



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

EXTENSÃO DA INTRUSÃO SALINA NO ESTUÁRIO MOCAJUBA E SUA INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS E QUALIDADE DA ÁGUA.

Apresentado por:

Jacqueline Ellen Pinheiro Gomes

Orientador: Iranilson Oliveira Silva

Co-orientador: Marcelo Rollnic

BELÉM - PARÁ

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**EXTENSÃO DA INTRUSÃO SALINA NO ESTUÁRIO MOCAJUBA E
SUA INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS E
QUALIDADE DA ÁGUA.**

Apresentado por:

Jacqueline Ellen Pinheiro Gomes

Orientador: Iranilson Oliveira Silva

Co-orientador: Marcelo Rollnic

BELÉM –PARÁ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G633e Gomes, Jacqueline Ellen Pinheiro.

Extensão da intrusão salina no estuário Mocajuba e sua influência nos parâmetros físico-químicos e qualidade da água / Jacqueline Ellen Pinheiro Gomes. — 2018. xii,70 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Iranilson Oliveira Silva

Coorientador(a): Prof. Dr. Marcelo Rollnic

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

1. Oceanografia física. 2. Físicoquímica. 3. Salinidade. 4. Estuário amazônico. 5. Hidrodinâmica.
I.Título.

CDD 551.460



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA


**EXTENSÃO DA INTRUSÃO SALINA NO ESTUÁRIO
MOCAJUBA E SUA INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS
FÍSICO QUÍMICOS E QUALIDADE DA ÁGUA.**


TRABALHO APRESENTADO POR
JACQUELINE ELLEN PINHEIRO GOMES

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia

Data de Aprovação: 20/12/2018

Banca Examinadora:


Dr. Iranilson Oliveira Silva – Orientador
(UFPA)


Prof^a. Dr^a. Sury de Moura Monteiro – Membro
(UFPA)


Msc. Rafael Fernando Oliveira Aquino – Membro
(UFPA)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado o dom da vida e por sempre estar comigo me guiando e abençoando nesta jornada.

Aos meus pais João Carlos e Maria Soledade que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões, me deixando livre para escolher meu próprio caminho profissional, por todas as conversas e desabafos, por todo o suporte durante esses anos de Ufpa. É graças á vocês que me tornei a pessoa que sou hoje e por isso lhes devo tudo!

Ao meu irmão João Gustavo por toda a sua contribuição e ao apoio dos demais familiares que me acompanham desde sempre. Ao meu namorado Diego por ser gentil, amoroso e paciente comigo durante esses últimos meses de escrita. Obrigada sempre estar ao meu lado e me dar apoio mesmo quando não concorda comigo. Te amo!

Ao meu orientador Iranilson Silva por toda sua ajuda, paciência e orientações durante todas as etapas deste trabalho, principalmente durante esses últimos meses. Agradeço a você por todas as horas dedicadas à confecção deste trabalho, e por todo esforço durante o campo. Obrigada!

Ao co-orientador e coordenador do LAPMAR Marcelo Rollnic por ter me dado à oportunidade de entrar para o LOF em 2015, e conhecer a oceanografia física de perto. Graças a isso, pude fazer parte de uma equipe e conhecer todo esforço por traz de um bom trabalho oceanográfico.

Ao LAPMAR por todo o subsidio durante o campo, equipamentos e estrutura para a realização deste trabalho.

Agradeço também aos irmão Juninho e Mayco, e ao barqueiro Diego, que me auxiliaram durante o trabalho de campo, que também acordaram cedo e fizeram o máximo possível para que tudo ocorresse bem.

Ao Artur Willen, meu amigo e companheiro de laboratório. Obrigada pela companhia, pelas conversar, desabafos, idas ao café, e viagens à Algodoal e por ser um ótimo ouvinte sempre que eu preciso. Estaremos juntos sempre, ao infinito e além!

À professora Sury Monteiro, que sempre foi um exemplo de mulher oceanógrafa! Obrigada por ter me dado o tutorial de 5 minutos para o uso da HORIBA, e saiba que sem

isso teria perdido muito tempo nas amostragens. Agradeço também pela sua atenção e paciência, e por toda sua dedicação como professora da FAOC. E apesar de não ter me orientado neste trabalho, suas aulas de metodologia da pesquisa foram essenciais e fizeram a diferença neste trabalho.

Aos amigos do Lapmar, especialmente ao Fabrício e ao Herbert que me socorreram e sanaram minhas várias dúvidas sobre o SURFER. Aos amigos do GEOFMAR, em especial ao Rafael Aquino que me auxiliou durante o trabalho de campo em Mocajuba e ao Mauricio, que também me ajudou e tirou minhas dúvidas sobre o processamento de dados. Obrigada!

Á todos os amigos que a oceanografia me deu, desde 2014, obrigada por todos os momentos que passamos juntos. Gostaria de agradecer especialmente ao *Gabriet al.ves*, Patrícia, Gabriel Souza e Yago pela parceria em todos os trabalhos, relatórios, seminários e atividades, e campos. Pela união da turma que tivemos durante todos esses anos. Aos amigos Felipe, Lucas, Mattheus, Cássia, João Pedro, Ivson e Alan, por proporcionarem momentos inesquecíveis. Obrigada por todas as viagens de campo, de congresso e também por todos os vadiões e demais festas. Vocês, amigos, são a segunda família que fiz e levarei todos em meu coração.

Por fim, agradeço a mim mesma por ter escolhido a Oceanografia em meio a tantos outros cursos. Hoje tenho a certeza que fiz a escolha certa!

RESUMO

O estuário Mocajuba localiza-se ao norte do Brasil, na região do salgado paraense e desagua diretamente no oceano atlântico sendo influenciado pelas águas fluviais e marinhas. O objetivo deste estudo é analisar a extensão da intrusão salina no estuário Mocajuba e sua influência nos parâmetros físico químicos e qualidade da água. Para isso foram feitas duas campanhas, uma no período seco e outra no período chuvoso da região, em condições de maré de sizígia. As propriedades físico-químicas foram medidas *in situ* nas estações ao longo de um perfil longitudinal a cada 1 km, totalizando 35 quilômetros amostrados, para isto, foram utilizados um medidor multiparâmetro e um mini CTD ao longo da coluna d'água. Na seção transversal as medições dos parâmetros físico químicos foram realizadas simultaneamente com o registro das direções e velocidades das correntes com o auxílio de um ADCP, durante um ciclo de maré (13 horas). Observou-se a presença de um gradiente longitudinal de salinidade resultante da mistura entre água do mar e águas continentais. Durante o período seco a extensão da intrusão salina é observada em todo o trecho analisado, e durante o período chuvoso a salinidade é diluída pela ação das chuvas e vazão fluvial, observam-se concentrações de salinidade nulas próximas ao trecho 35 do estuário. Verticalmente não foram observadas grandes variações de salinidade permitindo classificar o estuário como verticalmente homogêneo. Em ambos os períodos sazonais foi observado um gradiente longitudinal decrescente, da foz à montante, das concentrações de condutividade, potencial hidrogênionico, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos no estuário Mocajuba. As médias de condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos e temperaturas foram mais elevadas no período seco, e no período chuvoso foram observadas maiores médias de turbidez, pH e oxigênio dissolvido. Os parâmetros físico químicos variaram em função da sazonalidade e ciclo de maré e observou-se o domínio da vazante perante a enchente. Durante o período de enchente a direção das correntes é da foz à montante e a direção é invertida durante a vazante. A análise dos parâmetros físico químicos permitiu concluir que as águas do estuário não são adequadas para o consumo humano devido as concentrações de salinidade apresentar-se elevadas mesmo no período chuvoso, porém, estão adequadas para atividades recreativas, pesca e outros usos. Os limites de concentração de cada parâmetro com exceção do oxigênio dissolvido, estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução, sendo assim, o estuário apresenta-se livre de fontes contaminantes.

Palavras-chave: Salinidade. Hidrodinâmica. Estuário Amazônico.

ABSTRACT

The estuary of the Mocajuba river is located to the north of Brazil, in the salty region of Pará and empty directly into the Atlantic Ocean being influenced by the fluvial and marine waters. The objective of this study is to analyze the extent of saline intrusion in the estuary of the Mocajuba River and its influence on physical parameters and water quality. For this, two campaigns were carried out, one in the dry period and in the rainy season of the region, under tidal conditions of spring tide. The physico-chemical properties were measured in situ in the stations along a longitudinal profile every 1 km, totaling 35 km sampled, for which a multi-parameter meter and a mini CTD were used along the water column. In the cross section the measurements of the chemical physical parameters were carried out simultaneously with the recording of the directions and velocities of the currents with the aid of an ADCP during a tide cycle (13 hours). It was observed the presence of a longitudinal salinity gradient resulting from the mixture between sea water and continental waters. During the dry period the extent of saline intrusion is observed throughout the analyzed section, and during the rainy season salinity is diluted by the action of rainfall and fluvial flow, null salinity concentrations close to the 35th stretch of the estuary are observed. Vertically no large variations of salinity were observed allowing to classify the estuary as vertically homogenous. In both seasonal periods a decreasing longitudinal gradient of conductivity, hydrogenation potential, dissolved oxygen and total dissolved solids concentrations was observed in the Mocajuba estuary. The mean conductivity, salinity, total dissolved solids and temperatures were higher in the dry period, and in the rainy season, higher averages of turbidity, pH and dissolved oxygen were observed. The chemical physical parameters varied according to the seasonality and tidal cycle, and the flood effluent domain was observed. During the flood period the direction of the currents is from the upstream mouth and the direction is reversed during the ebb. The analysis of the physical and chemical parameters allowed us to conclude that estuarine waters are not suitable for human consumption because salinity levels are high even in the rainy season, but are suitable for recreational activities, fishing and other uses. The concentration limits of each parameter with the exception of dissolved oxygen are within the limits established by the resolution, thus, the estuary is free of contaminant

Keys words: Salinity. Hydrodynamic. Amazonic Estuary.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa da localização da área de estudo. A) Brasil – América do Sul, (B) Estado do Pará, C) Região do Nordeste Paraense D) Estuário Mocajuba e pontos de coleta. .	18
Figura 2 - Mapa com a localização dos pontos do perfil longitudinal (preto), das seções transversais em (vermelho).	23
Figura 3 – Perfis de salinidade longitudinal no período seco e chuvoso.	25
Figura 4 - Variação longitudinal salina do estuário Mocajuba durante o período seco, na superfície e no fundo.	26
Figura 5 - Variação longitudinal do estuário Mocajuba durante o período chuvoso	27
Figura 6 - Variação longitudinal de temperatura do estuário Mocajuba durante o período seco.	28
Figura 7 - Variação longitudinal de Temperatura do estuário Mocajuba durante o período chuvoso.	29
Figura 8 – Gráfico da variação longitudinal da condutividade no estuário Mocajuba.	30
Figura 9 – Gráfico da variação longitudinal do potencial Hidrogeniônico no estuário Mocajuba.	30
Figura 10 - Gráfico da variação longitudinal do oxigênio dissolvido para o período seco e chuvoso.	31
Figura 11 - Gráfico da variação longitudinal do grau oxigênio dissolvido no estuário Mocajuba.	32
Figura 12 - Gráfico da variação longitudinal do STD durante os períodos sazonais.	33
Figura 13 - Variação longitudinal da turbidez do estuário Mocajuba no período seco.	34
Figura 14 - Variação longitudinal da Turbidez no estuário Mocajuba durante o período chuvoso.	34
Figura 15 - Curva do ciclo de maré (azul) com destaque para as respectivas horas das medições da Horiba (vermelho) durante o período seco.	35
Figura 16 - Curva do ciclo de maré (azul) com destaque para as respectivas horas das medições da Horiba (vermelho) durante o período chuvoso.	35
Figura 17 – Gráfico de vazão medido no período seco (vermelho) e período chuvoso (em azul).	39
Figura 18 - Gráfico de Vazão x Velocidade das correntes durante o período seco.	40
Figura 19 - Gráfico de Vazão x Velocidade das correntes durante o período chuvoso.	40

Figura 20 – Diagrama horaria das direções e velocidades das correntes medidas no período seco no estuário Mocajuba.....	41
Figura 21 – Diagrama horaria das direções e velocidades das correntes medidas no período chuvoso no estuário Mocajuba.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de acordo com o sistema de Veneza.	11
Tabela 2 - Tabela de acordo com Resolução N° 20 (CONAMA).	11
Tabela 3 - Coordenadas dos pontos de coleta do perfil longitudinal do estuário Mocajuba.	20
Tabela 4 - Localização dos pontos na margem esquerda e direito do transecto feito com o ADCP.	22
Tabela 5 - Valores mínimos, médios e máximos das propriedades físico-químicas registradas com a Horiba durante um ciclo de maré no estuário Mocajuba durante o período seco.	37
Tabela 6 - Valores mínimos, médios e máximos das propriedades físico-químicas registradas com a Horiba durante um ciclo de maré no estuário Mocajuba durante o período chuvoso.	38
Tabela 7 - Fluxo e transporte de volume medidos durante o período seco e chuvoso no estuário Mocajuba.	39

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 GERAL:	4
2.1 ESPECÍFICOS:.....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:	5
3.1 ESTUÁRIOS:	5
3.1.1 Definição de estuário	5
3.1.2 Classificação de estuário	6
3.1.3 Baseada no balanço de água:	6
3.1.4 De acordo com a gênese e formação da bacia:	7
3.1.5 De acordo com circulação estuarina e estrutura vertical de salinidade:	8
3.2 SALINIDADE:	10
3.3 MARÉ.....	11
3.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA	12
3.4.1 Temperatura	13
3.4.2 Potencial Hidrogeniônico(pH)	13
3.4.3 Condutividade elétrica	13
3.4.4 Turbidez (NTU)	14
3.4.5 Oxigênio dissolvido (OD)	14
3.4.6 Sólidos totais dissolvidos (STD)	14
3.5 QUALIDADE DA ÁGUA.....	15
4 ÁREA DE ESTUDO:	16
4.1 REGIÃO DO NORDESTE PARAENSE / SALGADO PARAENSE	16
4.2 ESTUÁRIO MOCAJUBA.....	17
4.3 PRINCIPAIS ATIVIDADES NO ESTUÁRIO MOCAJUBA.....	19
5 MATERIAIS E MÉTODOS	20
5.1 COLETA DE DADOS.....	20

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1	RESULTADOS	24
6.1.1	Varição Longitudinal da Salinidade (Sensor de Condutividade – CTD)	24
6.1.2	Varição longitudinal dos parâmetros físico químicos da água (Sensor multiparâmetros HORIBA)	26
6.1.3	Varição dos parâmetros físico químicos em um ciclo de maré.	35
6.1.4	Hidrodinâmica: vazão e correntes	38
6.2	DISCUSSÃO	43
7	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS:	52

1. INTRODUÇÃO

Conceitualmente os estuários são definidos como corpos de água costeiros semifechados com uma livre conexão com o mar aberto dentro do qual ocorre a diluição mensurável da água marinha pela água doce proveniente da drenagem continental (Castro 2002, Kjerfve 2002, Miranda 2002). Para Dyer (1997), o estuário é a região costeira que se estende pelo rio até o limite da influência da maré, são feições costeiras bastante dinâmicas no tempo e no espaço, com origem associada à elevação do nível do mar e inundação de vales na zona costeira.

