água em estudo.

Dentro desse contexto, este trabalho visa avaliar a influência da maré e os efeitos das intervenções antrópicas na distribuição de parâmetros abióticos e de clorofila-*a* ao longo da orla do rio Caeté, para verificar mudanças na qualidade da água.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Estudar a influência da maré e da sazonalidade na qualidade da água da orla do rio Caeté (Bragança-Pará).

2.2 Específicos

- Avaliar a qualidade da água no rio Caeté, por meio de dados de temperatura, cor, sólidos em suspensão (S Suspensão), pH, oxigênio dissolvido (OD), cloreto, fosfato, silicato, nitrito, condutividade elétrica (CE) e clorofila-*a*;
- Avaliar a influência da maré na qualidade da água;
- Verificar a influência da sazonalidade nas variáveis estudadas.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Descrição da Área

A planície costeira bragantina (nordeste do estado do Pará) abrange a faixa costeira do município de Bragança (Figura 1), que se estende da ponta do Maiaú até a foz do rio Caeté, perfazendo uma área de 1570 km² (SOUZA FILHO, 2004). Nessa planície localiza-se o estuário do rio Caeté, no município de Bragança, (WOLFF; KOCH; ISAAC, 2000). Tal rio é caracterizado por apresentar águas túrbidas com profundidade máxima de 10 m (LARA, 2003).

O município de Bragança, segundo Guimarães *et al.* (2009), representa a terceira área de pesca mais produtiva do estado do Pará, e seus principais portos estão localizados no estuário do rio Caeté, o qual inclui seu rio principal (o rio Caeté).

A população deste município é de aproximadamente 107.060 habitantes (IBGE, 2009), com a economia local voltada principalmente para o comércio, pesca, agricultura, pecuária e turismo.

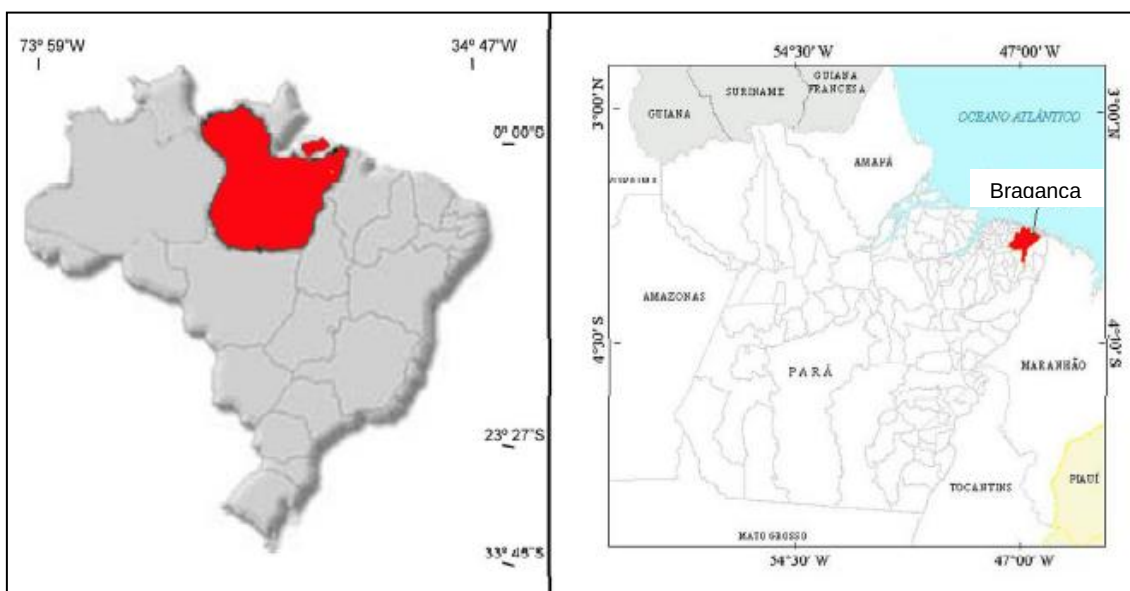


Figura 1: Mapa de localização do município de Bragança-Pará.

Fonte: Adaptado de GOAYEB *et al.* (2009).

3.2 Climatologia

Na região em estudo predomina o regime de macro marés semi-diurnas, com alturas de sizígia entre 4 a 6 m e correntes de maré que atingem velocidades médias superiores a $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ (MONTEIRO *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2009).

Segundo a classificação de Köppen, a região possui clima equatorial quente e úmido, com a umidade relativa do ar oscilando entre 80 e 91% e pluviosidade média anual variando de 2500 a 3000 mm (MARTORANO *et al.*, 1993), e duas estações bem definidas: chuvosa e menos chuvosa. A estação chuvosa, que normalmente ocorre entre os meses de janeiro e junho, se caracteriza por temperaturas acima de 30°C . A estação menos chuvosa, entre julho e dezembro, é caracterizada por temperaturas acima de 32°C (LARA, 2003).

A seguir segue os dados de Precipitação Total de Bragança- PA, entre os anos de 2008 e 2009 (Figura 2).

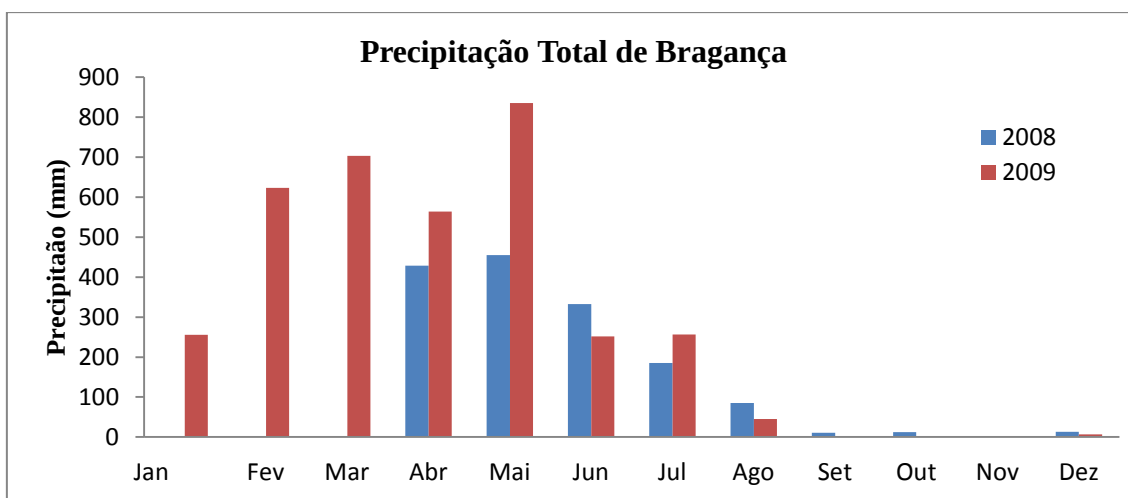


Figura 2: Precipitação Total de Bragança, ano de 2008 e 2009.

Fonte 2: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

3.3 Atividades de Campo

3.3.1 Coleta de Dados

No presente trabalho, foram definidos três pontos costeiros de amostragem no estuário do rio Caeté situados na zona portuária inserida no perímetro urbano do município de Bragança (Figura 3). Tais pontos foram escolhidos devido a grande atividade portuária nessa região, bem como todas as atividades desenvolvidas no entorno da orla de Bragança.

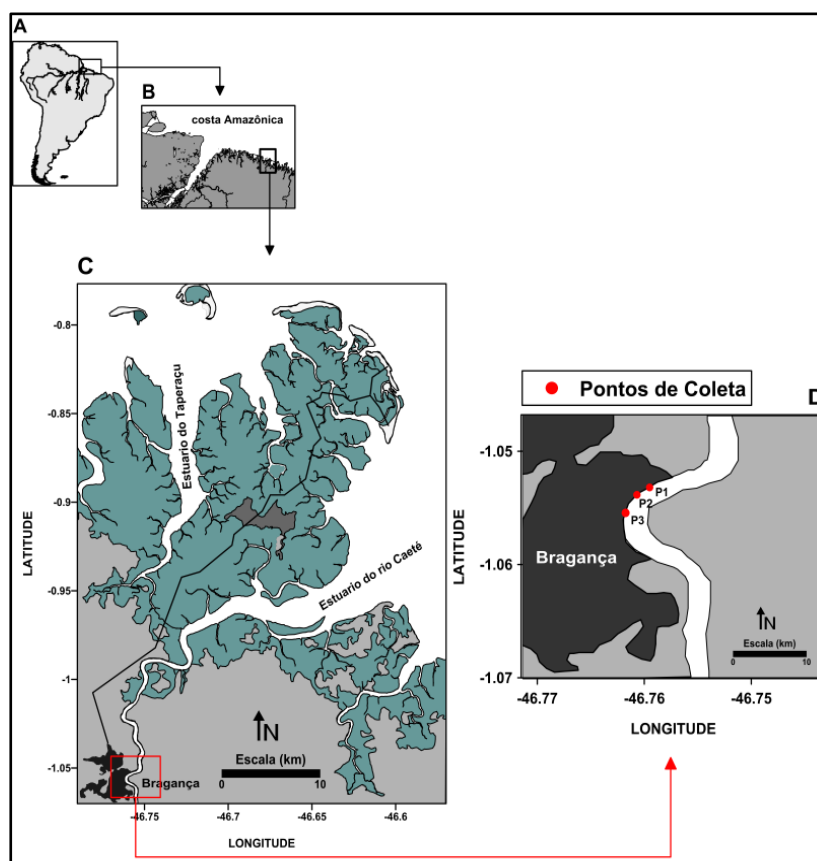


Figura 3: Mapa dos pontos de coleta.

Os pontos utilizados para a realização das coletas foram o P1, local que funcionava uma antiga geleira e hoje serve para descarregamento de mercadorias; P2, ponto localizado atrás do Mercado Municipal de Bragança; e P3, que é o trapiche da orla de Bragança (Figura 4).



Figura 4: Fotos dos pontos de Coletas (P1, P2 e P3, respectivamente).

Foram realizadas quatro campanhas, duas no período chuvoso (janeiro a junho) e duas no período menos chuvoso (julho a dezembro). Com coletas na camada superficial, durante a preamar (PM) e baixa-mar (BM), nos três pontos de coleta, sempre em condições de maré de sizígia, totalizando 24 amostras, 12 em cada período sazonal (Tabela 1).

Tabela 1: Total de coletas realizadas em cada ponto durante o período menos chuvoso e chuvoso.

	Menos Chuvoso		Chuvoso		
Pontos	Nov/2008	Dez/2008	Jan/2009	Fev/2009	Total
P1	BM/PM	BM/PM	BM/PM	BM/PM	8 amostras
P2	BM/PM	BM/PM	BM/PM	BM/PM	8 amostras
P3	BM/PM	BM/PM	BM/PM	BM/PM	8 amostras
Total	6	6	6	6	24 amostras

Em campo cada ponto de amostragem foi georeferenciado com o auxílio de um GPS Garmin Plus (Figura 5A). Para a coleta das amostras foi utilizada uma garrafa Kemmerer (Figura 5B). Os dados de temperatura, condutividade elétrica e pH foram determinados *in situ*, por meio de uma sonda multiparâmetro YSI, modelo 556 MPS (Figura 5C).