Devido a uma série de características hidrodinâmicas, as águas estuarinas possuem uma capacidade de renovação cíclica e são biologicamente mais produtivas que as dos oceanos ou rios (Barreto 2011). Segundo Medeiros (2014), estuários são caracterizados como ambientes de transição localizados na interface continente-oceano, e biologicamente mais produtivos do que os rios e o oceano adjacente, por apresentarem altas concentrações de nutrientes que estimulam a produção primária, por isso, são ambientes de grande importância ecológica, por serem locais de desova, crescimento e alimentação de várias espécies marinhas. Tais fatores refletem a necessidade de estudos relacionados a fatores bióticos e abióticos nesses ambientes para compreensão da dinâmica e identificação de possíveis riscos relacionados à qualidade da água. (Lima *et al.* 2014)

Uma das principais características dos ambientes estuarinos é a presença de um gradiente longitudinal de salinidade que resulta da mistura entre água do mar e águas continentais (Melo 2017). Segundo Prandle (2009), a variação da salinidade longitudinal e a distância da intrusão salina são controladas por mecanismos naturais, como o alcance das marés, fluxo de rio, características geomorfológicas do estuário, mudança do nível do mar, entre outros, bem como interferências da atividade humana, como mudanças na bacia de drenagem, canais de drenagem, ingestão de água para o abastecimento urbano de água, uso do solo e outros. E de acordo com Vilas Boas (1990), as variáveis que compõem o ambiente costeiro, sofrem variações gradativas desde o mar até a região do estuário superior.

A dinâmica hidrológica do estuário Amazônico é determinada pela interface rio-oceano onde as macromarés influenciam a salinidade, ocasionando uma estratificação leve durante as marés de quadratura e estratificação forte durante as marés de sizígia, e pela sazonalidade,

onde as descargas máximas dos rios ocorrem na estação chuvosa de janeiro a julho, e as mínimas na estação seca de agosto a dezembro. (Lima 2015).

Dentro deste contexto encontra-se o estuário Mocajuba que está localizado no norte do Brasil, no município de São Caetano de Odivelas. O município integra a Mesorregião do Nordeste Paraense, Microrregião do Salgado (IBGE 2010). O rio Mocajuba, formado pelo igarapé Pimenta e por outros tributários sem grande expressão, serve de limite natural, a oeste, entre os municípios de Curuçá e São Caetano de Odivelas (Lopes *et al.* 2008).

Sabe-se que a maior parte das cidades desenvolvidas do mundo está em torno de estuários, isso se deve a facilidade de instalação de portos que conduzam o acesso para o interior do continente, aproximadamente 15% das regiões costeiras do planeta estão localizadas em ambientes estuarinos (Rocha 2015). Por esse motivo e devido à proximidade a esses municípios, além de outros municípios menores que ocupam as margens e regiões próximas, o rio Mocajuba é essencial para a região, pois é utilizado como rota de navegação, fonte de pesca e renda, para grande parte da população.

A intrusão salina no estuário Mocajuba é preocupante devido à vulnerabilidade das comunidades ribeirinhas aos seus efeitos, pois o consumo de água na região expõe as comunidades a possíveis riscos causados em consequência de alterações na qualidade da água. (Lopes *et al.* 2008). A intrusão salina é uma condição ambiental grave, pois 80% da população mundial vivem em zonas costeiras e usam aquíferos locais para o seu abastecimento de água (Toste *et al.* 2017), e os ajustes à intrusão podem ter implicações importantes para fatores como a qualidade da água, sedimentação e dispersão de poluentes (Prandle 2009).

Segundo Arruda *et al.* (2015) a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. A qualidade total da água pode atingir elevados graus de complexidade, uma vez que a qualidade das águas depende das características dos ambientes naturais, como ciclos de maré e a sazonalidade, e ações antrópicas. Além disso, a composição das águas superficiais sofre grande influência das chuvas, pois estas podem dissolver e arrastar em suspensão materiais existentes na superfície dos solos.

O estudo dos parâmetros físico-químicos tais como: Potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais em suspensão (STD), turbidez da água, e salinidade é necessário para investigar a qualidade da água. A análise desses parâmetros permite verificar se a água está adequada para diversos usos, principalmente para pesca e consumo das comunidades próximas.

Diante deste cenário, o objetivo desse estudo é analisar a extensão da intrusão salina no estuário Mocajuba e sua influência nos parâmetros físico químicos e qualidade da água, fazendo-se um perfil longitudinal até o limite navegável durante a enchente em maré de sizígia nos períodos seco e chuvoso da região amazônica.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL:

O presente trabalho tem como objetivo geral determinar a extensão da intrusão salina e investigar sua influência nos parâmetros físico químicos e qualidade da água no estuário Mocajuba ao longo de um ciclo semi-diurno de maré nos períodos seco e chuvoso da região amazônica.

2.1. ESPECÍFICOS:

- I. Analisar a oscilação sazonal da intrusão salina em maré de sizígia.
- II. Determinar a variação sazonal dos parâmetros físico-químicos da água ao longo do perfil longitudinal e para um ciclo semi-diurno de maré;
- III. Obter a variação do fluxo resultante em uma seção transversal, para um ciclo semi-diurno de maré, durante o período seco e chuvoso;
- IV. Classificar o estuário Mocajuba de acordo com a circulação estuarina e estrutura vertical de salinidade.
- V. Determinar a qualidade das águas do estuário Mocajuba de acordo com a resolução n° 357 da CONAMA.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

3.1. ESTUÁRIOS:

3.1.1 Definição de estuário

A palavra estuário deriva do adjetivo latino *aestuarium*, cujo significado é maré ou onda abrupta, fazendo referência a um ambiente altamente dinâmico, com mudanças constantes em respostas a forçantes naturais. Esse termo é usado para indicar o encontro do rio com o mar, desaguando em uma foz litorânea. Trata-se portando de um ecossistema de transição entre continente e oceano.

São comuns a estuários a descarga de água doce na parte interna e a entrada do mar pelo rio, além de transportes associados a sedimento em suspensão e nutrientes orgânicos e inorgânicos.

Um estuário pode ser definido de diversas formas de acordo com a linha de pesquisa do pesquisador e aspectos geológicos, físicos, químicos e biológicos dos estuários. E com o passar do tempo alguns autores deram suas definições e considerações para a definição de estuários.

Segundo Pritchard (1967) estuário é um corpo de água costeira semi-fechada que têm uma conexão livre com o mar aberto sendo, portanto, fortemente influenciado pela ação das marés. Neles a água marinha é diluída pela água doce continental, formando um ambiente salobro, podendo ser local de abrigo, alimentação e reprodução de muitas espécies, os estuários são considerados verdadeiros criadouros naturais, biologicamente mais produtivos que o rio e o oceano adjacentes.

Outra definição de Pickard & Emery (1982) diz que estuários são ambientes costeiros de caráter transitório, onde um rio se junta ao mar, que estão sujeitas a intensa ação de forçantes físicas, dentre as quais destacam-se a entrada de água doce e as oscilações de maré.

Kjerve (1987) apresenta outra definição, onde o estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente. Tal conexão permanece aberta pelo menos intermitente. Esse ambiente é dividido em: Zona de maré de rio (ZR) – parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita a influência da maré; Zona de mistura (ZM) – região onde ocorre a mistura de água doce da drenagem continental com a do mar; Zona Costeira (ZC) – região costeira adjacente que se estende até a *frente* da pluma estuarina que delimita a camada limite costeira (CLC).

Já de acordo com Dyer (1997) em uma definição mais recente define estuário como um corpo d'água semi-confinado na costa, que tem ligação livre com o mar, estendendo-se ao longo do rio até o limite da influência da maré, dentro do qual a água do mar entra em contato com água doce proveniente da drenagem do interior das terras.

Estuário é, portanto, uma região de interface entre um rio e o oceano, na qual há interação entre esses dois ambientes distintos, onde ocorre a diluição da água do mar pela água doce da drenagem continental.

3.1.2 Classificação de estuários:

Os estuários podem ser classificados de acordo com vários critérios tais como balanço de água, formação geológica da bacia, e o tipo de circulação e salinidade que caracteriza o ambiente estuarino.

3.1.3 Baseada no balanço de água:

Os estuários podem ser definidos de acordo com o balanço de água em positivo, negativo e de baixo influxo. Os estuários positivos são aqueles em que a taxa de precipitação é maior do que a taxa de evaporação, ou seja, a água proveniente da descarga fluvial, chuva e degelo é maior que a perda de água por evaporação ou congelamento, e formam um gradiente longitudinal de densidade. Nestes estuários a água menos densa (proveniente da drenagem continental) fluem em direção ao oceano em superfície, e águas mais densas (provenientes da água marinha) adentram o estuário em regiões mais profundas. Esse tipo de movimento é conhecido como circulação gravitacional.

Os estuários negativos, também chamados de inversos, são encontrados em regiões onde a taxa de evaporação excede a taxa de precipitação. Isso ocasiona o tipo de circulação contrária a do estuário positivo, com águas mais densas entrando no estuário em superfície e águas menos densas fluindo em direção ao oceano em profundidade. Este tipo de estuário também é conhecido como estuários hipersalinos.

Já os estuários de baixo influxo são considerados uma combinação dos dois tipos de estuários, positivo e negativo, pois apresentam os dois tipos de circulação dentro de um mesmo estuário. Isso se deve a diferenças sazonais, e elevada precipitação local ocasionando em zonas hipersalinas, criando uma região de máxima salinidade dentro de um estuário. Essa zona hipersalina funciona como uma barreira impedindo a circulação do tipo gravitacional da porção do estuário positivo rio acima à continuar fluindo em direção ao oceano, e a circulação do tipo gravitacional inversa também fica aprisionada nessa região retornando para o oceano.

3.1.4 De acordo com a gênese e formação da bacia:

Os estuários podem ser classificados de acordo com a gênese e formação da bacia em quatro tipos: Estuários de planície costeira, Fjords, formados por barreira e formados por processos tectônicos. (Frazão 2003, Miranda *et al.* 2002, Pritchard 1967, Silva 2000, Zacarias 2007).

Planície Costeira

São típicos de regiões de planície costeira e relativamente rasos, com máximo de 30m de profundidade, com a base suavemente inclinada. Sua profundidade aumenta mais ou menos uniformemente em direção da abertura. Este tipo de estuário também pode ser chamado de estuário de Costa Plana. É comum o canal central apresentar-se de forma sinuosa, além disso, a área da seção transversal em geral aumenta estuário abaixo, às vezes de forma exponencial, e a configuração geométrica da seção transversal tem a forma de V. A razão largura/profundidade em geral é grande e a razão de fluxo depende intensamente da descarga fluvial e da altura da maré.

Estuários Fjord

São sistemas profundos e apresentam a razão largura/profundidade relativamente pequena, quando comparada aquela dos estuários de planície costeira, além disso, têm seção transversal retangular, apresentando forma de leito em U. São estuários formados pela movimentação glacial continental para baixo de vales preexistentes. No seu movimento as geleiras aumentam irregularmente a profundidade dos vales, sendo que, suas profundidades podem exceder 800 metros.

Estuários Formados por Barreiras

São estuários associados a regiões costeiras que podem sofrer processos erosivos com facilidade, produzindo grandes quantidades de sedimento que são retrabalhados pelas ondas e transportados por correntes litorâneas. Foram formados pela inundação de vales de rios primitivos durante a transgressão marinha no Holoceno, mas a sedimentação recente ocasionou a formação de barras na foz. Em geral, são rasos com profundidade máxima de 20-30m podendo apresentar canais e lagunas extensas no seu interior. O rio ou sistema de rios podem transportar grande concentração de sedimentos em suspensão, ocasionando alterações sazonais na geometria da barra. . As barreiras devem ser quebradas por uma ou mais enseadas para fornecer uma “conexão livre” com o mar aberto.

Estuários Produzidos por Processos Tectônicos

São formados a partir de falhamentos, dobramentos, ou outros movimentos diastróficos. A menor porção da Baía de São Francisco, é um exemplo de estuário produzido por processos tectônicos.

3.1.5 De acordo com circulação estuarina e estrutura vertical de salinidade:

De acordo com o balanço de salinidade os estuários podem ser classificados de acordo com a sua estratificação vertical de salinidade podendo ser classificado como cunha salina, altamente estratificado, parcialmente estratificado, verticalmente homogêneos e bem misturados. (Miranda *et al.*2002)

Estuários em Cunha Salina:

Nesse tipo de estuário existe uma corrente de água salgada junto ao fundo e uma corrente de água doce à superfície, existindo uma forte e marcante estratificação, ou seja, não há mistura entre as duas massas de água. Esse tipo de configuração se deve ao fato da descarga de água doce fluvial do rio ser mais dominante (mais forte) quando comparado com as correntes de marés do oceano que são mais brandas (mais fracas), sendo assim, as águas oceânicas não podem competir com a forte descarga fluvial em superfícies e essas ficam restritas a entrar estuário acima em profundidade.

Estuários Altamente Estratificados

Em estuários desse tipo observa-se a descarga fluvial de forte à moderada intensidade e as correntes de maré com uma intensidade de fraca à moderada. Deste modo, existe uma corrente de água salgada junto ao fundo, e uma corrente de água doce à superfície e entre estas uma camada de água com características intermediárias separadas por haloclinas marcadas.

Estuários Parcialmente Estratificados

Com relação à classificação anterior, esse tipo de estuário apresenta intensidade da descarga fluvial de moderada à fraca e correntes de maré variando de moderada à alta. Neste tipo de estuário o gradiente salino vertical apresenta valores de poucas unidades, variado muito pouco entre superfície e fundo.

Estuários Verticalmente Homogêneos

Neste tipo de estuário a salinidade decresce de jusante (estuário inferior) para montante (estuário superior) sem existir um gradiente vertical de estratificação das águas, esta inexistência de um gradiente vertical salino é devida à mistura que ocorre nos estuários pouco profundos sob a influência de fortes correntes provocadas pela maré.

Estuários Bem Misturados

Neste tipo de estuário o perfil vertical de salinidade é homogêneo, ou seja, a salinidade das águas superficiais é igual à salinidade das águas do fundo, devido a dominância das correntes de maré que neste tipo de estuário são muito intensas resultando em uma forte mistura.

3.2. SALINIDADE:

A salinidade é definida de acordo com a medida da quantidade de sais dissolvidos em uma unidade de massa de água. A presença de sais dissolvidos na água, como Na⁺ e Cl⁻, afeta as propriedades físicas químicas da água, o ponto de congelamento, a capacidade de difundir corrente elétrica (condutividade elétrica), dentre outras propriedades (Bianchi 2007). Além disso, a salinidade interfere na densidade da água, e esta aumenta com a elevação da concentração de sais. Devido a essa relação, a salinidade influencia na estratificação de corpos de água costeiros e afeta a mobilidade de íons em diferentes gradientes (Esteves 1998, Bianchi 2007).

A medida da quantidade total de sais dissolvidos em um determinado volume de água do mar foi definida como salinidade. Para determinar a salinidade, foram encontrados muitos métodos, como: o Método gravimétrico, no qual a salinidade era definida através da quantidade (em gramas) de todas as substâncias dissolvidas após a evaporação de 1 quilograma de água do mar; Método de titulação de Knudsen ou a quantidade (em 9 gramas) de toda a matéria sólida precipitada através de uma titulação com nitrato de prata (Möller-Junior & Assef 2015). Neste trabalho, a unidade adotada para a salinidade é obtida pelo método indutivo e é apresentada em PSU (*practical salinity scale*) que relaciona a condutividade elétrica com a salinidade.

A salinidade é controlada pelos índices de evaporação e pluviométrico, e é um fator fundamental no metabolismo, distribuição e age como fator limitante na ocorrência da fauna e flora no estuário (Guimarães 2015). Segundo Feitosa *et al.* (1999), a salinidade é importante pois determina as zonas de desenvolvimento e colonização dos organismos nos estuários. Seu comportamento oscila em função da maré e da vazão dos rios, e os organismos que habitam essas áreas precisam estar adaptados as constantes mudanças salinas. A salinidade além de delimitar os limites do estuário pode também servir de barreira ecológica para as espécies

conhecidas como estenohalinas (que não suportam grandes variações de salinidade), influenciando assim na distribuição de organismos.

De acordo com o Sistema de Veneza, criado em 1958 durante o Simpósio Internacional de águas salobras, as águas são classificadas de acordo com a salinidade em: água doce; oligotróficas; mesohalina; polihalina; euhalina; e hiperhalina como mostra a tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação de acordo com o sistema de Veneza.

Zona	Salinidade (‰)
Hiperhalina	>40
Euhalina	30 a 40
Polihalina	18 a 30
Mesohalina	5 a 18
Oligohalina	0,5 a 5
Água doce	0 a 0,5

Fonte: ESTEVES, 1998

De acordo com a Resolução nº20 (Conama 1986) a salinidade dos corpos aquáticos é classificada de acordo com o teor de sal presentes na amostra de água. Essa classificação é citada na Tabela 2, de acordo com a resolução ambiental.

Tabela 2 - Tabela de acordo com Resolução N° 20 (CONAMA).

Águas doces: salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ (partes por mil).
Águas salobras: salinidade igual ou inferior a 0,5 e 30 ‰.
Águas salinas: salinidade igual ou superior a 30 ‰

FONTE: Conama, 1986.

3.3. MARE

Segundo Calazans (2011) maré é o movimento oscilatório periódico das águas do mar, pelo qual elas se elevam ou se abaixam em relação a uma referência fixa no solo, sendo produzida pela atração conjunta de corpos celestes que criam uma massa líquida no sentido vertical. De acordo com Franco (1997), essa variação do nível do mar também pode ser afetada pelas condições meteorológicas e climáticas de um ambiente.

Essa variação do nível do mar ocorre em decorrência da influência gravitacional que corpos celestes causam uns aos outros, sendo essa influência explicada pela Lei da Gravitação Universal. No nosso planeta, os principais corpos celestes que influenciam as águas oceânicas são a lua e o sol (Camargo & Harari 2015).

Existem três tipos de marés: diurnas, semi-diurnas e mistas (Franco 1997). Marés diurnas são aquelas onde há apenas uma preamar (PM) e uma baixa-mar (BM) durante um período lunar, onde não existem diferenças, significativas, dos níveis de maré sucessíveis; marés semi-diurnas apresentam dois ciclos de preamar e dois de baixa-mar com o mesmo nível aproximadamente, ao longo de um dia lunar; a maré mista, também, apresenta duas preamares e duas baixa-mares ao longo de um ciclo lunar, mas com desigualdades significativas de uma preamar, ou de uma baixa-mar para outra. (Garrison 2010).

Quanto à força de atração dos astros, as marés podem ser classificadas como sizígia ou quadratura. As marés de sizígia acontecem duas vezes a cada luação (em um intervalo de duas semanas), ocorre devido o alinhamento entre o Sol e a Lua nos dias de Lua Nova e de Lua Cheia, ocasionando, respectivamente, preamares e baixa-mares. No entanto, quando há oposição das forças do Sol, Terra e Lua (formando um ângulo reto) as preamares são mais baixas e as baixa mares são mais altas, denominando-as de marés de quadratura, ocorrendo durante a Lua Minguante e Crescente (Franco 1997; Garrison 2010). Segundo Garrison (2010), quanto a amplitude, as marés são classificadas em: micromarés (amplitudes < 2 m), mesomarés (amplitudes entre 2 a 4 m) e macromarés (amplitudes > a 6 m).

A maré na região amazônica é predominantemente semidiurna, tendo como principais componentes espectrais, a semidiurna lunar M2 (período de 12,4 horas) e a semidiurna solar S2 (período de 12 horas), de acordo com Vinzón e Gallo (2004). Esta região tem uma amplitude de maré de aproximadamente 3 m durante marés de quadratura e 4 m em marés de sizígia (Thom, 1984) caracterizando uma região de mesomaré (Davies, 1964).

3.4. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

Um corpo aquoso, seja fluvial ou marinho, possui características físico químicas próprias e individuais, e estas se devem às condições climáticas, geomorfológicas e geoquímicas do

ambiente (Pereira 2006). Neste aspecto, o movimento de entrada (enchente) e saída (vazante) das águas de um estuário podem modificar essas características continuamente já que o ambiente estuarino apresenta-se em constante movimento. Dentre as propriedades físico químicas, as de interesse neste estudo estão listadas abaixo:

3.4.1 Temperatura

É uma das características física das águas que medem a intensidade de calor ou energia térmica em trânsito, pois indica o grau de agitação das moléculas (Silva 2011). Segundo Calazans (2011) a temperatura é um parâmetro físico importante na avaliação da qualidade da água não apenas por representar as variações locais e sazonais do ambiente, mas também por influenciar a velocidade das reações químicas e biológicas. É sempre medida em avaliações de ambientes aquáticos, pois reflete bem as variações sazonais (Baumgarten & Pozza 2001). Ela desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos.

3.4.2 Potencial Hidrogeniônico(pH)

O pH representa a atividade dos íons hidrônios livres na água, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e, posteriormente, acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes naturais e/ou antrópicas.

Ele se relaciona diretamente com a acidez e a alcalinidade das águas, e indica a concentração do íon hidrogênio de uma solução. Um pH igual a 7 significa que a solução é neutra; um pH maior que 7 significa que a solução é alcalina e um pH menor que 7 indica que a solução é ácida.

3.4.3 Condutividade elétrica

A concentração de eletrólitos determina a capacidade da água em conduzir uma corrente elétrica através de íons dissociados (Schäfer 1985) De acordo com Von Sperling (2005) a condutividade elétrica da água é um parâmetro que não discrimina quais são os íons presentes em água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras. Na maioria das águas doces a condutividade está entre 10 e 1000 mS/cm. Entretanto, esse valor pode exceder 1000

mS/cm especialmente em águas poluídas, sobretudo aquelas que recebem em grande quantidade de escoamento superficial do solo.

3.4.4 Turbidez (NTU)

É a medida da dificuldade em que um feixe de luz tem em atravessar certa quantidade de água, ou seja, é a redução da transparência de água. A turbidez da água é uma propriedade que está correlacionada com materiais sólidos em suspensão (MPS), como: silte, argila, colóides, matéria orgânica e inorgânica, além de organismos microscópicos e algas (Assis 2012, Calazans 2011, Schmiegelow 2004). Deste modo, a cor da água interfere de forma negativa na turbidez, uma vez, que possui a propriedade de absorver luz (Assis 2012) Pode ser mensurada pela unidade de turbidez conhecida como NTU (Nefelometric Turbidity Unit).

3.4.5 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio e o gás carbônico, ambos encontrados na atmosfera, são os únicos gases que desempenham papel relevante em processos biológicos, tais como a fotossíntese, a respiração e a decomposição da matéria orgânica detritica. A atmosfera é a fonte principal dos gases nos oceanos, em consequência do intercâmbio permanente entre a camada mais superficial da água e a atmosfera de contato, em ambos os sentidos (ar \Leftrightarrow mar). Esse processo permite que o oxigênio seja injetado nas águas oceânicas permitindo que esse gás seja encontrado na forma dissolvida.

3.4.6 Sólidos totais dissolvidos (STD)

De um modo geral todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, têm sua origem nos sólidos incorporados ao seu meio (Lima *et al.* 2012). São considerados como sólidos todas as partículas presentes em suspensão ou em solução, sedimentáveis ou não, orgânicas ou minerais. A determinação da quantidade total de sólidos presentes em uma amostra de água é chamada de sólidos totais dissolvidos (STD) (Feitosa 2000).

A água com excessivo teor de sólidos em suspensão ou minerais dissolvidos tem sua utilidade limitada. Uma água com presença de 50 g/L de STD, geralmente, ainda é viável para uso doméstico, mas provavelmente inadequada para utilização em muitos processos industriais. Água com teor de STD superior a 100 g/L torna-se inadequada para consumo humano e possivelmente será corrosiva e até abrasiva (Silva júnior 1999).

3.5. QUALIDADE DA ÁGUA

De acordo com Pereira (2006) a qualidade dos ambientes aquáticos pode ser definida: (i) por um conjunto de concentrações, especiações, e características físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas, e (ii) pela composição e estado da biota encontrada em um corpo d'água. As atividades industriais, municipais (despejo doméstico e industrial), agrícolas e minerárias são as principais fontes de contaminantes e estes podem ser físicos, químicos ou biológicos.

Deve-se enfatizar que a qualidade da água é um termo relativo. Por exemplo, a água do mar é de boa qualidade para muitos peixes e outros animais marinhos, mas não serve para o consumo humano. A intenção de uso precisa ser conhecida antes de se falar sobre a qualidade da água. Um aumento na temperatura, por exemplo, pode afetar o equilíbrio químico de um rio, causando a redução na quantidade de oxigênio dissolvido e outros estresses ecológicos. Toda a água natural, entretanto, contém algumas impurezas. Estas ocorrem naturalmente em concentrações consideradas dentro do background e refletem os produtos solúveis nos solos e nas rochas através do qual a água se moveu.

A deterioração da qualidade da água pode ser causada tanto por resultado da pressão antrópica sobre os ambientes aquáticos, em maior escala, como por fatores naturais, em menor escala, como ocorre em parte da bacia hidrográfica do Rio Arari, ilha de Marajó-Pará (Alves 2012)

De acordo com a Resolução n° 357 da Conama (2005), a análise das propriedades físico-químicas tais como pH, OD, STD e turbidez serve de base para o questionamento da qualidade da água de um corpo aquoso. E a análise individual e conjunta de cada parâmetro permite constatar se o uso da água é adequado à biota aquática e consumo humano.

4. ÁREA DE ESTUDO:

4.1 REGIÃO DO NORDESTE PARAENSE / SALGADO PARAENSE

Segundo Mendes e Santos (2011) a região do Nordeste Paraense, também conhecida com Região do salgado paraense, é conhecida pelas reentrâncias que se encontram a leste do delta do rio Amazonas, compondo geomorfologicamente um litoral dinâmico, e caracterizado por mangues com penínsulas atravessados por canais de maré inundados, campos e florestas de restinga salinas costeiras.

Por estar inserido na zona costeira Amazônica, o Nordeste paraense é caracterizado por ser uma área de alta pluviosidade (Silveira 1972). Segundo Silva (2017) os primeiros meses do ano (janeiro a abril) se mostram mais chuvosos principalmente os meses de fevereiro e março com precipitação em torno de 450 a 500 mm. A partir do mês de maio ocorre a diminuição da precipitação mensal, até o mês de julho, com precipitação em torno de 100 – 150 mm. Após isso, de agosto em diante, observam-se os meses mais secos do ano, os quais não ultrapassam 50 mm/mês, sendo o mês de novembro o mais seco, onde a precipitação mensal foi igual à zero para o ano de 2016. O clima predominante nessa região, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo Am (Clima tropical de monção ou Clima Monçônico) quente e úmido.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico causador da chuva, sendo assim quando a ZCIT se move em direção à área costeira e oceânica dos Estados do Maranhão, Pará e Amapá caracterizamos como período chuvoso, já nos meses de Julho a Dezembro a ZCIT se desloca para o Hemisfério Norte (Figueroa & Nobre 1990; Marengo 1995). Sendo assim a região do Nordeste Paraense apresenta apenas duas estações no ano: uma estação chuvosa e uma menos chuvosa, também chamada de estação seca.

O nordeste paraense é marcado pela forte presença de mangues, segundo Souza Filho (2005) a costa amazônica ao longo dos estados do Pará e Maranhão detém o maior cinturão contínuo de manguezais do planeta, com uma área de 7.591,09 km².

A dinâmica natural dessa microrregião impulsionou os nove municípios que a compõem, com o desenvolvimento de outras atividades além do agrícola, da pesca e do extrativismo do caranguejo (Teles 2016).

4.2 ESTUÁRIO MOCAJUBA

A bacia hidrográfica do estuário Mocajuba localiza-se ao norte do Brasil, entre dois municípios do Nordeste Paraense, a margem esquerda localiza-se o município de São Caetano de Odivelas e o município de São João da Ponta e na margem direita o município de Curuçá. (Teles 2016) (Figura 1).

O estuário Mocajuba integra a Mesorregião do Nordeste Paraense, aproximadamente entre as latitudes de 00°40' S e 00°53' S e longitudes de 047°53' W e 047°59' W (Santos 2016, Silva 2015) na microrregião do Salgado Paraense. Limita-se ao Norte com Oceano Atlântico, a Leste com o Município de Curuçá, São João da Ponta e Terra Alta, ao Sul com o Município de Vigia e a Oeste, novamente com o Município de Vigia (IBGE 2010).

A porção do território paraense onde se encontra a bacia hidrográfica do rio Mocajuba é geologicamente formada por depósitos de sedimentos de idade terciária da formação Barreiras, e por sedimentos fluviomarinhas e marinhas datados do Quaternário atual e subatual. (CPRM 2010). Com relação aos domínios geomorfológicos evidencia-se a planície costeira, que corresponde à uma faixa de terra de largura variável que se estende nos limites continentais dos depósitos quaternários costeiros, marcados por uma variação topográfica, até a linha de maré baixa (Teles 2016).

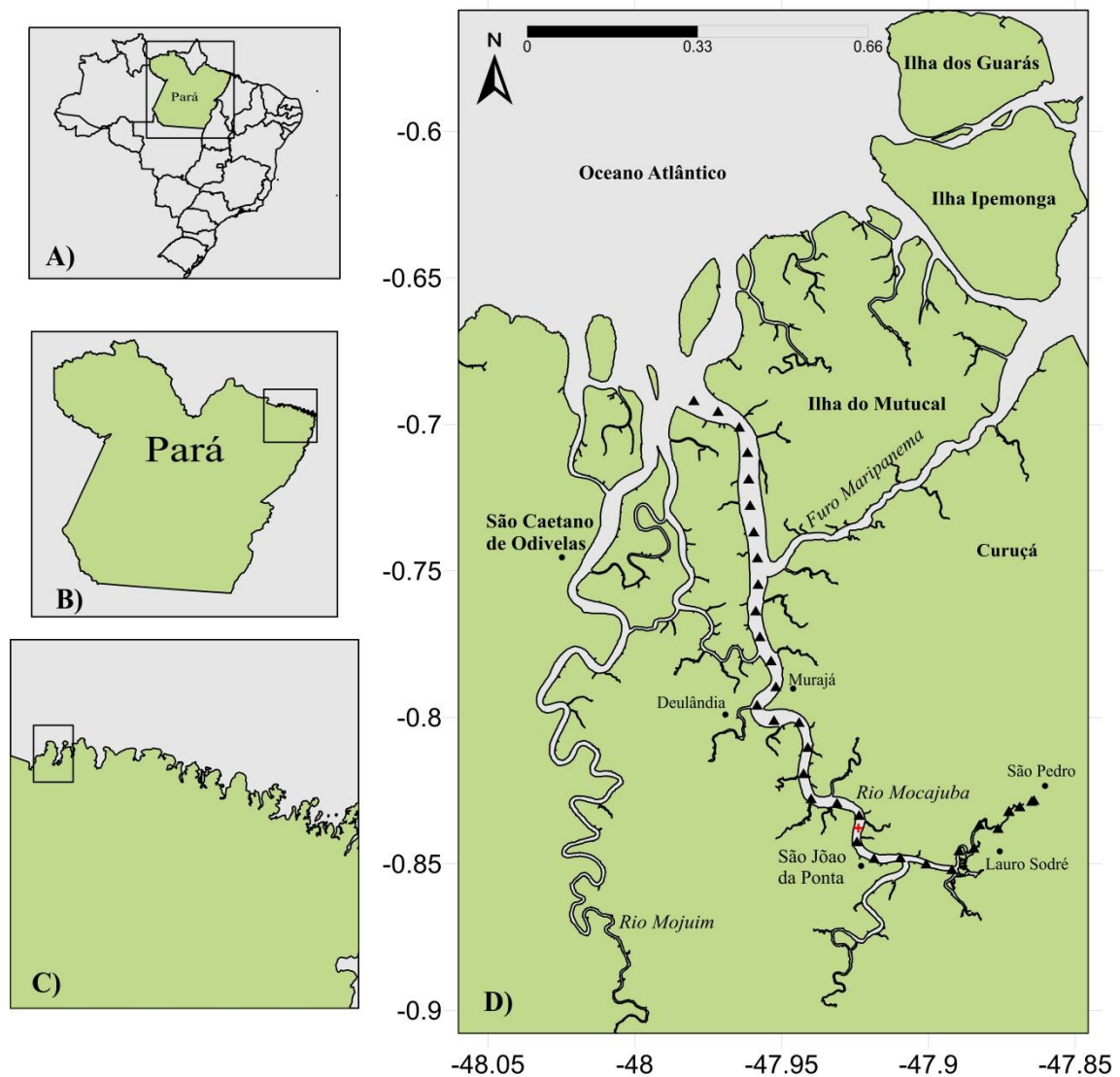


Figura 1- Mapa da localização da área de estudo. A) Brasil – América do Sul, (B) Estado do Pará, (C) Região do Nordeste Paraense D) Estuário Mocajuba e pontos de coleta.