Figura 5: A- GPS Garmin Plus; B- Garrafa Kemmerer; C - sonda multiparâmetro YSI.

Fonte: www.google.com.br

3.3.2 Atividades de Laboratório

As amostras foram transportadas para o Laboratório de Qualidade de Água, da Universidade Federal do Pará, *Campus* de Bragança, para determinação dos valores de oxigênio dissolvido, segundo o método de Winkler descrito em Strickland e Parsons (1972); de cloreto, pelo método descrito em APHA (2005); e de cor e sólidos em suspensão, com o auxílio de um espectrofotômetro HACH, modelo DR 2800 (Figura 6).

Os nutrientes (silicato, fosfato e nitrito) foram determinados de acordo com a metodologia descrita em Grasshoff *et al.* (1983). A clorofila-*a* foi determinada pelo método descrito Teixeira (1973).



Figura 6: Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2800.

Fonte: www.google.com.br

3.4 Análise dos dados

Foi utilizada uma análise multivariada de componentes principais (ACP), onde os resultados das análises tiveram o intuito de reduzir a base de dados e verificar quais fatores (ou componentes) que melhor explicaram a variabilidade dos dados hidrológicos no rio Caeté. Esta técnica também possibilita avaliar a inter-relação existente entre as variáveis que constituem a base de dados. Para tal análise, utilizou-se o programa STATISTICA versão 7.0.

4. EMBASAMENTO TEORICO

Os trabalhos mais atuais, publicados sobre parâmetros hidrológicos e nutrientes em estuário, geralmente estão relacionados com fitoplâncton, zooplâncton e diversidade da ictiofauna.

No Pará o número de estudos nessa área vem crescendo, entretanto mesmo se for considerada a elevada extensão de corpos hídricos e a riqueza biológica que estes ambientes possuem, a maioria dos trabalhos está disponível de maneira limitada. Dentre os estudos realizados nos estuários paraenses, os assuntos mais abordados são principalmente levantamento da riqueza, determinação da densidade e biomassa fitoplanctônica.

Noriega *et al.* (2005), realizaram um estudo no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco – Brasil) objetivando avaliar a distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes pra caracterizar as condições ambientais da referida área. Segundo o autor, a biomassa fitoplanctônica apresentou um comportamento eutrófico com teor máximo de $111,13 \text{ mg.m}^{-3}$. Os nutrientes não foram fatores limitantes para o desenvolvimento fitoplanctônico, apresentando os mesmos um padrão não conservativo.

Bastos *et al.* (2005), estudaram o estuário do rio Una (PE), com o intuito de caracterizar e diagnosticar o estuário através da análise da comunidade fitoplanctônica e dos parâmetros ambientais . De acordo com o autor trata-se de um ambiente eutrófico. Baseado na taxa de saturação do oxigênio dissolvido o ambiente foi caracterizado como não poluído e de acordo com a análise dos componentes principais a biomassa correlacionou-se diretamente com o material em suspensão, o nitrito, o nitrato e a pluviometria e inversamente com a transparência e o pH.

No Rio Grande do Norte, Feitosa *et al.* (2007) realizaram a primeira avaliação da capacidade produtiva da comunidade fitoplanctônica relacionada aos parâmetros hidrológicos do ecossistema costeiro de Maracajáú. Os resultados mostraram que os parâmetros hidrológicos como salinidade, transparência da água e material em suspensão indicaram haver influência terrígena, principalmente no período chuvoso. A produtividade variou sensivelmente entre os dois períodos estudados, estando mais

elevada no chuvoso e ainda que o ecossistema pelágico variasse de oligotrófico e eutrófico.

Silva *et al.* (2009) realizaram estudo no estuário tropical do rio Formoso (PE) como objetivo de determinar as variações espaço-temporal do microfitoplâncton e variáveis ambientais. Foi observado que as concentrações de oxigênio apresentam uma alta capacidade de renovação do ambiente devido ao aporte de águas marinhas; maiores concentrações de nutrientes e biomassa algácea ocorreram durante o período chuvoso e nas baixa-mares. A pluviometria e o aporte marinho foram os parâmetros que mais influenciaram na hidrologia e na distribuição da comunidade fitoplanctônica com reflexo na riqueza taxonômica.

Estudo desenvolvido por Rodrigues & Cutrim (2010) nas áreas estuarinas nos municípios de São José de Ribamar (MA), mostraram que a análise dos componentes principais (ACP) apresentou uma correlação positiva entre a clorofila-*a* e a altura da maré no instante da coleta, da mesma forma que a quantidade de células fitoplanctônicas e a transparência da água. A ACP evidenciou a ação da maré sobre a costa maranhense, relacionando os maiores valores de tal variável com um aumento da clorofila-*a*, que, conseqüentemente, conduz a uma maior demanda de nutrientes (nitrato e fosfato). Tal processo depende também da disponibilidade de silicato carregado da bacia hidrográfica pelas precipitações pluviométricas, favorecendo o desenvolvimento das diatomáceas, predominantes em áreas estuarinas.

Hercos (2006) realizou estudo no estuário do rio Curuçá (PA), o objetivo principal do trabalho foi de caracterizar a ictiofauna demersal dos canais principais do estuário do rio, identificando as variações anuais e espaciais na composição, densidade e biomassa, bem como os fatores abióticos que influenciam nestas variações. Foram capturados 18.989 indivíduos, pertencentes a 73 espécies, sendo 20 espécies classificadas como estuarinas. O estuário de Curuçá apresentou uma maior riqueza de espécies, densidade e biomassa. Esta diferença está relacionada principalmente a uma maior heterogenidade de substratos deste perfil, fazendo com que este possua uma maior disponibilidade de microhabitat. Os parâmetros físicos-químicos da água se apresentaram homogêneos ao longo dos pontos de coletas tendo pouca influência sobre a distribuição espacial da ictiofauna.

Estudo realizado por Costa *et al.* (2008) objetivando avaliar a distribuição nictemeral e sazonal do zooplâncton do estuário do Taperaçu (PA) e o efeito dos parâmetros hidrológicos na dinâmica desses organismos foram estudadas no período chuvoso e período seco. O estudo observou que a pluviometria local mostrou ser a principal responsável pela oscilação dos parâmetros hidrológicos, principalmente a salinidade, que influenciou diretamente a dinâmica populacional do zooplâncton do estuário do Taperaçu.

Berredo *et al.* (2008) avaliando o impacto das variações climáticas sobre os ecossistemas de manguezais amazônicos no estuário do rio Marapanim (PA), observou que as variações pluviométricas são responsáveis por graduais mudanças nos teores de nutrientes e nas propriedades físico-químicas (pH, Eh e salinidade) das águas superficiais e intersticiais, no controle do equilíbrio salino das águas costeiras, na salinização e dessalinização dos sedimentos e na distribuição da vegetação de mangue no estuário. A exposição prolongada dos sedimentos na estiagem e as características morfológicas contribuem decisivamente para a oxidação total ou parcial dos sedimentos em superfície, o que modifica a mineralogia e as características químicas e físico-químicas das águas intersticiais.

As variações temporais da comunidade zooplanctônica e das variáveis físico-químicas da água do furo Muriá (PA) foram estudadas por Leite *et al.* (2009). As coletas foram realizadas durante as marés vazantes de quadratura, no período diurno. Segundo o autor foi possível observar que a salinidade, que variou em função das oscilações dos índices pluviométricos, constituiu o principal fator regulador da composição e da distribuição temporal da comunidade zooplanctônica do furo Muriá, sendo *Acartia tonsa* e zoea de *Brachyura* os organismos com os maiores percentuais de contribuição nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

Alves *et al.* (2012) realizaram estudo em parte da bacia hidrográfica do Rio Arari (Ilha de Marajó, Pará), objetivando avaliar a qualidade das águas superficiais e o estado trófico do Rio Arari, no trecho entre Santana e Cachoeira do Arari. Considerando as variações temporais e espaciais de variáveis físicas, químicas e biológicas da água em dois períodos hidrológicos distintos de 2009: descarga máxima (abril e maio) e descarga mínima (setembro e novembro). Os valores do IQA (Índices de Qualidade da Água) variaram entre “Ruim” e “Regular”, e estão provavelmente relacionadas aos elevados

níveis de coliformes fecais, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e pH ácido do Rio Arari. Conforme o IET (Estado Trófico), o rio pode ser classificado como supereutrófico e hipereutrófico, reflexo da grande disponibilidade de nutrientes (e.g. fósforo) e elevada biomassa fitoplanctônica em termos de clorofila *a*. O Rio Arari está sob um processo de eutrofização natural, visto que as fontes de contaminação antrópica ainda são incipientes, mas elas podem contribuir para um processo de longo prazo de eutrofização artificial.

5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DA ÁGUA.

5.1 Variáveis Físicas

5.1.1 Temperatura

A temperatura desempenha papel importante de controle no meio aquático, condicionando a influência de uma série de outras variáveis físicas e químicas (CETESB 2008). Peixoto (2008) afirma que temperaturas elevadas limitam a disponibilidade de oxigênio, podendo ocasionar a morte da fauna aquática. De acordo com Esteves (1998), esta variável é um dos fatores, além da pressão e da salinidade, que influenciam na solubilidade do oxigênio na água.

Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (ANA, 2005).

5.1.2 Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais. Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior de cor na água, em geral, é o estético, já que causa um efeito repulsivo aos consumidores. É importante ressaltar que a coloração, realizada na rede de monitoramento, consiste basicamente na observação visual do técnico de coleta no instante da amostragem (CETESB, 2010).

5.1.3 Sólidos em Suspensão

Nos estudos de controle de poluição das águas naturais, principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Este quadro não é definitivo para se entender o comportamento da água em questão, mas constitui-se em uma informação preliminar importante. Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas (CETESB, 2010).

5.2 Variáveis Químicas

5.2.1 Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) é utilizado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, expressa a concentração de íons H^+ ou OH^- em dada solução. Essa variável é calculada em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14, na qual os valores inferiores a 7 são considerados ácidos e valores superiores a 7, básicos. O pH exerce influência em processos químicos e biológicos de um corpo d'água e é importante no controle de qualidade de águas de abastecimento (CETESB, 2010).

5.2.2 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é uma das variáveis mais significativas para expressar a qualidade de um ambiente aquático e indica a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática. Valores muito baixos podem revelar o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos, acarretando sérios danos à biota, além da água tornar-se imprópria a diversos usos. A dissolução de gases na água sofre influência de

fatores ambientais como temperatura, pressão e salinidade (CASSINI *apud* GORAYEB, 2008).

Um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente, de 8 a 10 mg.L⁻¹. Essa quantidade pode variar em função da temperatura e pressão. A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica (CARMOUZE, 1994). Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é um parâmetro extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. Outro exemplo é os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microorganismos que utilizam o oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio.

5.2.3 Cloreto

O cloreto é o ânion Cl⁻ que se apresenta nas águas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg.L⁻¹. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto.

Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água. Também eram utilizados como indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas

aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (CETESB, 2010).