O rio corre na direção Sudeste-Noroeste formando meandros, para depois tomar a direção Norte, até desembocar no oceano Atlântico. (Lopes *et al.* 2008). Apresenta-se largo em grande parte do seu trecho, atravessando os povoados conhecidos como Nazaré do Mocajuba e Murajá. É alimentado principalmente por pequenos cursos d'água perenes e rios tributários, sendo os da margem direita os de maior importância para os municípios, como os rios Tijoca, Candeua, e o furo Maripanema ou Muriá, que banha o povoado de São João do Abade (Lopes *et al.* 2008).

Os manguezais se distribuem pelas margens do rio e das reentrâncias costeiras, e de acordo com Teles (2016) esses são classificados como sendo do tipo ribeirinho ou de ilha. Consta-se a ocorrência das espécies de *Avicennia germinas* e *A. schaueriana*, *Laguncularia*

racemosa e *Rizophora mangle* conhecidas como siriúbas, tinteira e mangue vermelho, respectivamente. (ICMBIO 2010).

É fortemente influenciado pelo ambiente marinho. Durante o período chuvoso há maior descarga de água doce no oceano, e no período seco ocorre um influxo de água oceânica no rio (Lima 2015).

De acordo com Christofolletti (1980) apresenta um padrão de drenagem que se enquadra no tipo dentrítica, pois possui uma forma arborescente, que lembra as nervuras de uma folha, típico de áreas cobertas por rochas horizontais. Esse tipo de padrão evidencia a presença de inúmeros igarapés, que são pequenos cursos d'água que se caracterizam pela pouca profundidade e pela localização no interior da mata.

O estuário Mocajuba tem um comprimento de aproximadamente 25 km, sendo que o rio possui aprox. 57 km de comprimento desde sua nascente, no município de Terra Alta. (Silva 2015). Apresenta-se largo em grande parte de seu percurso chegando a formar dois corpos hídricos: o rio Curuçá, que deságua no oceano Atlântico, e o rio Maripanema que se conecta ao rio Mojuim através de dois canais de maré (Santos 2016).

4.3 PRINCIPAIS ATIVIDADES NO ESTUÁRIO MOCAJUBA.

As comunidades da região de São Caetano de Odiveias, São João da Ponta, Murajá, Deulândia vivem do comércio de pescados e mariscos e outras vilas menores quase essencialmente da pesca e cultivo de peixes. Muitas comunidades foram fundadas por pescadores e são carentes de infraestrutura e dependem de serviços e alimentos advindos de outros municípios Devido a isto, a pesca de curral é uma das modalidades mais aplicadas (Fidellis 2013).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 COLETA DE DADOS

Foram feitas duas campanhas, uma no período seco (Novembro de 2017) e uma no período chuvoso (Março de 2018) da região.

A equipe foi dividida em duas equipes menores. A primeira equipe iniciou as amostragens do perfil longitudinal da foz do estuário Mocajuba após duas horas do início da maré enchente, de modo que acompanhasse a entrada da maré no estuário. As amostragens iniciaram na foz e foram realizadas a cada 1 km em direção à montante do rio (Figura 2). Para esse tipo de análise foi utilizada uma embarcação do tipo lancha, visto que era necessário um tipo de embarcação veloz de modo a acompanhar a maré de enchente estuário adentro. As propriedades físico-químicas foram medidas *in situ* nas estações ao longo do perfil longitudinal e utilizaram-se um medidor multiparâmetros (HORIBA U-50) em superfície e fundo. Além disso, também foram realizadas medições utilizando um mini-CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) ao longo da coluna d'água.

Durante o período seco foram feitas apenas 32 amostragens no perfil longitudinal devido a galhos e raízes dentro do rio que impossibilitaram a navegação, e por motivos de segurança o trajeto foi interrompido. No período chuvoso foram feitas todas as 35 amostragens. Os pontos de coleta encontram-se identificados na tabela a seguir com as respectivas coordenadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Coordenadas dos pontos de coleta do perfil longitudinal do estuário Mocajuba.

(continua)

PONTOS	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)
P1	-0.691664	-47.979853
P2	-0.695353	-47.971640
P3	-0.700702	-47.964359
P4	-0.709341	-47.961593
P5	-0.718397	-47.961172
P6	-0.727415	-47.960709
P7	-0.736468	-47.959462
P8	-0.745308	-47.958214
P9	-0.754352	-47.958014
P10	-0.763444	-47.958815
P11	-0.772257	-47.957396
P12	-0.780470	-47.953576
P13	-0.789301	-47.951914

(conclusão)

PONTOS	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)
P14	-0.795622	-47.958324
P15	-0.800822	-47.952584
P16	-0.801491	-47.944036
P17	-0.810013	-47.941080
P18	-0.818953	-47.942512
P19	-0.827571	-47.939940
P20	-0.829042	-47.931101
P21	-0.833205	-47.923571
P22	-0.842215	-47.924319
P23	-0.847890	-47.918491
P24	-0.847702	-47.909553
P25	-0.849792	-47.900759
P26	-0.851724	-47.891992
P27	-0.845324	-47.889545
P28	-0.844401	-47.884469
P29	-0.836443	-47.882572
P30	-0.837701	-47.876263
P31	-0.831730	-47.872531
P32	-0.828060	-47.864070
P33	-0.831922	-47.872654
P34	-0.830300	-47.868892
P35	-0.828407	-47.864849

A segunda equipe iniciou as medições da seção transversal às 6 horas da manhã, para isso, utilizou-se embarcação tipo barco à motor. As propriedades físico-químicas foram medidas no decorrer de um ciclo semi-diurno de maré (13 horas), Para isso foram utilizados medidores multiparâmetros (HORIBA U-50) em superfície e fundo, a cada hora. Além disso, foi utilizado um ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) de 1200 KHz (Teledyne RD Instruments) para medição da direção e velocidade das correntes durante em seções transversais por um período de 13 horas, próximo à cidade de São João da Ponta que está localizada a aproximadamente 22 Km da boca do rio Mocajuba e situada na sua margem esquerda. A localização exata é mostrada na tabela abaixo, com as respectivas margens e coordenadas (Tabela 4).

Tabela 4- Localização dos pontos na margem esquerda e direito do transecto feito com o ADCP.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE
Margem Esquerda ADCP	-0.843035°	-47.925897°
Margem Direita ADCP	-0.842820°	-47.922837°

O processamento dos dados de corrente e velocidade além da conversão da condutividade em salinidade foram feitas com a utilização de rotinas em ambiente computacional (Miranda *et al.* 1992).

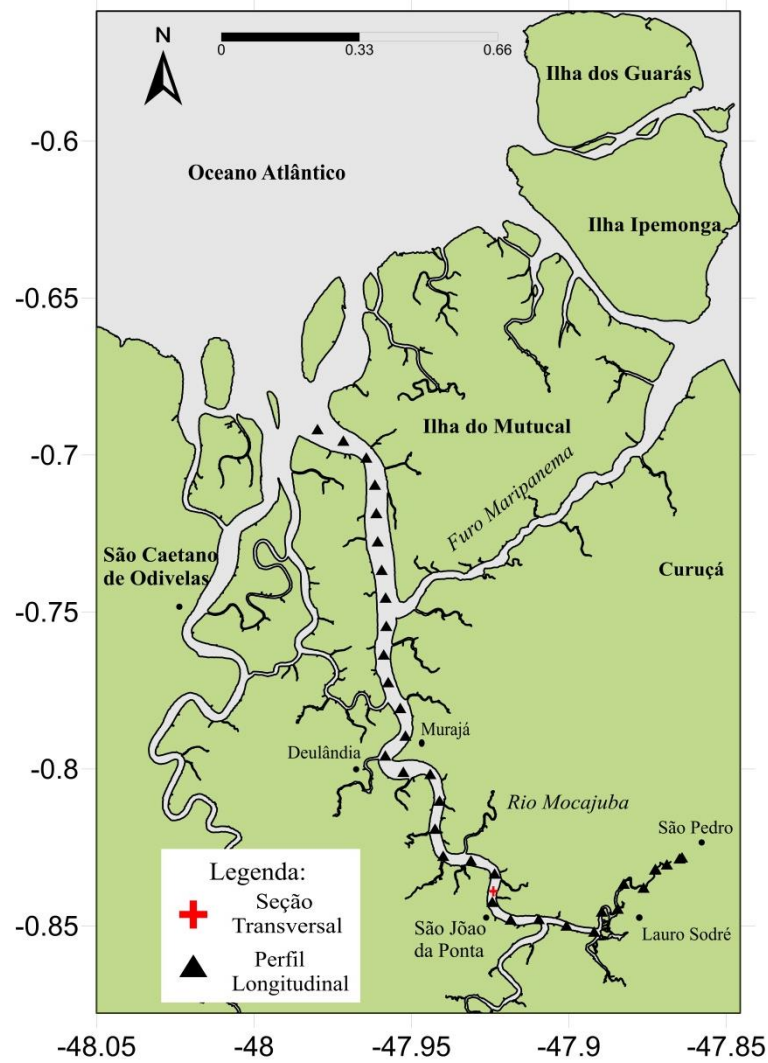


Figura 2: Mapa com a localização dos pontos do perfil longitudinal (preto), das seções transversais em (vermelho).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 RESULTADOS

No estuário Mocajuba os parâmetros físico-químicos estudados apresentaram variações sazonais (período seco e período chuvoso) e longitudinais (foz e montante).

Dentre os períodos estudados os valores médios de temperatura, salinidade, pH, condutividade, e sólidos totais dissolvidos foram elevados no período seco. As médias de turbidez e oxigênio dissolvido tiveram concentrações elevadas no chuvoso. Verticalmente os parâmetros não apresentaram grandes diferenças entre superfície e fundo, em ambos os períodos.

6.1.1 Variação Longitudinal da Salinidade (Sensor de Condutividade – CTD)

As águas do estuário Mocajuba apresentaram durante o período seco (novembro de 2017) maiores salinidades.

Verticalmente, a coluna d'água não apresentou variações significativas entre superfície e fundo, assim sendo, não foram possíveis identificar estratificação a longo da coluna d'água. Contudo longitudinalmente a salinidade apresentou um gradiente decrescente da foz à montante, com concentrações máximas próximo à desembocadura do estuário em ambos os períodos sazonais.

Durante o período seco o alcance da intrusão salina no estuário Mocajuba é mais expressivo. O teor de sal nas águas atinge valores superiores a 30 a cerca dos primeiros 10 pontos amostrados no estuário. Sugere-se que essas concentrações sejam reflexo da diminuição da pluviosidade e vazão neste período.

De acordo com o sistema de Veneza as águas do estuário Mocajuba são classificadas como euhalinas e polihalinas em toda extensão do estuário. As águas euhalinas ficam retidas da foz até em torno do ponto 6 e são acompanhadas pelas águas polihalinas até o trecho final do estuário. Não foram observadas presença de águas mesohalinas, oligohalinas e água doce durante o período seco. Porém, durante o período chuvoso é possível identificar três

classificações: mesohalina, oligohalina e água doce. As águas mesohalinas são mais expressivas, pois atingem o estuário até cerca de 30 km estuário acima, enquanto que as águas oligohalinas penetram o estuário a partir do ponto 31 ao 34. Já no ponto 35 se observou-se a água doce.

De acordo com a Resolução n° 20 da CONAMA (1986), as águas do estuário são classificadas em águas salinas e salobras durante o período seco e em águas salobras e doces durante o período chuvoso (Figura 3).

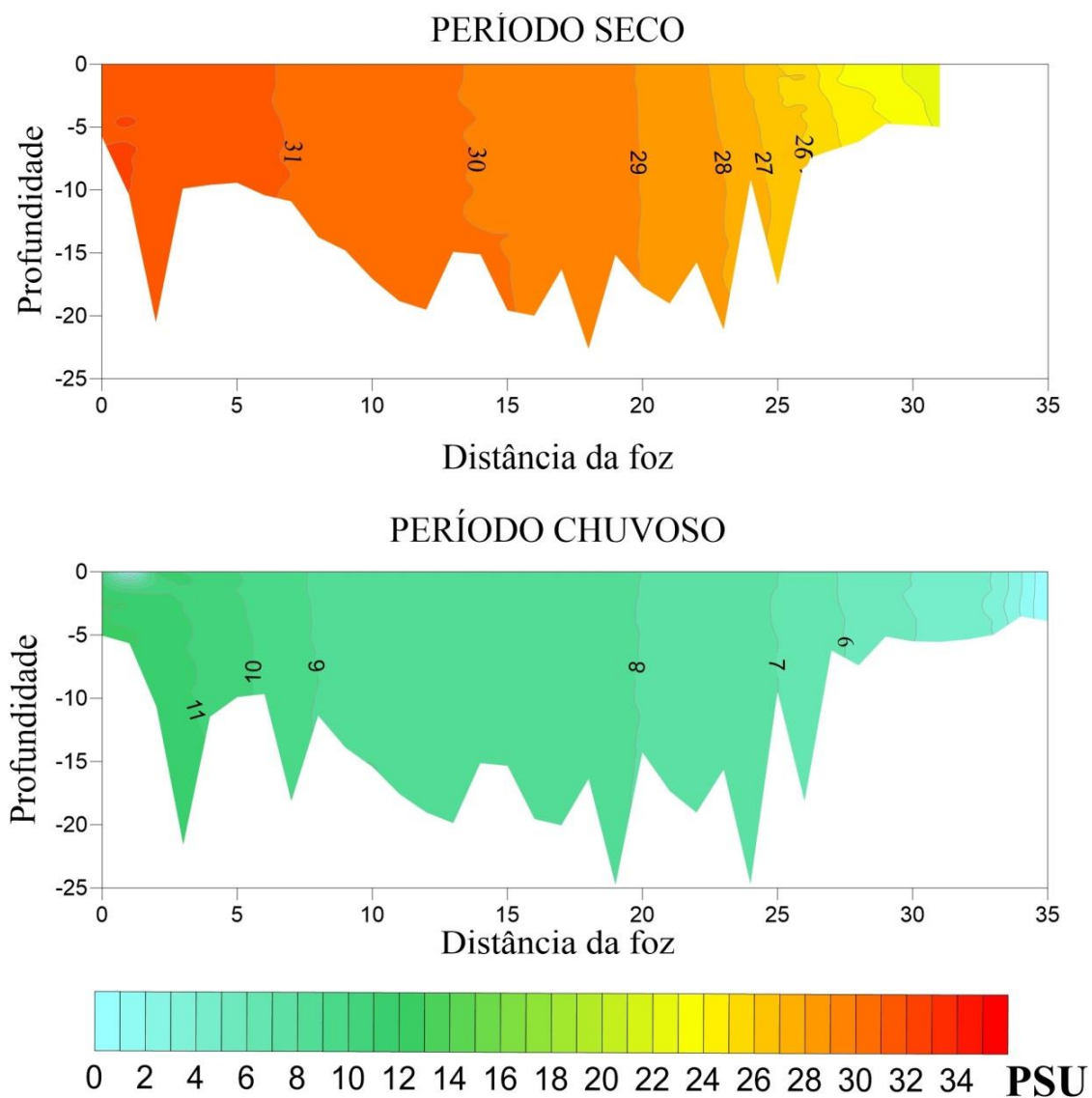


Figura 3 – Perfis de salinidade longitudinal no período seco e chuvoso

6.1.2 Variação longitudinal dos parâmetros físico químicos da água (Sensor multiparâmetros HORIBA)

Salinidade

A variação longitudinal salina dos períodos sazonais, obtidos em condições de sizígia está sendo mostrado na Figura 4 e na Figura 5.

Longitudinalmente a salinidade no período seco apresentou variação de 23,2 a 33,1 na superfície e 23,7 a 33,3 no fundo. Já durante o período chuvoso, a salinidade variou de 1 a 12,2 na superfície e de 1 a 13,1 no fundo. Neste período os valores de salinidade em superfície foram superiores a 10 somente nos primeiros cinco quilômetros, e foram decrescendo à medida que se afastava da desembocadura do estuário.

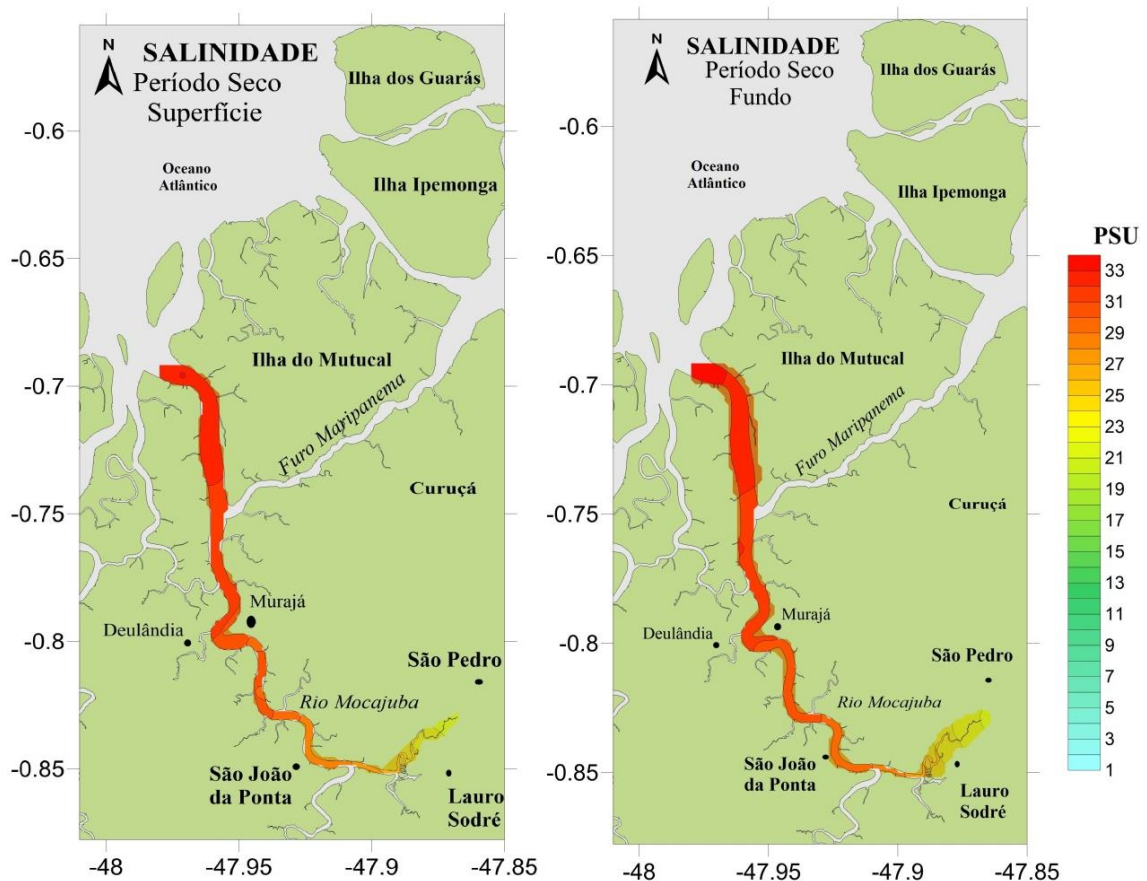


Figura 4: Variação longitudinal salina do estuário Mocaçuba durante o período seco, na superfície e no fundo.

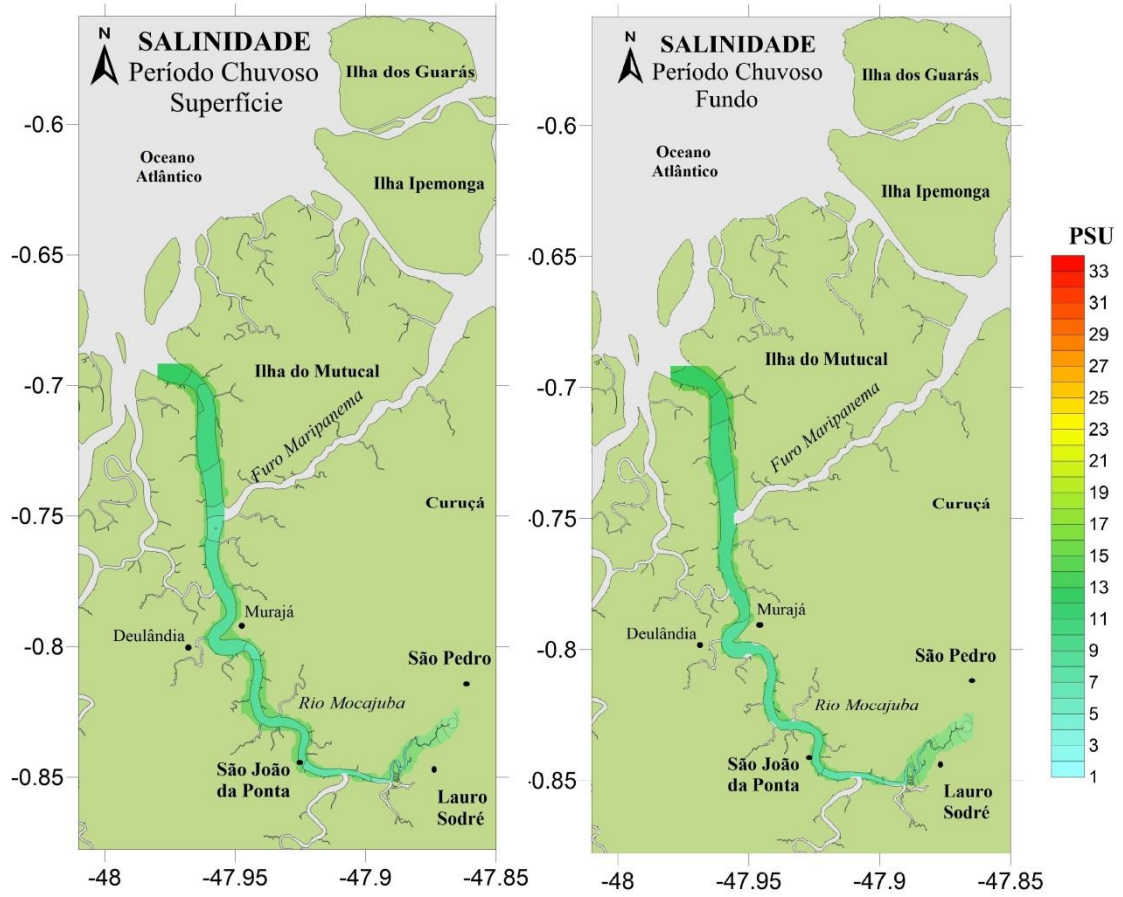


Figura 5 - Variação longitudinal do estuário Mocajuba durante o período chuvoso

Temperatura

A Temperatura das águas do estuário Mocajuba durante os períodos sazonais apresentou um comportamento constante e variou pouco na coluna d'água. Porém durante o período seco as temperaturas foram superiores ao do período chuvoso. As temperaturas no período seco variaram de 28,53 °C a 29,93°C na superfície e 28,73°C a 29,6°C no fundo (Figura 6).

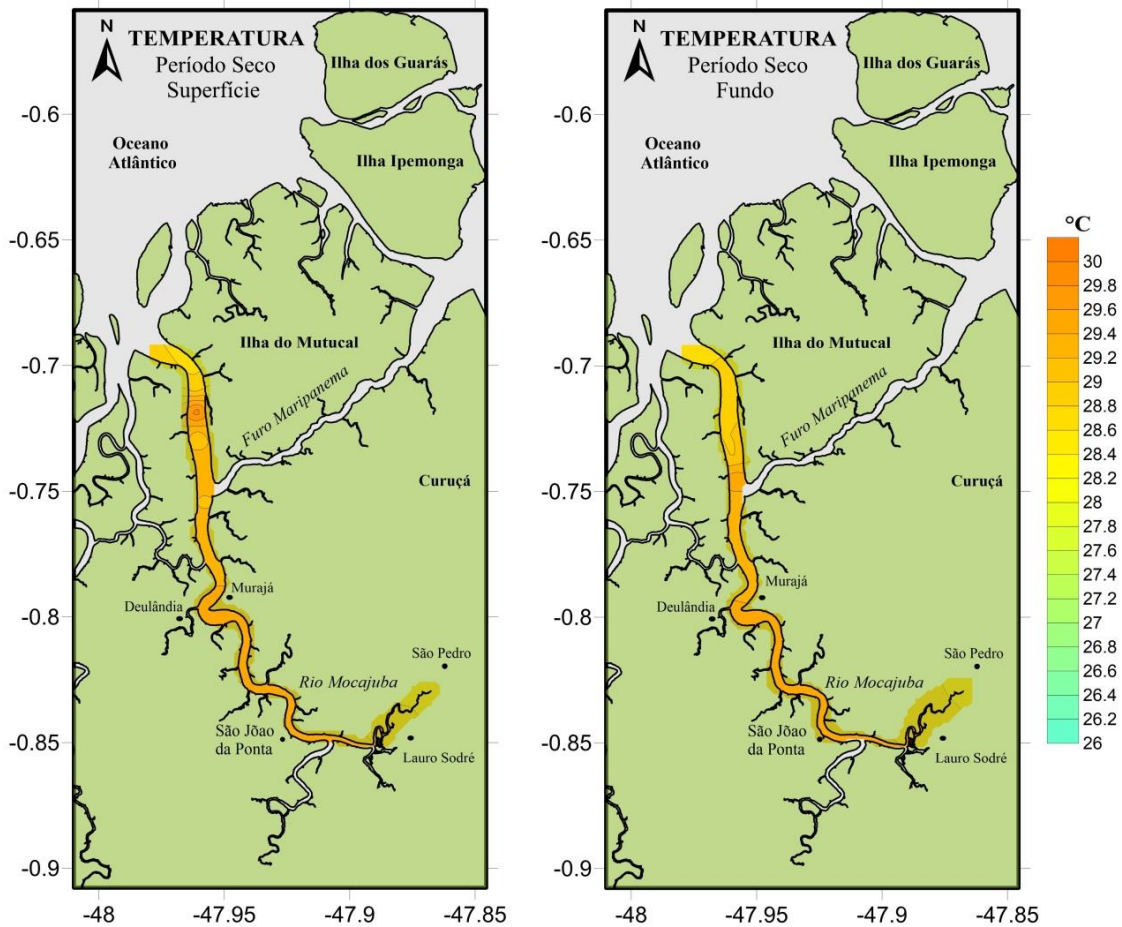


Figura 6 - Variação longitudinal de temperatura do estuário Mocajuba durante o período seco.

Durante o período chuvoso as temperaturas da coluna d'água tiveram variações entre 26,45°C e 28,5°C na superfície, e 26,1°C a 28,57°C no fundo. Além disso, observou-se um decréscimo nítido nos últimos quilômetros do transecto longitudinal como é visto na imagem abaixo (Figura 7).

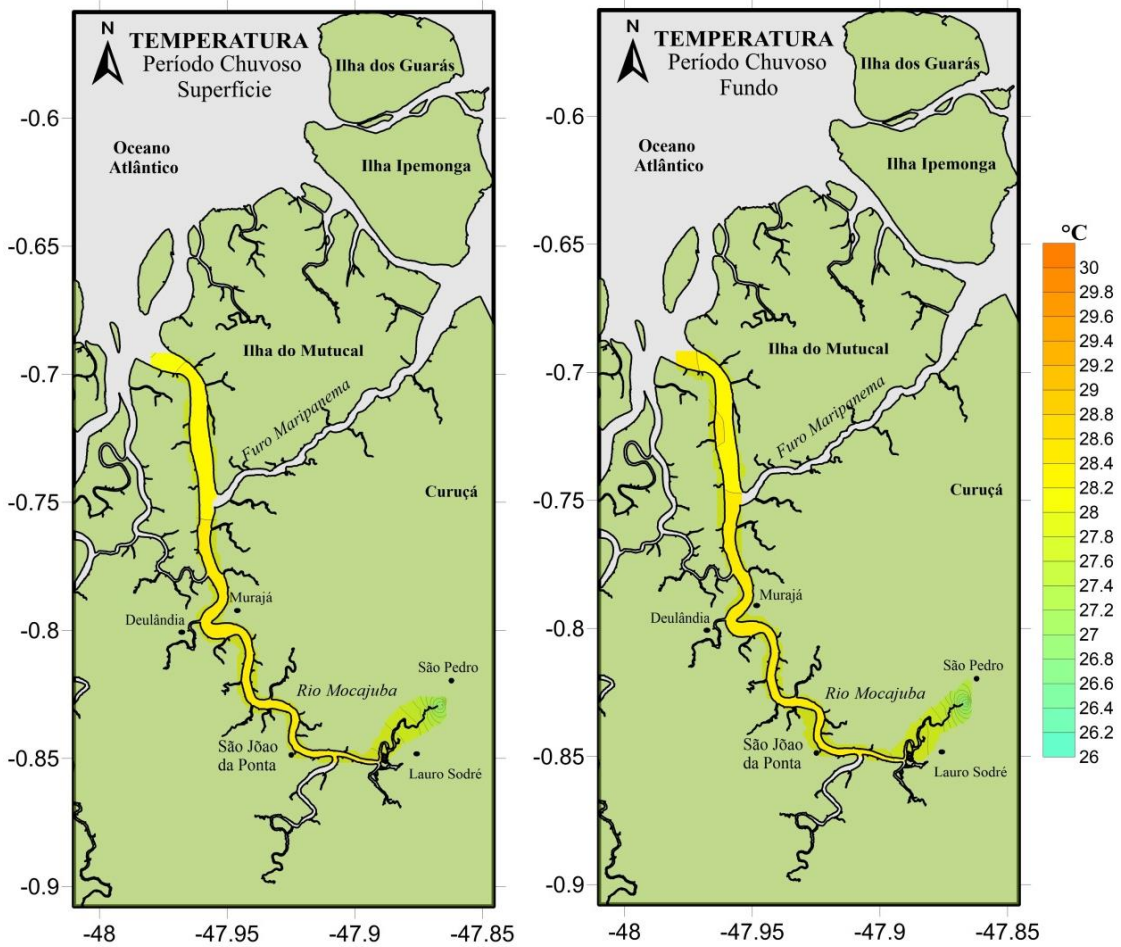


Figura 7 - Variação longitudinal de Temperatura do estuário Mocajuba durante o período chuvoso.