5.2.4 Fosfato

A presença do fósforo na água pode se dar de diversas formas. A mais importante delas para o metabolismo biológico é o ortofosfato. O fósforo é um nutriente e não traz problemas de ordem sanitária para a água. A presença de fósforo nas águas pode ter origem na dissolução de compostos do solo (escala muito pequena), despejos domésticos e/ou industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A utilização crescente de detergentes de uso doméstico e industrial favorece muito o aumento das concentrações de fósforo nas águas. Concentrações elevadas de fósforo podem contribuir da mesma forma que o nitrogênio, para a proliferação de algas e acelerar indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização. Por outro lado, o fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento e a multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica (CUNHA, 2006).

O fosfato também pode estar relacionado com as atividades agrícolas, uma vez que parte dos agroquímicos é incrementado com superfosfatos, como adubos, por exemplo (ESTEVES, 1998). Também podem estar relacionados com a presença de materiais orgânicos e esgotos (SAWYER; MCCARTY; PARKIN, 1994 *apud* GORAYEB, 2008). Sendo assim, índices elevados de fosfatos estão diretamente relacionados à eutrofização dos corpos hídricos.

5.2.2 Silicato

O silício apresenta-se na forma de ácido ortossilícico (H_4SiO_4) no sistema aquático. Sua principal fonte é o intemperismo de minerais de silicato e alumino silicatos. A média global das concentrações de silicato dissolvido é de aproximadamente 346,4 $\mu\text{M/L}$ (CHESTER, 1993).

Nos ambientes fluviais, aproximadamente 29% da sílica dissolvida é removida por mecanismos biológicos. Dentro dos estuários, toda a sílica é regenerada e lançada novamente na coluna d'água. Com isso, o fluxo de sílica fora do estuário é virtualmente

semelhante ao fluxo fluvial, apresentando baixas concentrações de sílica sendo depositada como sedimento (CHESTER, 1993).

5.2.6 Nitrito

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico e amoniacal (amônia livre), nitrito e nitrato. São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais, porém os esgotos sanitários constituem a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização (CETESB, 2010).

O nitrito pode atingir concentrações elevadas quando ocorre poluição orgânica, o que favorece o desenvolvimento de bactérias nos ambientes aquáticos, sendo também tóxico para os peixes quando se combina com a hemoglobina e forma uma substância chamada de meta-hemoglobina. Esta combinação causa a morte do peixe por falta de oxigênios nos tecidos (SILVA, 2006).

5.2.7 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água.

A condutividade é controlada, sobretudo pelo tipo de rocha onde está implantada a bacia fluvial. Constitui uma das variáveis mais importantes para o ambiente aquático, visto que pode fornecer importantes informações sobre o metabolismo aquático, como sobre fenômenos importantes que ocorrem na sua bacia. Os valores de condutividade elétrica podem ajudar a detectar fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos (MOURA, 2007).

Em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{s.cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2010), e considera-se que, quanto mais poluídas estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral (BRIGANTE *et al.*, 2003).

A variável condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para

possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionada por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais freqüentes são o H^+ e o OH^- (FARIAS, 2006).

5.3 Variáveis biológicas

5.3.1 Clorofila-*a*

A clorofila é o pigmento, além dos carotenóides e ficobilinas, responsável pelo processo fotossintético. A clorofila *a* é a mais universal das clorofilas (*a*, *b*, *c*, e *d*) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim, a clorofila *a* é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos (CETESB, 2008).

6. RESULTADOS

A temperatura da água obteve uma variação média de $29,8 \pm 0,225$ °C (período chuvoso) a $30,3 \pm 0,313$ °C (período menos chuvoso). Com relação à maré, a variação média foi de $30,10 \pm 0,2$ na preamar a $30,18 \pm 0,40$ na baixa-mar (Tabela 2 e 3). De maneira geral, observou-se que os valores da temperatura da água apresentaram uma discreta variação sazonal, com valores mais elevados no período menos chuvoso do que no período chuvoso (Figura 7).

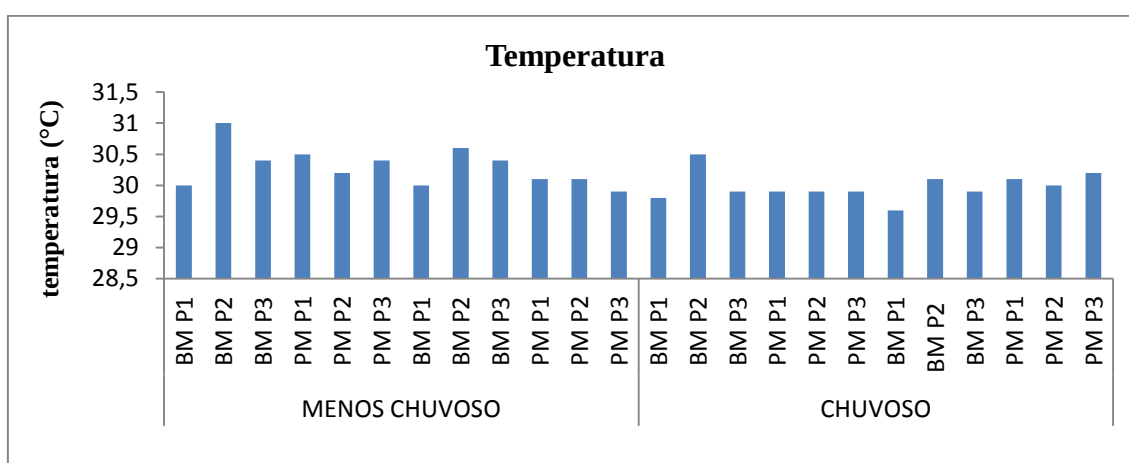


Figura 5: Distribuição da temperatura durante o período de coleta.

A cor obteve concentração média de $785,08 \pm 400,58$ PtCo (período menos chuvoso) e de $1147,33 \pm 354,57$ PtCo (período chuvoso). Com relação à variação média da maré foi de $161,42 \pm 10,35$ PtCo na preamar a $1059,33 \pm 408,38$ PtCo na baixa-mar (Tabela 2 e 3). A maior concentração de cor foi registrada no período chuvoso, durante a preamar (Figura 8).

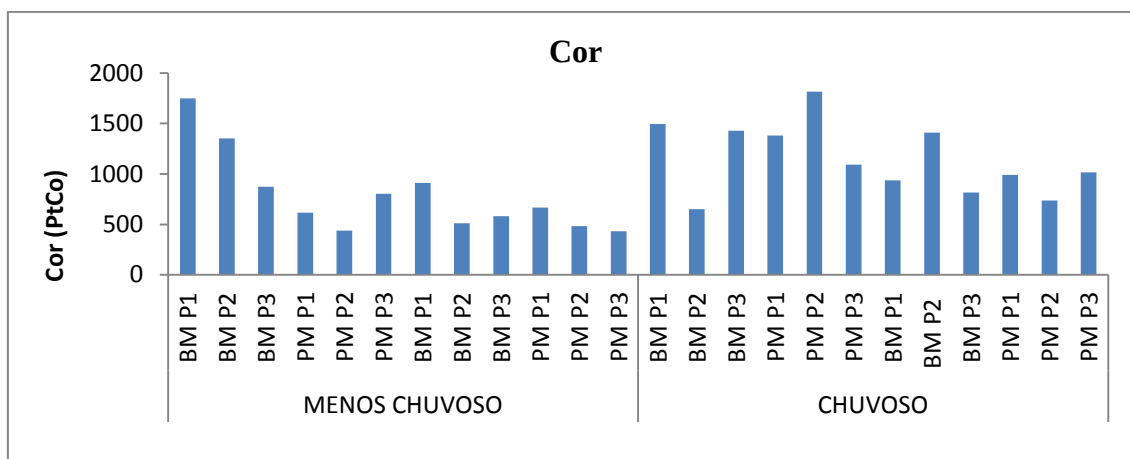


Figura 8: Distribuição da cor durante o período de coleta.

Por meio da concentração de sólidos em suspensão (Tabela 2 e 3) observou-se que as águas foram turvas na maré de sizígia, apresentando uma variação média de $153 \pm 78,14 \text{ mg.L}^{-1}$ (período menos chuvoso) a $286,57 \pm 159,68 \text{ mg.L}^{-1}$ (período chuvoso). Em relação a maré a concentração média foi de $161,42 \pm 100,35 \text{ mg.L}^{-1}$ (preamar) a $278,08 \pm 154,37 \text{ mg.L}^{-1}$ (baixa-mar). A maior concentração de sólidos em suspensão foi no período chuvoso, durante a baixa-mar (Figura).

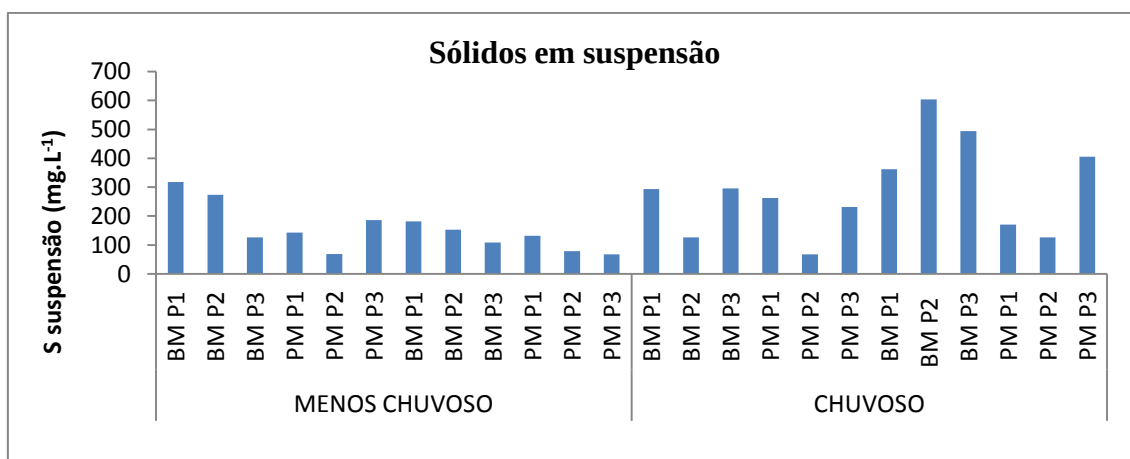


Figura 9: Distribuição dos sólidos em suspensão durante o período de coleta.

O pH (Tabela 2 e 3) teve uma concentração média de $6,56 \pm 0,19$ (período de chuva) e $6,94 \pm 0,85$ (período menos chuvoso). Em relação à maré a média foi $6,71 \pm 0,34$ (preamar) a $6,8 \pm 0,85$ (baixa-mar). A concentração mais elevada de pH foi no período menos chuvoso, durante a baixa-mar (Figura 10).