Condutividade

A condutividade apresentou diferenças entre os períodos sazonais e entre foz e montante, sendo que na região da desembocadura os valores de condutividade foram mais expressivos, evidenciando a contribuição de águas oceânicas para o aumento das concentrações de ions presentes na coluna d'água, estuário acima.

Durante o período seco a condutividade variou de 36,7mS/cm a 49,8 mS/cm na superfície, e 37,4 mS/cm a 50,6 mS/cm no fundo. No período chuvoso variou de 0,28 mS/cm a 20,7 mS/cm superfície e 0,16 mS/cm a 21,8 mS/cm no fundo (Figura 8).

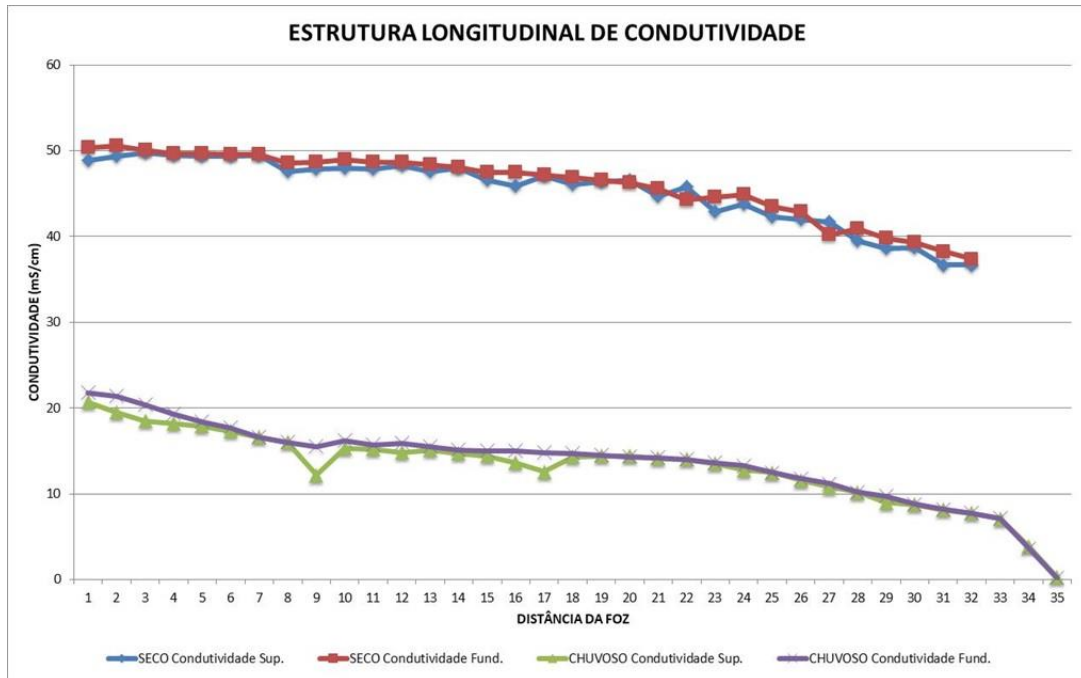


Figura 8 – Gráfico da variação longitudinal da condutividade no estuário Mocajuba.

pH

O pH apresentou decréscimo da foz à montante em ambos os períodos sazonais, e suas características permaneceram neutras à alcalinas. Durante o período seco apresentou variação de 7,26 a 8,08 na superfície e de 7,22 a 8,06 no fundo. Já no período chuvoso, variou de 8,26 a 8,96 na superfície e 8,07 a 8,67 no fundo (Figura 9).

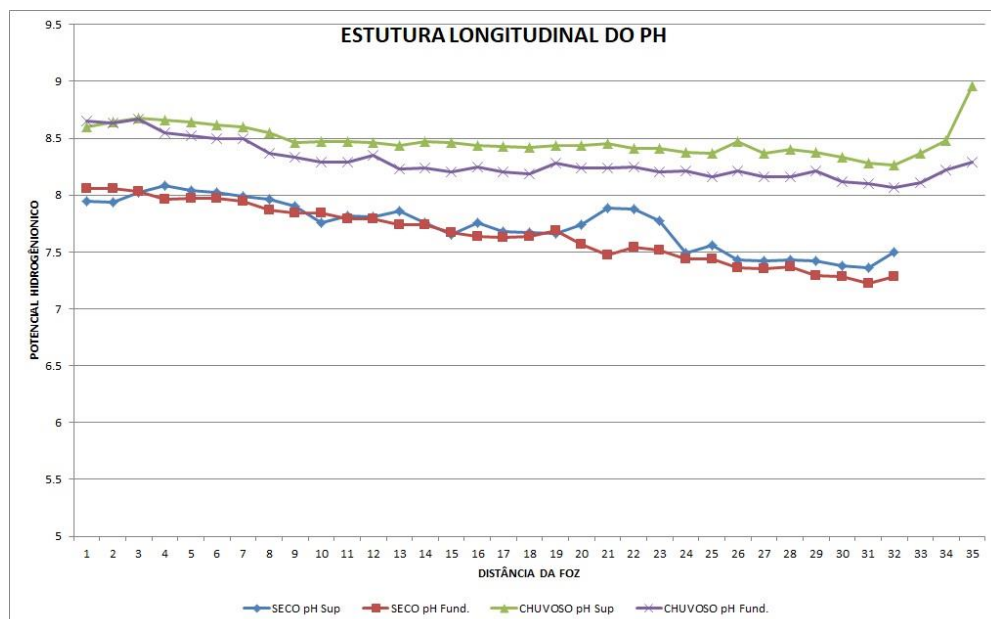


Figura 9 – Gráfico da variação longitudinal do potencial Hidrogeniônico no estuário Mocajuba.

OD (mg/L) e OD (%)

O OD (mg/L) e OD (%) apresentaram elevados teores próximos a desembocadura do estuário Mocajuba em ambos os períodos. Além disso, as concentrações de oxigênio foram superiores durante o período chuvoso. Observou-se variações de 6,09 mg/L a 9,24 mg/L na superfície e de 4,92 mg/L a 7,97 mg/L no fundo. Para o período seco se observou-se que as concentrações variaram de 2,57 mg/L a 16,17 mg/L na superfície e de 1,86 mg/L a 5,74 mg/L no fundo (Figura 10).

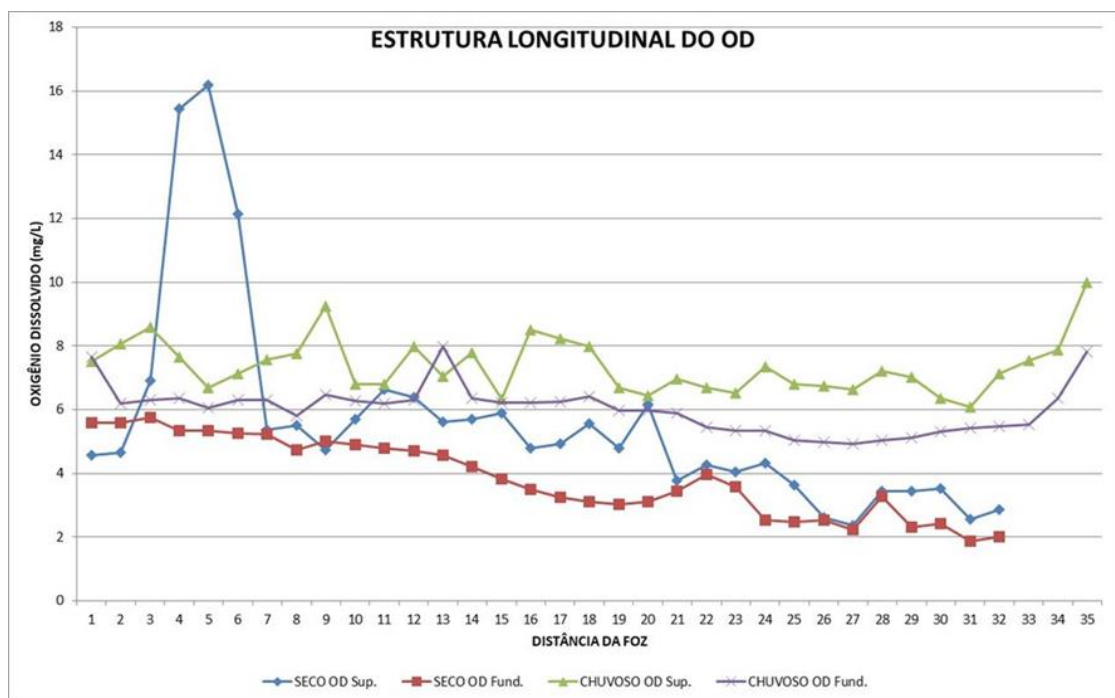


Figura 10 - Gráfico da variação longitudinal do oxigênio dissolvido para o período seco e chuvoso.

Também se observou que, durante o período seco, o grau de oxigênio dissolvido apresentou variação de 84,3% a 126,2% na superfície e de 67,2% a 106,9% no fundo. Já durante o período chuvoso a variação foi de 38,5% a 256,5% na superfície e de 28,1% a 91,2% no fundo (Figura 11).

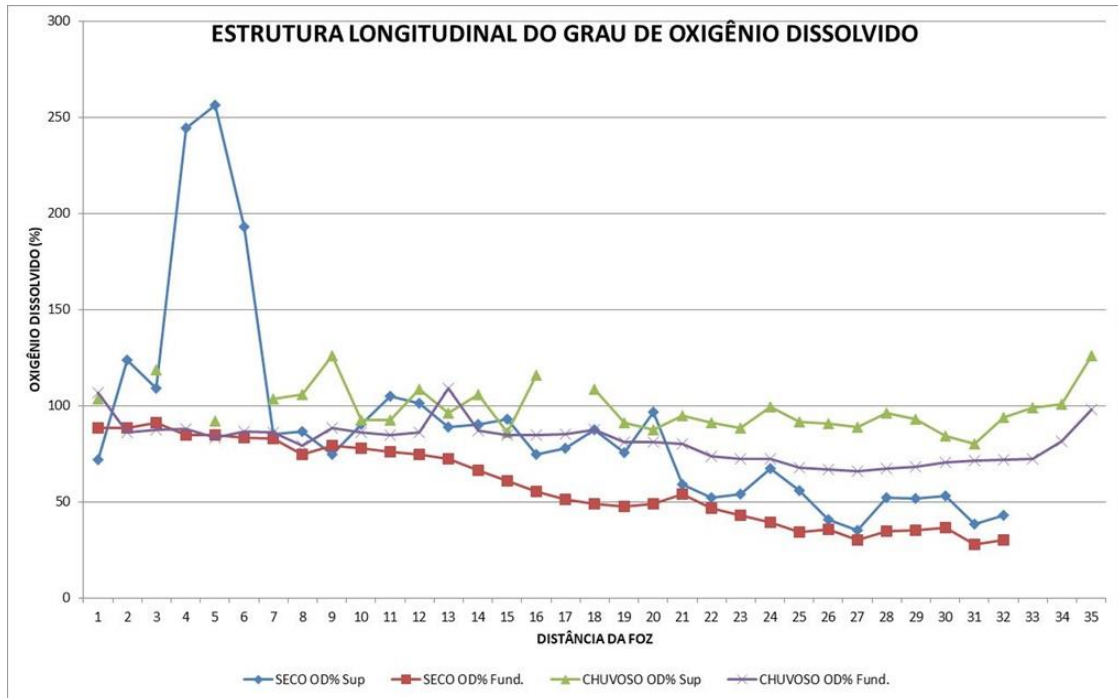


Figura 11 - Gráfico da variação longitudinal do grau oxigênio dissolvido no estuário Mocajuba.

STD

Sólidos totais dissolvidos apresentaram concentrações elevadas durante o período seco e um gradiente decrescente da foz à montante em ambos os períodos. Para este mesmo período se observou que as concentrações variaram de 22,4 mg/L a 30,4 mg/L na superfície. No fundo as concentrações estavam entre 22,8 g/L e 30,4 g/L. Durante o período chuvoso as concentrações variaram de 0,135 g/L a 12,8 g/L na superfície e de 0,102 g/L a 13,5g/L no fundo (Figura 12).

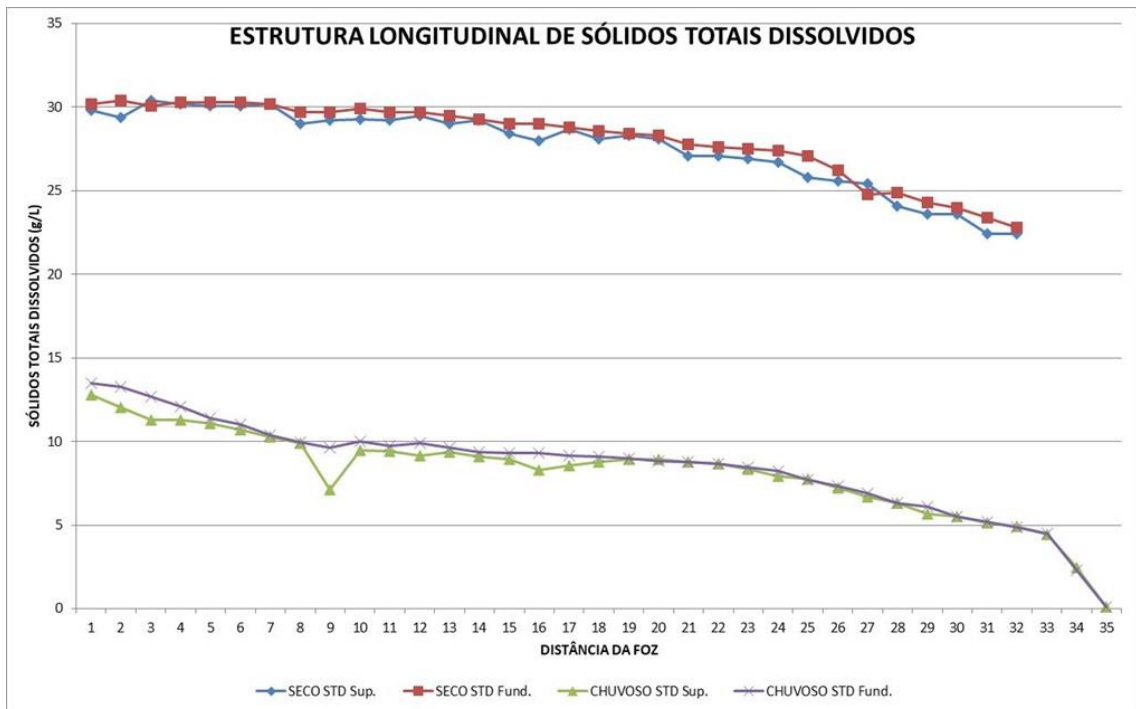


Figura 12 - Gráfico da variação longitudinal do STD durante os períodos sazonais.

Turbidez

As águas do estuário Mocajuba foram mais turvas nos primeiros 15 km da foz a montante, sugerindo maior ressuspensão dos sedimentos pela ação da maré. Apresentaram de forma geral concentrações mais elevadas no fundo em ambos os períodos, porém, as concentrações do período chuvoso foram superiores aos do período seco. As variações de turbidez do período seco foram 17,5 NTU a 304 NTU em superfície e 25 NTU a 585 NTU no fundo (Figura 13). Para o período chuvoso a turbidez variou de 26,5 NTU a 414 NTU em superfície e de 26,6 NTU a 762 NTU no fundo (Figura 14).

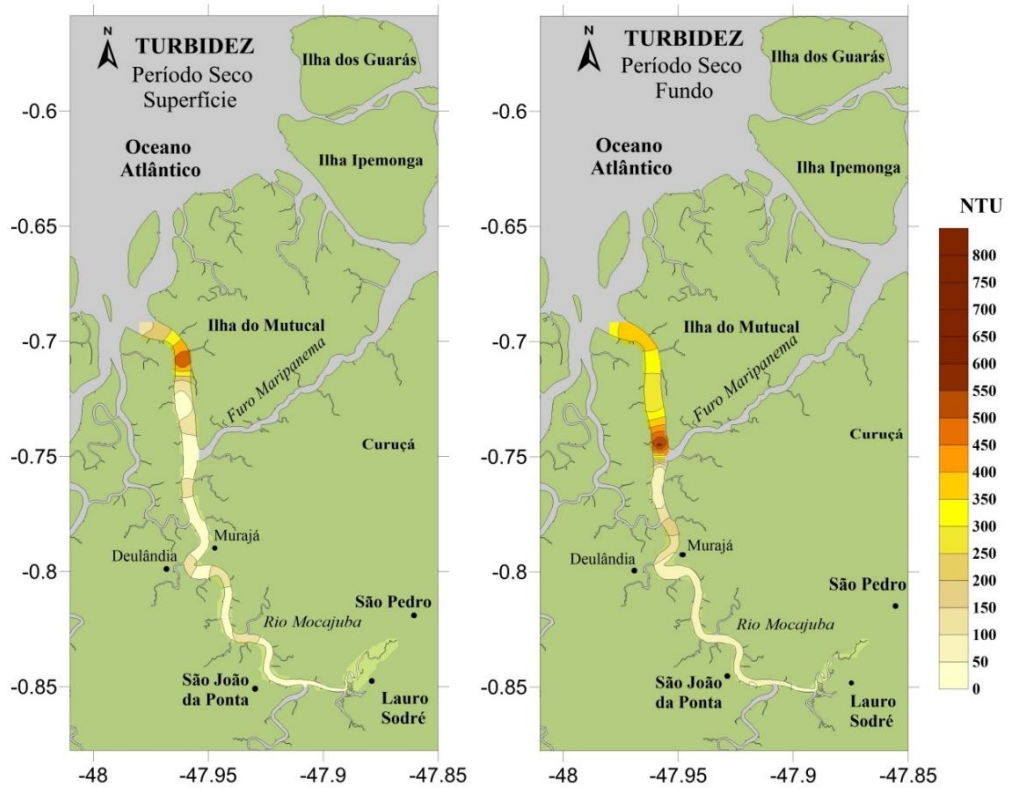


Figura 13 - Variação longitudinal da turbidez do estuário Mocajuba no período seco.

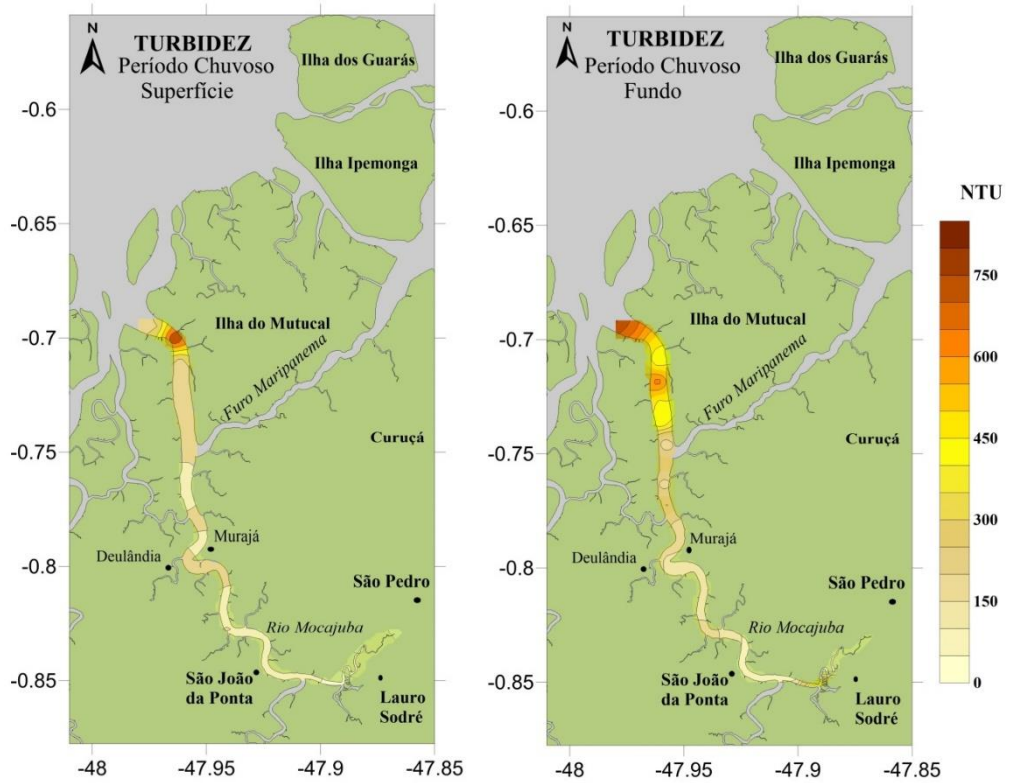


Figura 14 - Variação longitudinal da Turbidez no estuário Mocajuba durante o período chuvoso.

6.1.3 Variação dos parâmetros físico químicos em um ciclo de maré.

Figura 15 e a Figura 16 mostram a previsão de maré para os dias correspondentes as medições nos períodos seco (05/11/2017) e chuvoso (30/03/2018), respectivamente. A previsão foi obtida através da tábua de marés para Curuçá (PA), disponibilizada no site <https://tabuademares.com/br/para/curuca>. A curva em azul indicam a maré prevista e os marcadores em vermelho os respectivos horários das medições realizadas com o sensor de multiparâmetros (Horiba) durante os períodos sazonais.

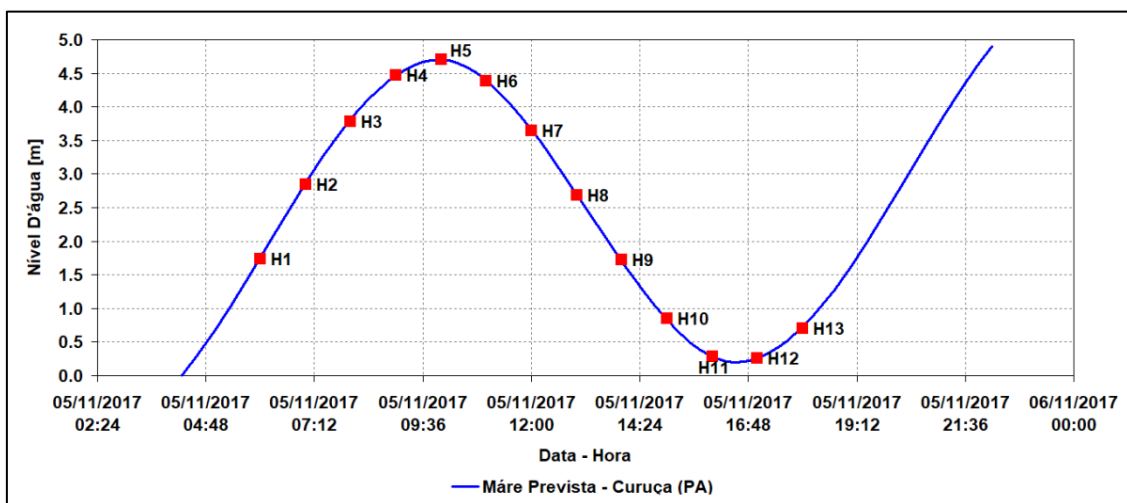


Figura 15 - Curva do ciclo de maré (azul) com destaque para as respectivas horas das medições da Horiba (vermelho) durante o período seco.

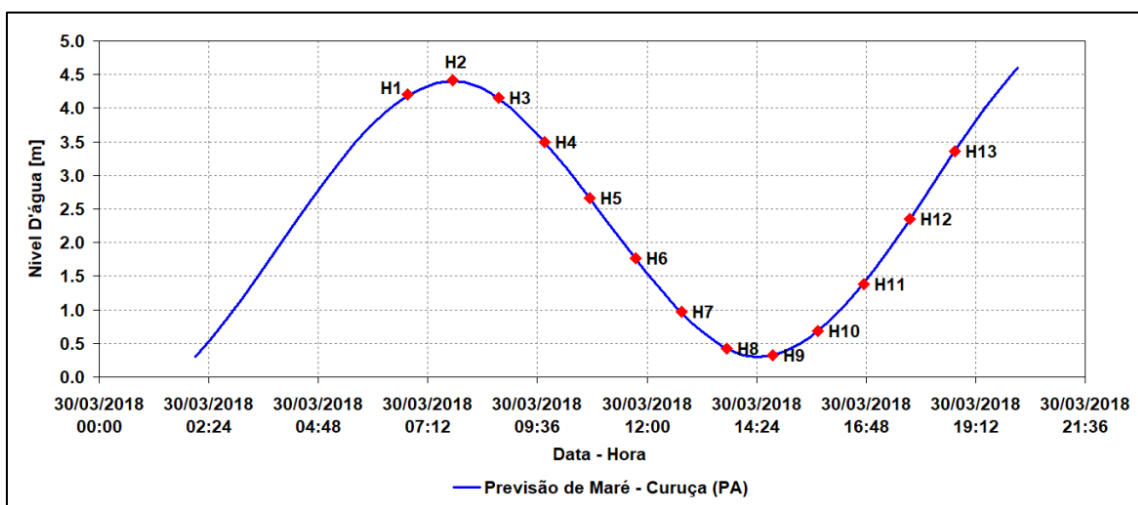


Figura 16 - Curva do ciclo de maré (azul) com destaque para as respectivas horas das medições da Horiba (vermelho) durante o período chuvoso.

As maiores salinidades ocorreram no período seco. Durante este período a salinidade variou em função da maré, atingindo na enchente as maiores salinidades comparada com a vazante.

A temperatura das águas do estuário Mocajuba não apresentou grandes variações sazonais, mas sim devido as variações do ciclo de maré. Observou-se que a temperatura no período seco apresentou um aumento ao longo das primeiras horas do dia, sugerindo a influência da incidência solar. Atingiu seu valor máximo durante a enchente na estofa de preamar, em superfície e no fundo.

O pH apresentou um comportamento constante na coluna d'água, e neutro e alcalino ao longo do ciclo de maré em ambos os períodos sazonais. Durante o período chuvoso, nas primeiras horas do dia, no período de enchente, apresentou-se levemente básico até o momento de inversão de maré.

Observou-se elevada condutividade no período seco e durante a enchente em ambos os períodos. Nos períodos sazonais a condutividade obteve a concentração máxima na estofa de preamar e a mínima na estofa de baixa-mar, sugerindo que no período de maré enchente as águas oceânicas, com maiores concentrações de ions, penetrem o estuário. Comportamento que é mais evidente durante o período seco.

A turbidez nas águas do estuário Mocajuba manifestou-se divergente sazonalmente e de acordo com a maré. De modo geral, apresentou mínimas concentrações em superfície e máximas no fundo, sugerindo elevada ressuspensão no fundo, além disso, obteve concentrações elevadas durante o período chuvoso. Durante o período seco os valores máximos de turbidez coincidiam com os estofos de preamar e baixa-mar, tanto em superfície quanto no fundo, porém durante o período chuvoso as concentrações máximas coincidiram com o estofa de preamar e os mínimos foram notados durante as primeiras horas da enchente.

As concentrações de OD e OD% apresentaram um comportamento constante e pouca variação na coluna d'água, e as concentrações da enchente foram superiores ao da vazante em ambos os períodos, além disso, as concentrações de OD no período chuvoso foram superiores às do período seco. Durante o período seco, no momento de vazante, os valores mínimos de OD e OD% coincidiam com a estofa de baixa-mar e os valores máximos foram observados durante o início da enchente.

De forma geral as concentrações de sólidos totais dissolvidos foram elevados durante a enchente. No período seco atingiu máxima concentração próximo ao estófo de preamar e durante à primeira hora do momento de vazante.

As tabelas 5 e 6 abaixo mostram os dados médios, mínimos e máximos dos parâmetros físico químicos referentes ao período seco e chuvoso em função do momento da maré.

Tabela 5 - Valores mínimos, médios e máximos das propriedades físico-químicas registradas com a Horiba durante um ciclo de maré no estuário Mocajuba durante o período seco.

PERÍODO SECO						
SUPERFÍCIE						
PARÂMETRO	ENCHENTE			VAZANTE		
	MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.
Salinidade (PSU)	31.1	29.69	27.7	30.6	27.95	26.6
Temperatura (°C)	30.36	29.93	29.4	30.61	30.45	30.22
Potencial Hidrogeniônico	8.46	7.76	7.38	7.75	7.50	7.61
Condutividade (mS/cm)	47.7	45.81	43.00	44.4	42.42	41.2
Turbidez (NTU)	16.9	10.16	7.30	29.3	18.15	13.00
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1.95	1.68	1.46	1.84	1.57	1.50
Oxigênio Dissolvido (%)	30.50	26.57	22.90	29.50	24.82	23.50
Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)	29.10	27.94	26.20	28.70	26.50	25.40
FUNDO						
PARÂMETRO	ENCHENTE			VAZANTE		
	MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.
Salinidade (PSU)	31.20	29.16	29.20	30.40	28.17	27.40
Temperatura (°C)	30.33	30.06	29.94	30.56	30.32	30.21
Potencial Hidrogeniônico	7.72	7.61	7.48	7.70	7.56	7.45
Condutividade (mS/cm)	47.90	45.08	41.00	46.70	43.75	42.70
Turbidez (NTU)	40.70	29.66	19.30	110.00	36.30	18.70
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1.81	1.61	1.46	1.65	1.57	1.52
Oxigênio Dissolvido (%)	29.00	25.52	23.00	26.10	24.90	23.80
Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)	29.20	27.50	25.00	28.50	26.68	26.10

Tabela 6 - Valores mínimos, médios e máximos das propriedades físico-químicas registradas com a Horiba durante um ciclo de maré no estuário Mocajuba durante o período chuvoso.

PERÍODO CHUVOSO						
SUPERFÍCIE						
PARÂMETRO	ENCHENTE			VAZANTE		
	MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.
Salinidade (PSU)	8,30	7,33	5,50	8,40	7,24	5,60
Temperatura (°C)	28,40	28,13	27,97	28,71	28,34	27,91
Potencial Hidrogeniônico	8,77	8,11	7,92	8,45	8,00	7,84
Condutividade (mS/cm)	14,40	12,51	9,87	14,60	12,65	9,97
Turbidez (NTU)	69,70	38,33	22,70	75,20	44,84	20,40
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,96	4,71	4,12	6,57	4,88	4,12
Oxigênio Dissolvido (%)	80,90	63,44	55,00	89,10	65,93	56,00
Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)	8,92	7,77	6,22	9,03	7,86	6,28
FUNDO						
PARÂMETRO	ENCHENTE			VAZANTE		
	MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.
Salinidade (PSU)	8,30	7,30	5,80	8,50	7,40	6,00
Temperatura (°C)	28,24	28,11	27,69	28,76	28,45	28,08
Potencial Hidrogeniônico	8,36	8,17	7,98	8,12	7,99	7,81
Condutividade (mS/cm)	14,30	12,65	9,97	14,60	12,86	10,70
Turbidez (NTU)	84,40	61,30	24,60	72,20	50,10	39,10
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	9,86	5,30	4,25	4,80	4,32	3,98
Oxigênio Dissolvido (%)	126,60	70,44	56,90	65,30	58,46	53,10
Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)	8,88	7,69	6,22	9,03	7,86	6,28

6.1.4 Hidrodinâmica: vazão e correntes

No levantamento hidrodinâmicos, foi utilizado um perfilador acústico de correntes ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) da RDI de 1200 kHz. Na Figura 17 a curva em vermelho representa os dados de vazão medidos durante o período seco, no dia 05 de novembro de 2017. A curva azul representa os dados medidos durante o período chuvoso, no dia 30 de março de 2018.