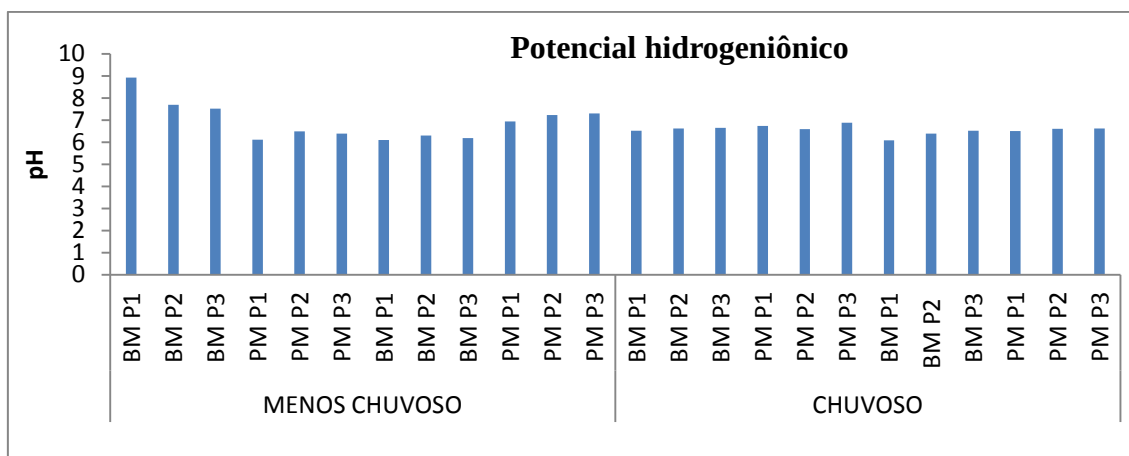


Figura 10: Distribuição do potencial hidrogeniônico durante o período de coleta.

O oxigênio dissolvido (Tabela 2 e 3) obteve uma variação média de $3,67 \pm 0,90 \text{ mg.L}^{-1}$ (período chuvoso) a $4,34 \pm 0,73 \text{ mg.L}^{-1}$ (período menos chuvoso). Em relação à variação da maré, a média foi $3,80 \pm 0,81 \text{ mg.L}^{-1}$ (preamar) a $4,40 \pm 0,85 \text{ mg.L}^{-1}$ (baixa-mar). A maior concentração de OD foi no período chuvoso, durante a preamar (Figura 11).

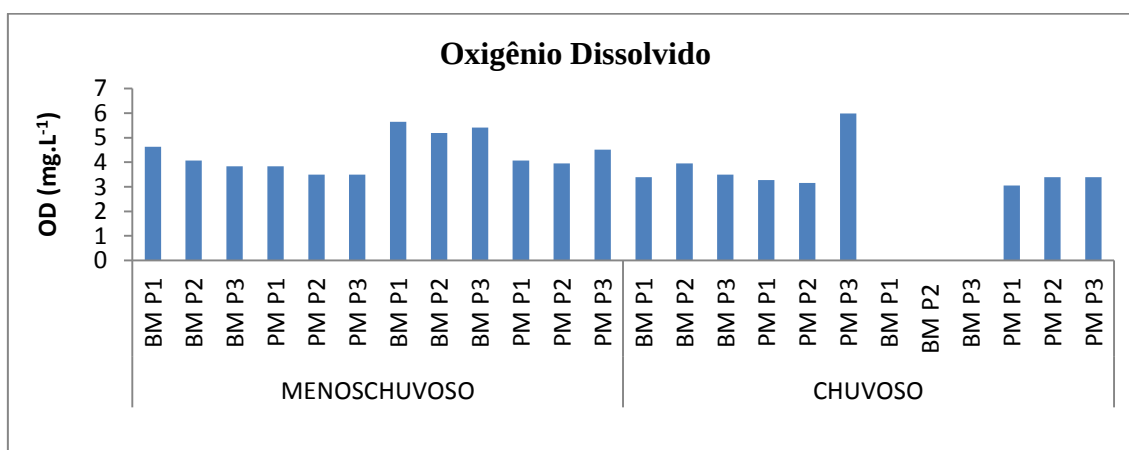


Figura 11: Distribuição do oxigênio dissolvido durante o período de coleta.

O cloreto (Tabela 2 e 3) teve média de $1924,56 \pm 625,22 \text{ mg.L}^{-1}$ (período chuvoso) a $2902,24 \pm 2555,64 \text{ mg.L}^{-1}$ (período menos chuvoso). Com relação à maré variou de $1146,17 \pm 543,91 \text{ mg.L}^{-1}$ (baixa-mar) a $3680,63 \pm 1908,93 \text{ mg.L}^{-1}$ (preamar). A maior concentração foi registrada no período menos chuvoso durante a preamar (Figura 12).

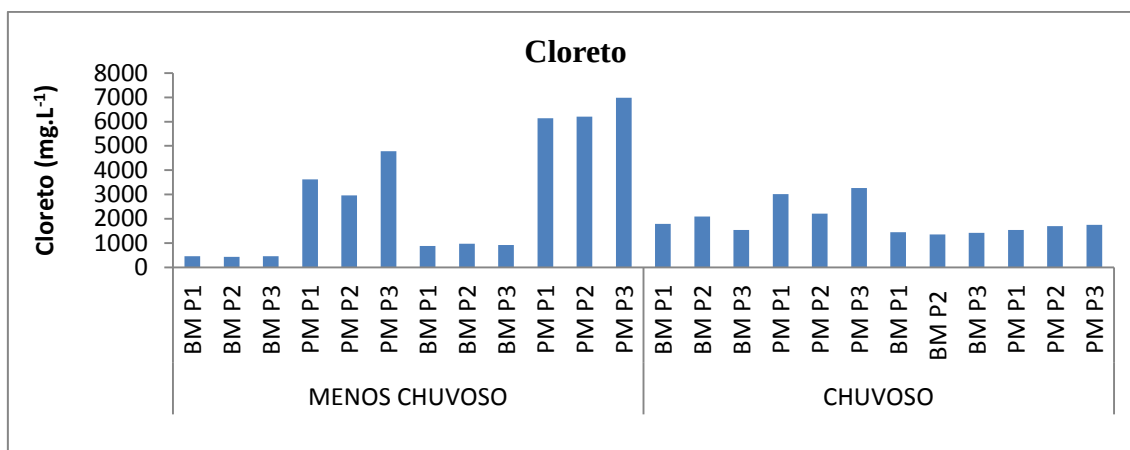


Figura 12: Distribuição do cloreto durante o período de coleta.

O fosfato (Tabela 2 e 3) teve uma variação média de $0,08 \pm 0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ (período chuvoso) a $0,28 \pm 0,58 \text{ mg.L}^{-1}$ (período menos chuvoso). Com relação a maré a variação foi de $0,08 \pm 0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ (baixa-mar) a $0,26 \pm 0,56 \text{ mg.L}^{-1}$ (preamar). A maior concentração foi no período menos chuvoso, durante a preamar, provavelmente como consequência de esgotos existentes próximos aos pontos de coleta (Figura 13).

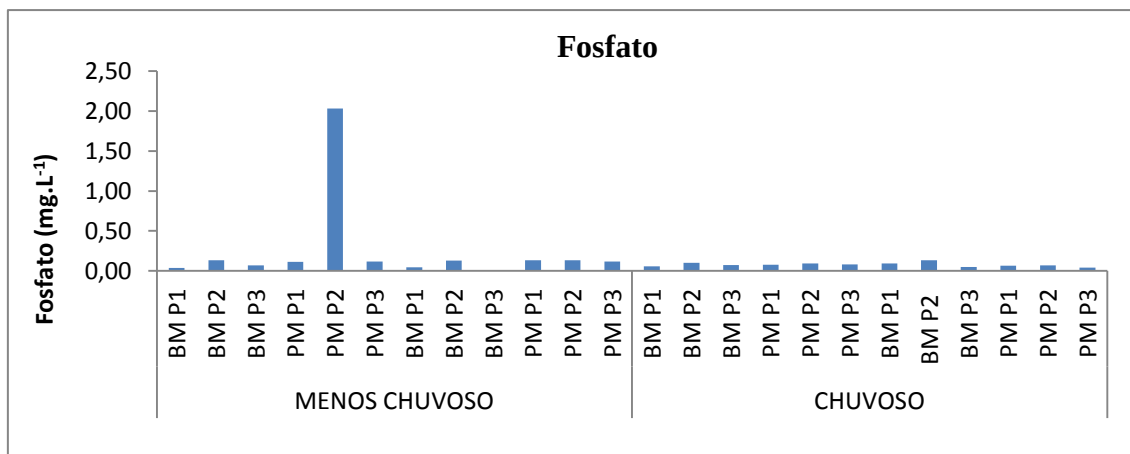


Figura 13: Distribuição do fosfato durante o período de coleta.

O silicato (Tabela 2 e 3) variou de $4,50 \pm 1,99 \text{ mg.L}^{-1}$ (período menos chuvoso) a $4,77 \pm 3,35 \text{ mg.L}^{-1}$ (período chuvoso). Com relação à maré o silicato variou de $3,65 \pm 2,34 \text{ mg.L}^{-1}$ (baixa-mar) a $5,62 \pm 2,77 \text{ mg.L}^{-1}$ (preamar). A maior concentração de silicato foi no período chuvoso durante a preamar (Figura 14).

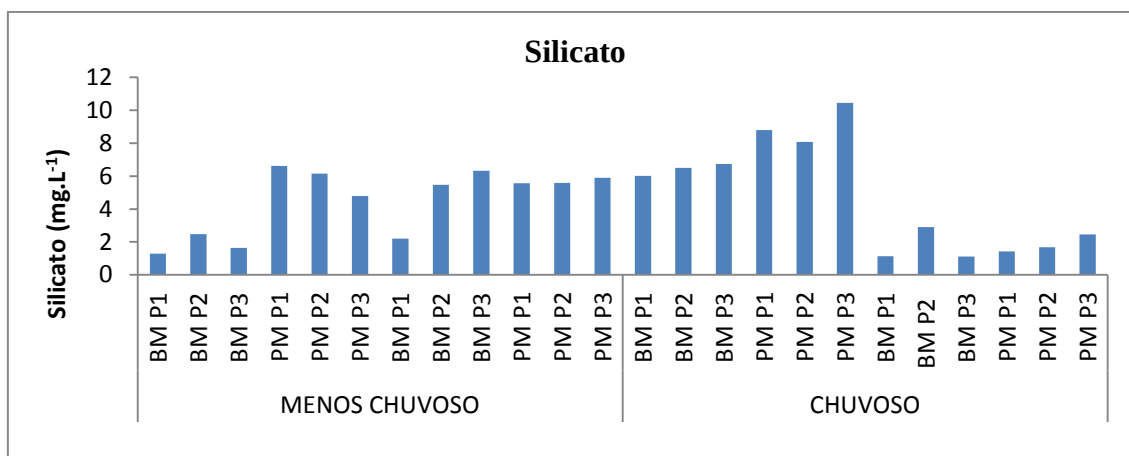


Figura 14: Distribuição do silicato durante o período de coleta.

Para o nitrito (Tabela 2 e 3) foi observado uma concentração média de $0,06 \pm 0,5$ mg.L^{-1} (período chuvoso) a $0,13 \pm 0,13$ mg.L^{-1} (período menos chuvoso). Com relação a maré a variação média foi de $0,03 \pm 0,02$ mg.L^{-1} (baixa-mar) a $0,15 \pm 0,11$ (preamar). A maior concentração foi no período menos chuvoso durante a preamar (Figura 15).

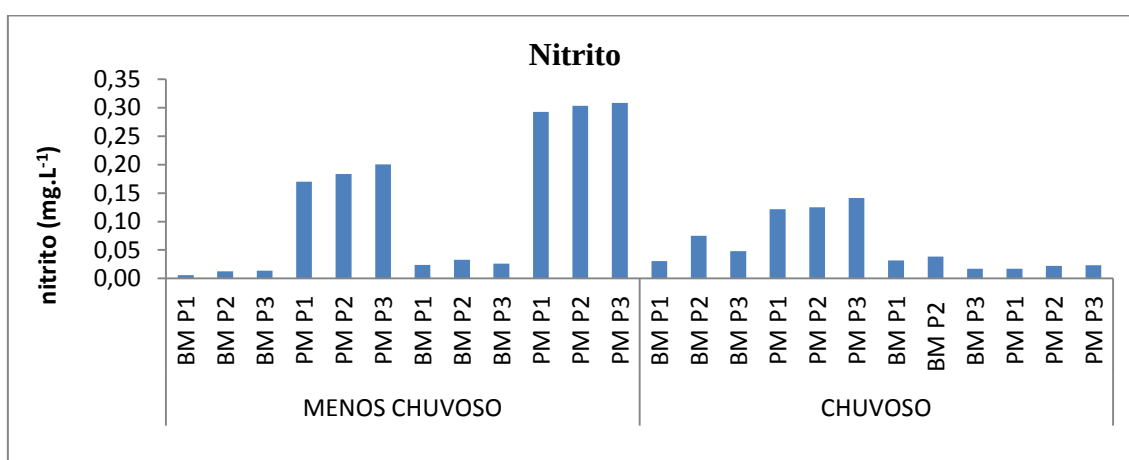


Figura 15: Distribuição do nitrito durante o período de coleta.

A condutividade elétrica (Tabela 2 e 3) teve uma variação média de $6,22 \pm 5,814$ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (período chuvoso) a $10,89 \pm 9,57$ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (período menos chuvoso). Com relação a maré a variação média foi de $2,45 \pm 1,85$ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (baixa-mar) a $14,67 \pm 7,23$ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (preamar). A maior concentração da CE foi no período menos chuvoso durante a preamar (Figura 16).

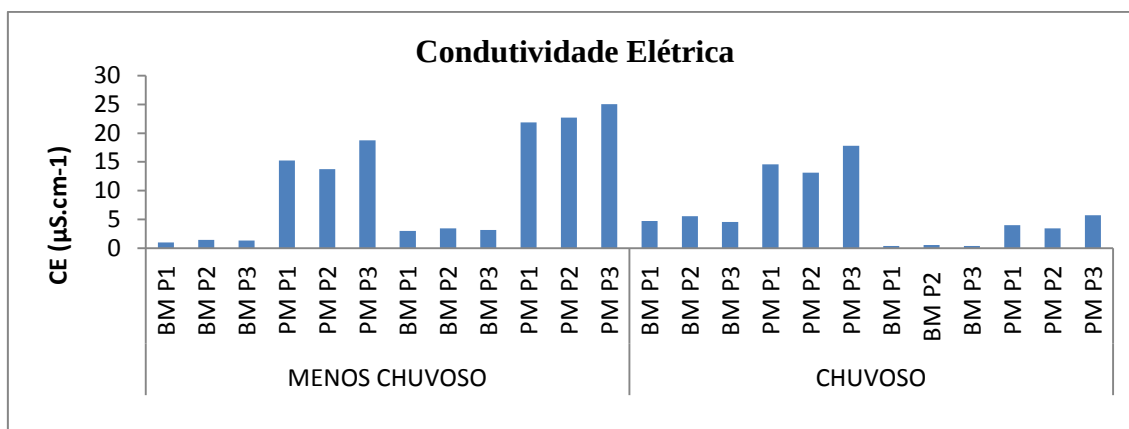


Figura 16: Distribuição da condutividade elétrica durante o período de coleta.

A clorofila-*a* (Tabela 2 e 3) obteve uma concentração média de $6,74 \pm 1,97 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (período menos chuvoso) a $13,88 \pm 6,77 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (período chuvoso). Com relação à maré a média variou de $7,82 \pm 4,81 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (preamar) a $12,82 \pm 6,49 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (baixa-mar). A maior concentração da clorofila-*a* foi no período chuvoso durante a baixa-mar (Figura 17).

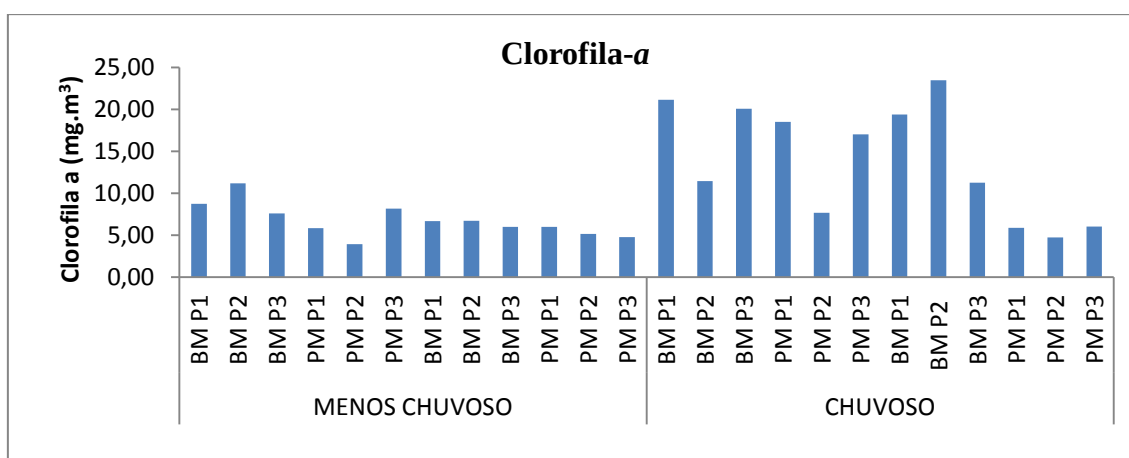


Figura 17: Distribuição da clorofila-*a* durante o período de coleta.

Tabela 2: Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão das variáveis físicas, químicas e biológicas, entre os períodos.

		Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	pH	Temp ($^{\circ}\text{C}$)	Cloreto (mg.L^{-1})	OD (ml.L^{-1})	Nitrito (mg.L^{-1})	Fosfato (mg.L^{-1})	Silicato (mg.L^{-1})	Cor (PtCo)	SS (mg.L^{-1})	Clor a (mg.m^{-3})
	Mínimo	1,002	6,09	29,9	430,99	3,499	0,006	0,037	1,285	434	67	3,944
Menos												
Chuvoso	Máximo	25,06	8,93	31	6980,704	5,643	0,308	2,032	6,613	1748	318	11,200
	Média $\pm$	10,89 $\pm$	6,94 $\pm$	30,3 $\pm$	2902,24 $\pm$	4,34 $\pm$	0,13 $\pm$	0,28 $\pm$	4,50 $\pm$	785,08 $\pm$	153 $\pm$	6,74 $\pm$
	Desvio Padrão	9,570	0,850	0,313	2555,641	0,734	0,125	0,583	1,993	400,585	78,142	1,973
	Mínimo	0,35	6,09	29,6	1353,088	3,047	0,017	0,041	1,110	652	67	4,7284
Chuvoso	Máximo	17,83	6,89	30,5	3259,712	5,982	0,141	0,133	10,447	1816	604	23,484
	Média $\pm$	6,22 $\pm$	6,56 $\pm$	29,98 $\pm$	1924,56 $\pm$	3,67 $\pm$	0,06 $\pm$	0,08 $\pm$	4,77 $\pm$	1147,33 $\pm$	286,5 $\pm$	13,88 $\pm$
	Desvio Padrão	5,814	0,195	0,225	625,224	0,901	0,046	0,025	3,354	354,577	159,680	6,777

Tabela 3: Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão das variáveis físicas, químicas e biológicas, entre as marés.

		Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	pH	Temp ($^{\circ}\text{C}$)	Cloreto (mg.L^{-1})	OD (ml.L^{-1})	Nitrito (mg.L^{-1})	Fosfato (mg.L^{-1})	Silicato (mg.L^{-1})	Cor (PtCo)	SS (mg.L^{-1})	Clor a (mg.m^{-3})
	Mínimo	0,35	6,09	29,6	430,99	3,386	0,006	0,037	1,110	512	108	6,017
Baixamar	Maximo	5,535	8,93	31	2091,136	5,643	0,075	0,133	6,734	1748	604	23,484
	Média $\pm$	2,45 $\pm$	6,8 $\pm$	30,18 $\pm$	1146,17 $\pm$	4,40 $\pm$	0,03 $\pm$	0,08 $\pm$	3,65 $\pm$	1059,33 $\pm$	278,08 $\pm$	12,82 $\pm$
	Desvio Padrão	1,853	0,845	0,400	543,905	0,846	0,019	0,037	2,337	408,384	154,371	6,397
	Mínimo	3,453	6,12	29,9	1537,6	3,047	0,017	0,041	1,430	434	67	3,944
Preamar	Maximo	25,06	7,31	30,5	6980,704	5,982	0,308	2,032	10,447	1816	405	18,496
	Média $\pm$	14,67 $\pm$	6,71 $\pm$	30,10 $\pm$	368,63 $\pm$	3,80 $\pm$	0,15 $\pm$	0,26 $\pm$	5,62 $\pm$	873,08 $\pm$	161,42 $\pm$	7,82 $\pm$
	Desvio Padrão	7,233	0,342	0,2	1908,934	0,806	0,106	0,560	2,770	414,815	100,352	4,805

A análise de componentes principais com todas as variáveis mostra que as duas primeiras componentes (PC1 e PC2) juntas descrevem cerca de 58 % da variância original (Tabela 4 e Figura 18). A PC1 explicou 38 % da variância total e pode ser interpretada como um contraste entre, de um lado, CE (0,91), nitrito (0,89), cloreto (0,85) e silicato (0,57) e, de outro lado, S Suspensão (-0,78), OD (-0,59), Cor (-0,56) e clorofila-*a* (-0,56). Esses sinais contrários indicam uma correlação negativa ao longo da PC1 entre esses dois grupos, que são a principal fonte de variação no conjunto de amostras.

O componente 1 relacionou positivamente a condutividade elétrica (CE), o cloreto, o nitrito, e o silicato, os quais foram inversamente relacionados com os sólidos em suspensão (S Suspensão), o oxigênio dissolvido (OD), a cor, e a clorofila-*a*. O componente 2 relacionou-se positivamente a temperatura (Tabela 4 e Figura 18) e negativamente com a clorofila-*a*.

Tabela 4: Contribuição das variáveis aos componentes principais. As correlações significativas estão destacadas em negrito.

Variável	Componente 1	Componente 2
CE	0,91	-0,37
pH	0,01	0,08
Temperatura	0,12	0,71
Cloreto	0,85	-0,43
OD	-0,59	-0,41
Nitrito	0,89	-0,37
Fosfato	0,02	0,45
Silicato	0,57	-0,32
Cor	-0,56	-0,33
S Suspensão	-0,78	-0,40
Clorofila- <i>a</i>	-0,56	-0,64
Variância explicada (%)	38	20

A análise de componentes principais (ACP), realizada entre os períodos, obteve dois componentes. O componente 1 foi definido pela condutividade elétrica e o componente 2 pela temperatura. O componente 1 separou o mês de dezembro/08 (maré equinocial de sizígia – período menos chuvoso) dos outros meses, essa separação

deveu-se principalmente aos maiores valores de condutividade elétrica nesse mês que foi o que definiu o componente. O componente 2 separou o período menos chuvoso do chuvoso, mostrando alguma variação entre esses períodos.

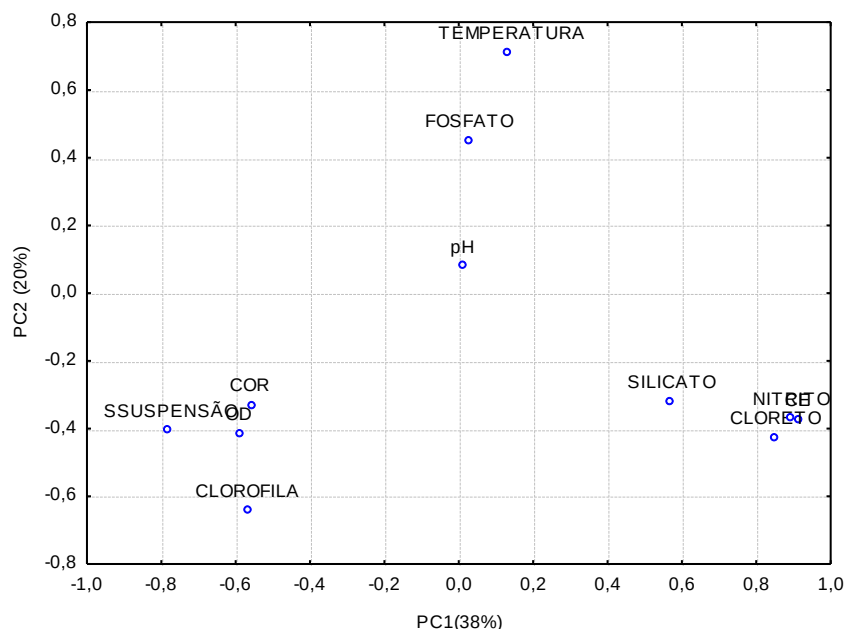


Figura 18: Projeção das variáveis hidrológicas nos componentes principais 1 e 2. As variáveis que mais contribuíram para os componentes encontram-se destacadas.

Os escores para os dados em PC1 e PC2, de acordo com o período sazonal, estão plotados na figura 19. No 1º quadrantes, observa-se uma água misturada, isso ocorre provavelmente, devido à dinâmica na área, que é influenciada por diversas variáveis. Isto produz um ambiente complexo, não só devido à zona de mistura entre águas oriundas do rio e do oceano, mas também por presença de outros processos, como as marés e descarga de esgoto. Já no 2º quadrante ocorreu uma predominância do período menos chuvoso, no 3º quadrante observa-se uma predominância do período chuvoso e no 4º quadrante observa-se uma nítida separação entre os períodos, o qual pode ser devido à influência da temperatura.

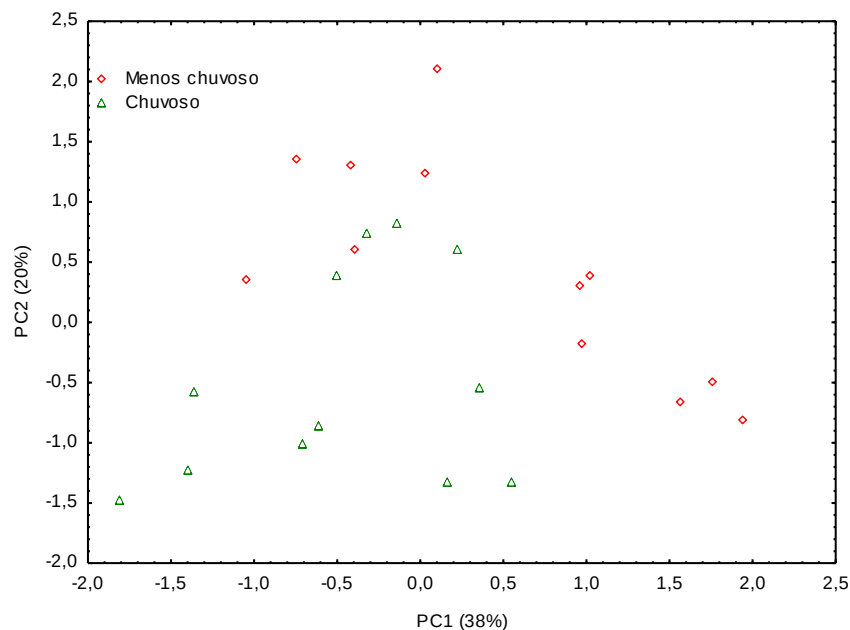


Figura 19: Análise de componentes principais (PCA) entre os períodos.

Os escores para os dados em PC1 e PC2, de acordo com a maré estão plotados na figura 20. No 1º e 2º quadrantes, observa-se uma zona de mistura, devido à dinâmica na área, produzindo um ambiente complexo não só devido a mistura das águas oriundas do rio e do oceano, mas também por presença de outros processos, como as marés e descarga de esgoto. No 3º quadrante observa-se uma predominância da baixa-mar e no 4º quadrante observa-se uma nítida predominância da preamar.

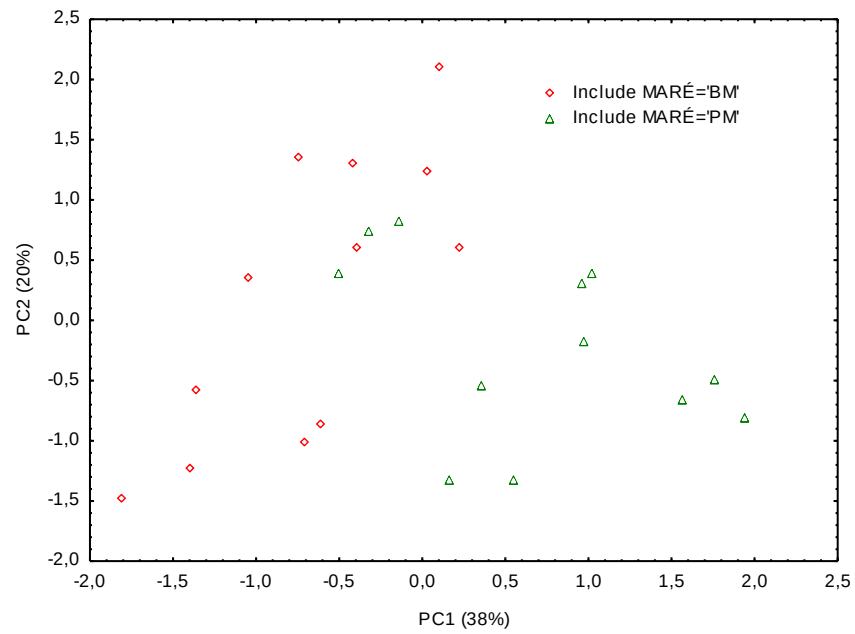


Figura 20: Análise de componentes principais (PCA) entre as marés.

7. DISCUSSÃO

Os fatores que podem determinar modificações na dinâmica de um ambiente costeiro são de origens diversas, e as variações sazonais que ocorrem em alguns parâmetros hidrológicos de regiões tropicais estão relacionados com fatores climatológicos como: precipitação, evaporação, circulação local, correntes e ação dos ventos (DELGADO NORIEGA *et al.*, 2004).

Observou-se que no período menos chuvoso as concentrações de oxigênio dissolvido foram mais baixas isso provavelmente tenha relação com a menor atividade fotossintética (baixas concentrações de clorofila-*a*) observada nesse período. Além disso, as maiores concentrações de nutrientes dissolvidos registrados durante este período pode ser atribuído a ação antrópica, como a entrada de mais esgotos domésticos e comerciais.

O oxigênio dissolvido é um gás importante e fundamental para manter e verificar as condições aeróbias em um curso d'água que recebe material poluidor. Além disso, é um importante indicador de áreas poluídas, uma vez que baixas concentrações podem sugerir poluição química, física ou biológica, com a presença de matéria orgânica (provavelmente originada de esgoto), ou seja, alta biomassa de bactérias aeróbias decompositoras. Valores muito elevados destes organismos também podem gerar processos de eutrofização, trazendo consequências negativas, como a depleção noturna (DELGADO NORIEGA *et al.*, 2004).

Devido ao ambiente estuarino apresentar um forte hidrodinamismo, por estar sobre a influência ora do mar, ora do rio, é de se esperar que ele apresente sempre uma boa quantidade de sólidos em suspensão na água. Entretanto, o regime pluviométrico da região pode também provocar variação sazonal nas concentrações destes sólidos em suspensão.

Os valores mais elevados para as variáveis cor e sólidos em suspensão estão associados ao período chuvoso. Tais concentrações na região estuarina do rio Caeté apresentaram uma nítida sazonalidade. Em relação às marés, as maiores concentrações se apresentaram de maneira inversa, onde a cor registrou seu maior valor na preamar e os sólidos na baixa-mar. Este fato pode ser justificado pela influência das águas de origem marinha que diluem a concentração destes sólidos em suspensão e também pelo

aporte de material particulado advindo das atividades antrópicas desenvolvidas ao longo rio.

De acordo com a ACP para as variáveis coletados na camada superficial da água a condutividade elétrica associou-se positivamente como o cloreto, nitrito e silicato. Verificou-se também que com a condutividade elétrica há um acúmulo do íon cloreto, caracterizando com isso, uma ação antrópica (descarga de esgoto doméstico). Isto pode ser atribuído ao aumento da drenagem superficial e lavagem dos sais oriundos da ação antrópica em torno dos pontos de coleta. Além também das maiores médias dessas variáveis ocorreram na preamar, quase todas no período menos chuvoso, com exceção do silicato (período chuvoso).

A análise da condutividade elétrica não determina quais os íons presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para determinar os impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem de um rio, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais e esgotos domésticos dentre outros. Além do que a condutividade aumenta em função da concentração iônica e da temperatura que é especialmente alta no estuário (FIUZA *et al.*, 2010).

Como os íons são lixiviados pelas chuvas ou pelo lançamento de esgotos para dentro dos corpos hídricos, o lançamento de efluentes industriais contendo substâncias químicas como, por exemplo, os alvejantes (íons de cloro), podem elevar a condutividade do sistema, já que os compostos inorgânicos são relativamente bons condutores. Inversamente, o despejo de esgotos domésticos contendo compostos orgânicos não dissolvidos reduz a condutividade da solução (FIUZA *et al.*, 2010).

Levando-se em conta a escala de concentração dos nutrientes observou-se que no ambiente estudado, o silicato foi o mais concentrado seguido pelo nitrito, e por fim pelo fosfato.

A alta concentração do nitrito evidencia a grande ação antrópica que o ambiente em estudo vem sofrendo, principalmente na área da orla, entretanto, deve-se levar em consideração a profundidade do ambiente e o regime de maré, o que propicia a ressuspensão dos nutrientes sedimentados.

Corroborando os dados obtidos neste trabalho Vasco *et al.* (2010) avaliou a qualidade da água no estuário do Rio Vaza Barris (região nordeste da Bahia), e num dos pontos estudados observou-se que ocorrem atividades urbanas e industriais que

lançam no rio substâncias que podem alterar a qualidade da água por meio da introdução de elementos nocivos. Tal autor registrou que durante o período menos chuvoso o teor de cloreto apresentou valor de $268,65 \text{ mg.L}^{-1}$ e detectou para o nitrito, concentrações $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$. Segundo o autor esses dados indicam uma contaminação remota por nutrientes. As duas concentrações foram inferiores as médias encontradas para as respectivas variáveis, nas águas do rio Caeté.

Rodrigues & Cutrim (2010), estudando áreas estuarinas da costa maranhense, observaram que a menor concentração de oxigênio dissolvido foi $2,7 \text{ mL.L}^{-1}$ ($3,6 \text{ mg.L}^{-1}$), e a maior $7,3 \text{ mL.L}^{-1}$ ($10,44 \text{ mg.L}^{-1}$), sendo a média $4,7 \text{ mL.L}^{-1}$ ($6,72 \text{ mg.L}^{-1}$). A clorofila-*a* total apresentou valores variando de $2,40 \text{ mg.m}^{-3}$ a $16,56 \text{ mg.m}^{-3}$. As concentrações registradas para silicato tiveram média de $25,76 \text{ }\mu\text{M}$ ($3,97 \text{ mg.L}^{-1}$), variando de $3,25 \text{ }\mu\text{M}$ ($0,5 \text{ mg.L}^{-1}$) a $65,03 \text{ }\mu\text{M}$ ($10,02 \text{ mg.L}^{-1}$). A maior concentração de OD ficou bem acima da observada no Caeté. As concentrações encontradas na costa maranhense para clorofila-*a* foram inferiores as encontradas na orla do rio Caeté, já os valores médios encontrados para silicato foram próximos aos observados no Caeté.

No estuário tropical do rio Formoso-PE, Silva *et al.* (2009), registraram que o oxigênio dissolvido (OD) não apresentou variação sazonal, onde os menores valores foram registrados durante a baixa-mar, revertendo-se na preamar com maiores valores em decorrência dos processos dominantes de mistura pela penetração das águas marinhas. O ambiente apresentou valores de oxigênio dissolvido entre $2,92$ e $6,25 \text{ mL.L}^{-1}$ ($4,17$ e $8,93 \text{ mg.L}^{-1}$). Para os nutrientes observou-se que a distribuição da concentração dos sais foi bem caracterizada por variações entre os dois regimes de marés, com teores mais elevados durante a baixa-mar e no período chuvoso. Os teores de nitrito variaram de valores indetectáveis a $0,48 \text{ }\mu\text{M}$ ($0,02 \text{ mg.L}^{-1}$). O máximo valor de oxigênio dissolvido no rio Formoso foi bem acima do encontrado nas águas do Caeté. O fosfato variou de valores indetectáveis a $0,77 \text{ }\mu\text{M}$ ($0,07 \text{ mg.L}^{-1}$), enquanto o silicato oscilou de $7,14$ a $75,63 \text{ }\mu\text{M}$ ($1,10$ a $11,65 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente). Estes valores mais elevados durante o período chuvoso e nas baixa-mares devem-se ao maior aporte de água doce no estuário, tanto em decorrência da contribuição dos rios como pela lixiviação do solo devido ao aumento do índice pluviométrico no período.

Estudo realizado por Santos *et al.* (2009) no sistema estuarino do Canal de Santa Cruz (PE), detectou que os teores de oxigênio dissolvido alcançaram um mínimo

de 1,70 mL/L (2,43 mg.L⁻¹) no período seco e um máximo de 6,03 mL/L (8,62 mg.L⁻¹) no período chuvoso. No estuário do rio Carrapicho (PE), o valor mínimo foi de 3,61 mL/L (5,16 mg.L⁻¹) no período seco e o máximo de 5,94 mL/L (8,49 mg.L⁻¹) no período chuvoso. No estuário do Canal de Santa Cruz (PE) e no estuário do rio Carrapicho (PE), os valores mínimos foram observados no período seco, diferenciando do Caeté que obteve os valores médios mínimo e máximo no período chuvoso, durante a preamar.

Noriega *et al.* (2005) observou o sistema estuarino de Barra das Jangadas (PE), durante a baixa-mar de uma maré de sizígia. O maior teor encontrado de oxigênio dissolvido foi 5,09 mL.L⁻¹ (7,28 mg.L⁻¹) e o menor de 2,35 mL.L⁻¹ (3,36 mg.L⁻¹). O nitrito variou de 0,39 a 3,43 µmol.L⁻¹ (0,017 a 0,157 mg.L⁻¹). O valor máximo de fosfato foi 2,13 µmol.L⁻¹ e o menor 0,01 µmol.L⁻¹ (0,20 e 0,009 mg.L⁻¹). De acordo com o autor estes nutrientes foram os que mais influenciaram o desenvolvimento fitoplanctônico. No estuário Barra das Jangadas (PE) o máximo teor encontrado de OD foi bem acima do encontrado no Caeté, já as demais variáveis estavam dentro das obtidas no Caeté.

Estudo realizado na área estuarina do rio Una (PE) por Bastos *et al.* (2005), mostrou que os teores de sais nutrientes, em geral apresentaram valores elevados destacando-se o silicato como o que apresentou maior concentração seguido pelo fosfato e nitrito. Levando-se em consideração a sazonalidade o silicato apresentou-se mais concentrado durante o período seco ao contrário do nitrito que se apresentaram mais concentrados no período chuvoso, enquanto o fosfato não apresentou variação. A menor concentração de nitrito variou de indetectável, no mês de novembro durante a baixa-mar e a maior de 0,37 µmol.L⁻¹ (0,017 mg.L⁻¹) no mês de julho durante a preamar.

O fosfato variou sua concentração desde indetectável nos meses de fevereiro e março durante a preamar a 0,76 µmol.L⁻¹ (0,072 mg.L⁻¹) no mês de dezembro durante a preamar. O silicato apresentou concentração mínima de 12,99 no mês de junho durante a preamar e máxima de 476,04 µmol.L⁻¹ (2,002 e 73,36 mg.L⁻¹, respectivamente) no mês de novembro durante a baixa-mar. A biomassa fitoplanctônica (clorofila-*a*) mostrou uma nítida variação sazonal no ambiente estudado, sendo os maiores valores encontrados no período em que houve uma maior incidência pluviométrica, em ambos regimes de maré. Em função dos valores médios da clorofila *a* percebeu-se que a biomassa algal esteve ligeiramente mais elevada na baixa-mar. Em geral, a biomassa variou de 1,68 mg.m⁻³ em junho na baixa-mar à 36,30 mg.m⁻³ em agosto, na baixa-mar.

Comparando os resultados encontrados por Bastos *et al.* (2005) no estuário do rio Una (PE), pode-se observar que, quanto a sazonalidade, tal característica foi o inverso da observada no estuário do rio Caeté, onde o silicato obteve maior concentração no período chuvoso, enquanto que fosfato e nitrito apresentaram suas maiores concentrações no período menos chuvoso. Em relação a maré, as maiores concentrações dos nutrientes foram obtidas na preamar. Já a clorofila-*a* também teve sua maior concentração na baixa-mar.

Outros trabalhos realizados nos estuários paraenses corroboram com os resultados deste trabalho, tais como Berredo *et al.* (2008), ao realizar pesquisa no estuário do rio Marapanim – PA, constataram maiores valores médios para o silicato (período chuvoso) e cloreto (período menos chuvoso). Tal constatação também foi observada nas águas da orla do rio Caeté.

Costa *et al.* (2008), estudando o estuário do Taperaçu (Bragança/PA), observou que as concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram entre 2,80 mg.L⁻¹ (março-período chuvoso) e 5,90 mg.L⁻¹ (setembro-período menos chuvoso), apresentando valores mais baixos durante o período chuvoso. Valores próximos também foram registrados no presente estudo.

Sousa *et al.* (2009) em estudo na Ilha de Canela (Bragança/PA), constatou que a concentração máxima de oxigênio dissolvido foi de 7,3 mg.L⁻¹, durante o período menos chuvoso. Leite *et al.* (2009), realizou estudo no furo Muriá, localizado no estuário do rio Curuçá/PA, observou que as concentrações de oxigênio dissolvido na água variaram de 4,35 mg.L⁻¹ (período chuvoso) a 7,19 mg.L⁻¹ (período menos chuvoso), sendo assim sua maior concentração também durante o período menos chuvoso. Características diferentes foram visualizadas no Caeté, pois as maiores concentrações de OD foram registradas no período chuvoso, diferenciando dos resultados encontrados no estuário do rio Curuçá.

Estudo realizado por Pereira *et al.* (2010), no estuário do rio Caeté, mostrou que o rio é fortemente afetada por atividades humanas de várias maneiras diferentes. A qualidade da água do estuário é afetada particularmente pelas zonas mais urbanizadas onde há uma maior concentração de esgoto doméstico, hospitalar e comercial.

Dados químicos, físicos e biológicos mostraram fortes variações sazonais, devido a definida estrutura sazonal climática. Durante o período chuvoso, máximas

correntes de maré foram observadas principalmente durante a maré baixa, devido a uma saída maior do estuário do rio Caeté. Durante o período menos chuvoso, as maiores intensidades de corrente de maré foram observadas durante a maré enchente, possivelmente como consequência de ventos fortes e devido à diminuição da descarga fluvial do Caeté.

Durante o período chuvoso, as concentrações do oxigênio dissolvido variou 4,10 mg.L⁻¹ a 8,40 mg.L⁻¹. Concentrações de clorofila-*a* variou de 5,06 mg.m⁻³ a 28,09 mg.m⁻³ com valores ligeiramente mais elevados durante o período chuvoso. Com relação à concentração de nutrientes dissolvidos, os valores máximos observados foram 0,36 para nitrito e 0,83 µM para fosfato (0,02 mg.L⁻¹ - nitrito e 0,08 mg.L⁻¹ - fosfato). No trabalho realizado na orla do rio Caeté observou-se que as concentrações de oxigênio dissolvido ficaram abaixo das registradas por Pereira *et al.* (2010). Já as concentrações de clorofila-*a* ficaram acima das observadas para o mesmo período. Com relação aos nutrientes os valores foram próximos aos encontrados para o período chuvoso.

Na época menos chuvosa, a contribuição da fraca chuva, a entrada de água doce continental, baixa insolação e as altas taxas de evaporação foram responsáveis por baixo concentrações de oxigênio dissolvido e de clorofila-*a*, tais parâmetros durante a estação menos chuvosa variaram de 3,0 mg.L⁻¹ a 7,50 mg L⁻¹ e 3,86 mg.m⁻³ a 19,52 mg.m⁻³, respectivamente. Valores de nitrito foram maior com o respectivo máximo valor de 5,07 µM (0,23 mg.L⁻¹). As concentrações de fosfato, que atingiu um valor máximo de 6,60 µM (0,63 mg.L⁻¹), não diferiram entre as estações. No período menos chuvoso as maiores concentrações de oxigênio dissolvido e clorofila-*a* foram bem maiores das observadas na orla. Nitrito e fosfato apresentaram concentrações dentro das registradas na orla do estuário.

Este padrão pôde ser observado também por Monteiro *et al.* (2011) realizou estudo no estuário do rio Caeté, dentro do Reserva Extrativista Caeté-Taperaçu. De acordo com o autor, a diminuição do escoamento da chuva deve induzir a uma menor entrada de nutrientes para o estuário do rio durante o período menos chuvoso e a diminuição da descarga de água deve induzir uma menor concentração dos compostos na coluna de água. A combinação de todos esses fatores resultou em uma concentração de nutrientes (1,3 uM para fosfato – 0,12 mg.L⁻¹; e 2,6 uM nitrito – 0,11 mg.L⁻¹). A

concentração de clorofila-*a* registrada foi elevada durante todo o período monitorado, com valores superiores a 7,9 mg.m⁻³ todos os tempo e com um valor máximo registrado de 15,5 mg.m⁻³ (período chuvoso). Todos os resultados encontrados por Monteiro *et al.* (2011) estão dentro dos encontrados na orla do estuário do rio Caeté.

8. CONCLUSÕES

- Os resultados indicam que a precipitação é o um fator responsável pelas oscilações dos parâmetros hidrológico, principalmente as variáveis como condutividade elétrica, pH, temperatura, cloreto, oxigênio dissolvido, nitrito, fosfato e silicato, que apresentaram maiores valores médios no período menos chuvoso. O clima e as condições hidrodinâmicas da região contribuem para reduzir o impacto da população sobre o meio ambiente estuarino, especialmente durante a estação chuvosa;
- A variação de maré é outro fator responsável pela oscilação de algumas variáveis, como condutividade elétrica, cloreto, nitrito e silicato que apresentaram maiores valores médios na preamar. Já variáveis como oxigênio dissolvido, cor, sólidos em suspensão e clorofila-*a* apresentaram maiores concentrações médias na baixa-mar;
- A Análise de Componentes Principais (ACP) evidenciou a ação da maré sobre o estuário do rio Caeté, relacionando os maiores valores médios da variável condutividade elétrica com um consequentemente aumento do cloreto (preamar), tal fato está relacionado a influência na água do mar.
- No geral observa-se nas regiões tropicais que os ambientes estuarinos apresentam maiores concentrações de clorofila-*a* tanto no período chuvoso como no menos chuvoso. O maior fator condicionante para que isso ocorra é a chuva, pois ela tanto pode contribuir com o enriquecimento de sais nutrientes, o que pode levar ao aumento da biomassa, como também aumentar a quantidade de material em suspensão, podendo afetar o desenvolvimento do fitoplâncton e diminuir as concentrações da biomassa (clorofila-*a*). Com isso pode-se concluir que na região estuarina da orla do rio Caeté a transparência da água não é um fator limitante para aumento de clorofila-*a* na baixa-mar.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA (Agência Nacional de Águas), 2008. (www.ana.gov.br). Acesso em: 10/10/2008.

APHA (American Public Helth Association). **Standard methods for the examination of water & wastewater**. ed. 21. Washington, 2005.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**. v. 42(1) 2012: 115 – 124.

BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Variabilidade Espaço-Temporal da Biomassa Fitoplanctônica e Hidrologia no Estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil). **Tropical Oceanography**. Recife, v. 33, n. 1, p. 1–18, 2005.

BERRÊDO, J. F.; COSTA, M. L.; PROGENE, M. P. S. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. **Acta amazônica**. vol. 38(3) 2008: 473 – 482.

BRIGANTE, J. *et al.* Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. (Ed.). **Limnologia Fluvial: Um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003. p. 55 -76.

CAMARGO, M.; ISAAC, V. J. Ictiofauna Estuarina. In: FERNADES, M. E. B. (ed), **Os Manguezais da Costa Brasileira**. São Luís-MA: Fundação Rio Bacanga, p.105-142, 2003.

CARMOUZE, J. P. 1994. **O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos: Fundamentos Teóricos, Métodos de Estudo e Análises Químicas**. Editora Edgard Blücher : FAPESP. 253 p.

CETESB (Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental). 2008. Série Relatórios – Apêndice A. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. 41 pp.

CETESB (Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental), 2010. Tipos de águas: Água doce, (www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_tipos.asp). Acesso em: 19/08/2010.

CHESTER, R. 1993. **Marine Geochemistry**. London: Unwin Hyman, 698 p.

COSTA, K. G.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 3, n. 2, p. 127-141, maio-ago. 2008.

CUNHA, H. B., PASCOALOTO, D. Hidroquímica dos rios da Amazônia. **Centro Cultural dos Povos da Amazônia – CCPA**. Manaus, 2006.

DELGADO-NORIEGA, C.; COSTA, K. M. P.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES MONTES, M. J. ; GREGO, C. K. S.; SOARES, G. S. S.; SILVA, H.P. Distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes em um estuário tropical (Barra das Jangadas-PE-Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 37, 2004.

ESTEVES, F. A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro, Brasil. 602 pp.

FARIAS, S. M. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. 2006. 152 f. Tese (Doutor em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2006.

FEITOSA, F. A. N.; BASTOS, R. B. Produtividade Fitoplanctônica e Hidrologia do Ecossistema Costeiro de Maracajaú – RN. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2007, 40(2): 26 – 36.

FERNANDES, L. D. F. Transporte de poluentes em estuários. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico. Trabalho final de curso da Licenciatura em Engenharia do Ambiente. Lisboa. 2001. 54p.

FIUZA, A. B. J. Q.; Le HUGEUR, L. G. O.; QUEIROZ, B. J.; Análise Ambiental do Estado de Conservação do Baixo Curso do Rio Pacoti – Ceará. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2010, 43(1): 18 – 29.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. Methods of seawater analysis. 2.Ed. Florida: **Verlage Chemie**. 417 p. 1983.

GUIMARÃES, D. O.; PEREIRA, L. C. C., MONTEIRO, M.; GORAYEB, A.; COSTA, R. M. Effects of urban development on the Cereja River and Caeté Estuary (Amazon Coast, Brazil). **Journal of Costal Research**, v. 56, n. 2, p. 1219-1223, 2009.

GORAYEB, A. **Análise Integrada da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté – Amazônia Oriental – Brasil**. 2008. 206 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

HERCOS, A. P. **Diversidade e Variabilidade Espaço-Temporal da Ictiofauna da Região Estuarina do rio Curuçá Município de Curuçá, Pará Brasil**. 2006. 123p. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará. Belém. 2006.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cidades @**. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: jul. 2010.

LARA, R. J. Amazonian mangroves, a multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: Introduction. **Wetlands Ecology Management**, v. 11, p. 217-221, 2003.

LEITE, N. R.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Distribuição temporal do mesozooplâncton no furo Muriá, Pará, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 4, n. 2, p. 149-164, maio-ago. 2009.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CEZAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. (1993) - **Estudos climatológicos do estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwhite, Mather)**. Belém, PA. SUDAM.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo. 2002.

MONTEIRO, M. C.; PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES D. O.; COSTA, R. M.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; VIEIRA, S. R.; JIMÉNEZ, J. A. Influence of natural and anthropogenic conditions on the water quality of the Caeté river estuary (North Brazil). **Journal of Coastal Research**, Special Issue 64, 2011.

MONTEIRO, M. C.; PEREIRA, L. C. C.; OLIVEIRA, S. M. O. Morphodynamic changes of a macrotidal sand beach in the Brazilian Amazon Coast (Ajuruteua-Pará). **Journal of Coastal Research**, v. 56, p. 103-107, 2009.

MOURA, E. M. **Mapeamento do halo de dispersão formado por efluentes industriais lançados na baía do Guajará no trecho compreendido entre o bairro de Val-de-Cães e o Distrito de Icoaraci**. 2007. f. Dissertação (Mestre em Geoquímica e Petrologia) - Programa de pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

NIENCHESKI, L. F. H. **Recursos vivos do mar e poluição**. R. CEJ, Brasília, n. 12, p. 58-62, set./dez. 2000.

NORIEGA, C. D.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F. A. N.; MONTES, M. J. F.; GREGO, C. K. S.; SOARES, G. S. S.; SILVA, H. P. Distribuição Espacial da Biomassa Fitoplancônica e sua Relação com os Sais Nutrientes, no Sistema Estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco – Brasil). **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2005, 38: 5 – 18.

PEIXOTO, J. 2008. Análises físico-químicas: cor, turbidez, pH, temperatura, alcalinidade e dureza. (www.biologica.eng.uminho.pt). Acesso em: 27/08/2012.

PEREIRA, L. C. C.; MENDES, C. M.; MONTEIRO, M. C.; ASP, N. E. Morphological and sedimentological changes in a macrotidal sand beach in the Amazon Littoral (Vila dos Pescadores, Pará, Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 56, p. 113 - 117, 2009.

PEREIRA, L. C. C.; MONTEIRO, M. C.; GUIMARÃES, D. O.; MATOS, J. B.; COSTA, R. M. Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. **An Acad Bras Cienc** (2010) 82 (2).

RODRIGUES, E. I.; CUTRIM, M. V. J. Relações entre as Variáveis Físicas, Químicas e Fitoplanctônicas de Três Áreas Estuarinas da Costa Norte Do Brasil - São José de Ribamar, Cedral e Cajapió, MA. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2010, 43(2): 45 – 54.

RODRÍGUEZ, G. E. Estrategias de adaptación territorial y cultural a la ecología de estuario de Choroy-Traiguén, provincia de Osorno, Chile. **Gazeta de Antropologia**, n. 25, 2009.

SANTOS, I. R.; COSTA, R. C.; FREITAS, U.; FILLMANN, G. Influence of Effluents from a Wastewater Treatment Plant on Nutrient Distribution in a Coastal Creek from Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 153-162, 2008.

SANTOS, T. G.; GUSMÃO, L. M. O.; NEUMANN-LEITÃO, S.; CUNHA, A. G. Zooplâncton como Indicador Biológico da Qualidade Ambiental nos Estuários dos Rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá – PE. **Rev. Bras. Eng. Pesca** 4(1), jan. 2009.

SILVA, D. F. **Utilização de indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água da Baía do Guajará e do rio Guamá (Belém-Pará)**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

SILVA, M. H.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. O.; GREGO, C. K. S.; MUNIZ, K. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no Estuário Tropical do rio Formoso, PE, Brasil. **Acta bot. bras.** 23(2): 355-368. 2009.

SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). **Acta bot. bras.** 23(4): 1084-1095. 2009.

SOUZA FILHO, P. W. M. Holocene coastal evolution and facies model of the Bragança macrotidal flat on the Amazon Mangrove Coast, Northern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 39, in press, 2004.

STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. R. H. A manual of sea water analysis. **Ottawa: Published Fisheries Research Board**, 184 p., 1972.

TEIXEIRA, C. A. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. **Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo**, v. 22, p. 59-92, 1973.

VASCO, A. N.; MELLO JÚNIOR, A. V.; SANTOS, A. C. A. S.; RIBEIRO, D. O.; TAVARES, E. D.; NOGUEIRA, L. C. Qualidade da água que entra no estuário do rio Vaza Barris pelo principal fluxo de contribuição de água doce. **Scientia Plena** 6, 102401 (2010).

WOLFF, M.; KOCH, V.; ISAAC, V. A trophic flow model of the Caeté Mangrove Estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 50, p. 789–803, 2000.