As curvas indicam a variação sazonal da vazão do rio Mocajuba nos dois períodos estudados. Nota-se que a vazão durante o período chuvoso foi superior ao constatado no período seco e isso se deve ao aumento da pluviosidade durante este período. À medida que ocorrem as chuvas o volume dos afluentes, córregos, e igarapés que compõem o estuário Mocajuba é acrescentado ao interior do estuário, aumentando assim a vazão.

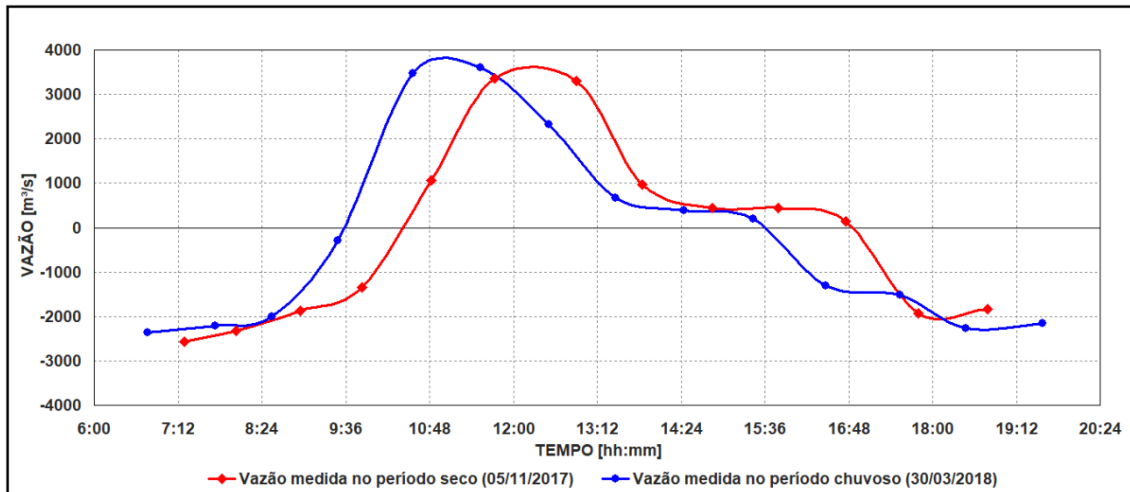


Figura 17 – Gráfico de vazão medido no período seco (vermelho) e período chuvoso (em azul).

Considerando a Tabela 7 a seguir, é possível constatar que, de modo geral, os máximos volumes foram observados durante o período chuvoso. O transporte de volume resultante do período chuvoso foi maior cerca de dez vezes o transporte de volume resultante do período seco.

O balanço de volume do período chuvoso foi bem mais expressivo do que o encontrado durante o período seco. Sugere-se a superioridade da vazante em transporte de volume, e em ambos os períodos se obtiveram os maiores resultados durante a vazante (Tabela 7).

Tabela 7 - Fluxo e transporte de volume medidos durante o período seco e chuvoso no estuário Mocajuba.

PERÍODO	SECO	CHUVOSO
Transporte de Volume Resultante (m ³ /s) :	-13.84	-134.11
Balanço de Volume (m ³) :	-2560.80	-4376.90
Máx Transporte Enchente (m ³ /s) :	-2761.80	-2643.60
Máx Transporte Vazante (m ³ /s) :	3341.70	3431.40
u Máx Enchente (m/s) :	-0.68	-0.60
u Máx Vazante (m/s) :	0.84	0.86

A superioridade da vazante é observada a partir da velocidade das correntes de vazante predominar perante as correntes de velocidades da enchente, em ambos os períodos, como mostram a Figura 18 e a Figura 19, respectivamente.

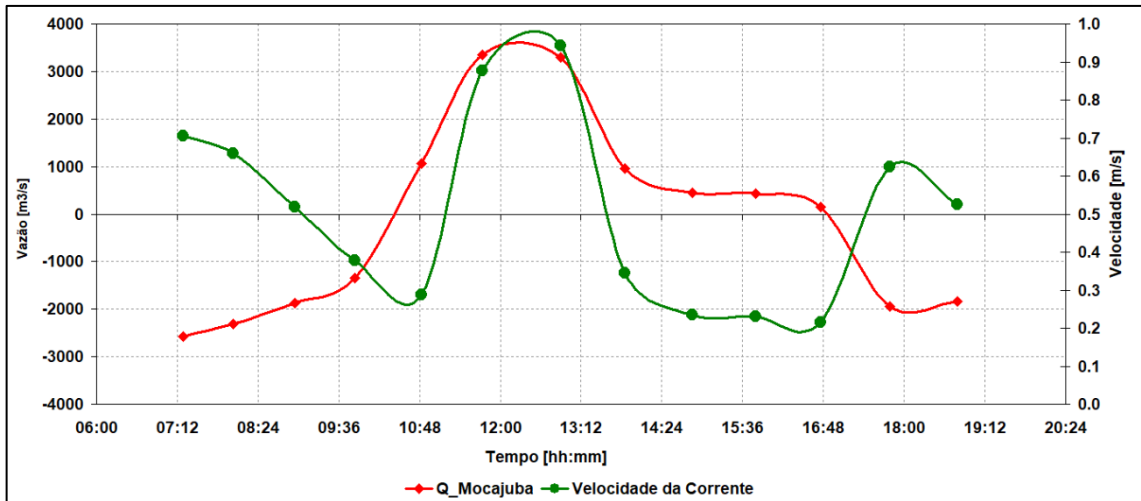


Figura 18 - Gráfico de Vazão x Velocidade das correntes durante o período seco.

Além disso, o período em horas da vazante é superior ao da enchente em ambos os períodos (Figura 17), sugerindo dominância da vazante, principalmente durante o período chuvoso onde se verifica que o período da vazante é aproximadamente 8 horas, enquanto que o período da enchente é em torno de 5,3 horas (Figura 19). Outros estudos realizados no estuário Mocajuba sugerem que as velocidades de vazantes são superiores às velocidades de enchente.

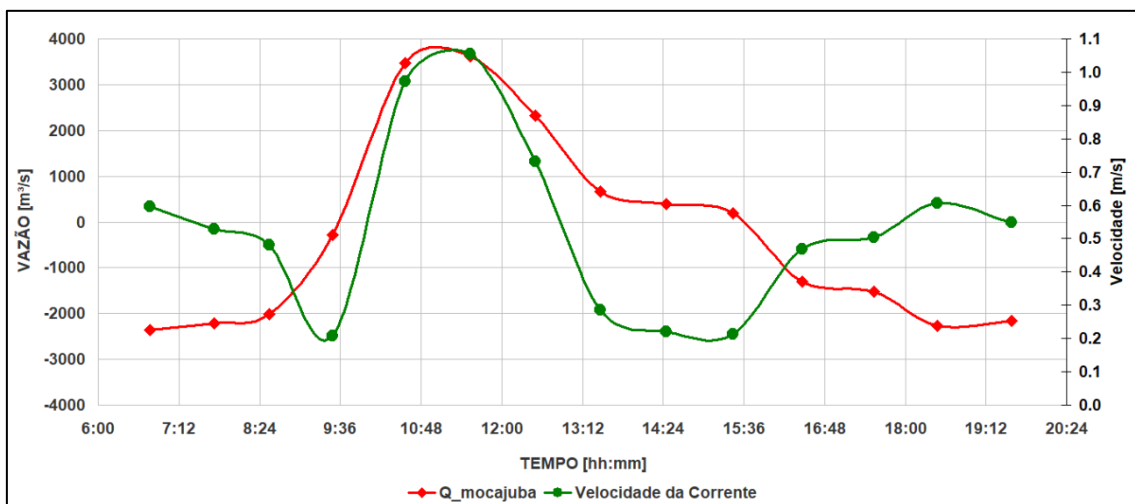


Figura 19 - Gráfico de Vazão x Velocidade das correntes durante o período chuvoso.

Durante o período seco as velocidades das correntes de vazante estão entre 1,0 m/s e 1,25 m/s enquanto as correntes de enchente estão acima de 0,75(m/s) e em alguns instantes podem chegar a 1m/s.

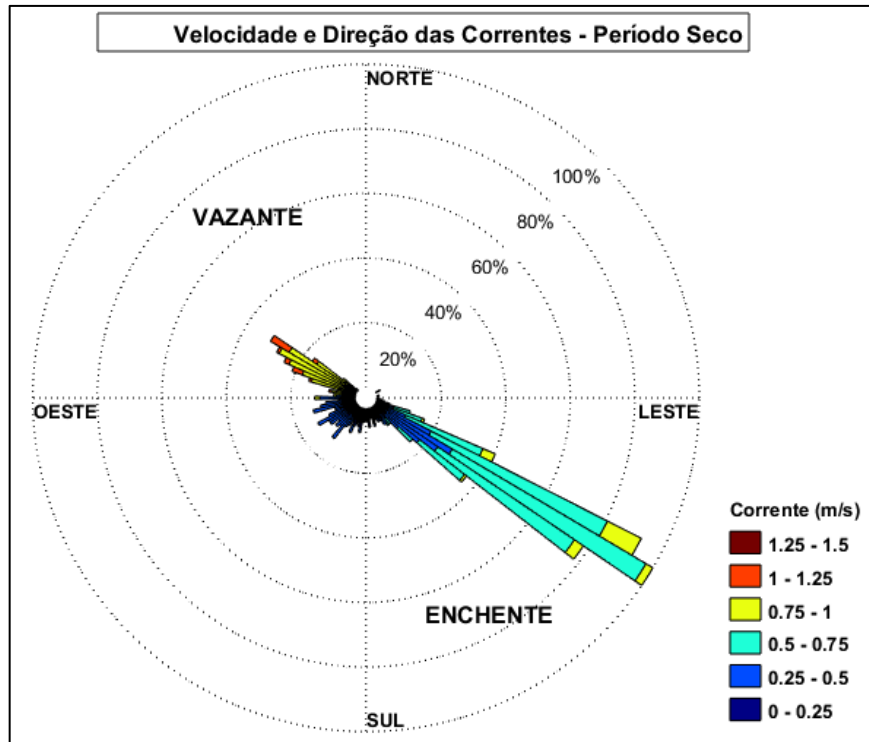


Figura 20 – Diagrama horaria das direções e velocidades das correntes medidas no período seco no estuário Mocajuba.

Para o período chuvoso (Figura 21) as correntes da enchente estão com velocidades entre 0,5m/s e 0,75 m/s e durante o momento de vazante as correntes variaram entre 0,75 m/s 1,25 m/s.

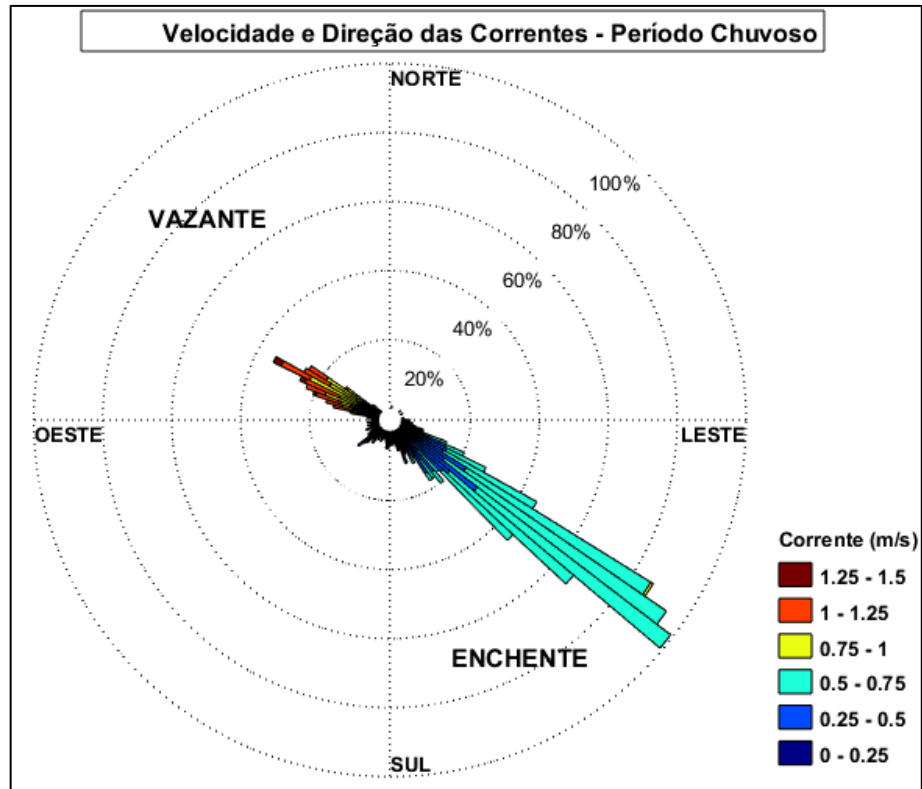


Figura 21 – Diagrama horaria das direções e velocidades das correntes medidas no período chuvoso no estuário Mocajuba.

Sendo assim, a vazante detém dominância perante a enchente, e notou-se que durante a enchente o fluxo resultante segue da foz em direção à montante do estuário Mocajuba e durante a vazante a direção é invertida, e o fluxo parte de montante à foz. Esse comportamento é observado em ambos os períodos sazonais.

6.2 DISCUSSÃO

O período seco é caracterizado pela intensa radiação solar em consequência da ausência ou pouca nebulosidade, e consequentemente pouca precipitação. A pluviosidade nos meses setembro, outubro e novembro na região amazônica é mínima e quando são incluídos à diminuição da vazão do estuário, é comum a entrada de águas oceânicas em estuários durante a enchente, e consequentemente há um aumento na concentração de íons nas águas. Porém, no período chuvoso ocorre muita formação de nuvens e a ocorrência de chuvas intensas que são somados ao volume dos córregos e pequenos afluentes, e estes são importantes para o aumento do volume das águas do estuário.

O estuário Mocajuba apresenta o regime de macromarés semidiurnas e assemelha-se a outros estuários localizados no Salgado Paraense, como estuário do rio Caeté, Mojuim e Gurupi (Asp *et al.* 2013; Calvacante 2007; Santos 2016).

Em novembro de 2017 a salinidade adentrou o estuário cerca de 32 km e não foram detectadas a presença de águas classificadas como água doce em toda a extensão do perfil longitudinal. Esse comportamento deve-se à ausência da pluviosidade combinados à descarga fluvial/vazão diminuída e o regime de maré mais intenso. A salinidade apresentou um padrão típico de estuários amazônicos dominados por marés, com gradiente decrescente da foz em direção a montante e média da salinidade menor no período chuvoso (Asp *et al.* 2013, Rocha 2015, Santos 2016; Valentim, 2018).

Durante os períodos sazonais estudados o estuário Mocajuba pôde ser classificado de acordo com o balanço de água em positivo e, de acordo com circulação estuarina e estrutura vertical de salinidade, como verticalmente homogêneo e apresenta-se segmentado longitudinalmente. Segundo Miranda *et al* (2002) estuários positivos são aqueles em que a água menos densa (proveniente da drenagem continental) fluem em direção ao oceano em superfície, e águas mais densas (provenientes da água marinha) adentram o estuário em regiões mais profundas. Esse tipo de movimento é conhecido como circulação gravitacional. Nos estuários verticalmente homogêneos a salinidade decresce da foz para montante sem existir um gradiente vertical de estratificação das águas, esta inexistência de um gradiente vertical salino é devida à mistura que ocorre nos estuários pouco profundos sob a influência de fortes correntes provocadas pela maré. (Miranda *et al.* 2002).

No estuário Mocajuba a salinidade variou muito pouco na coluna d'água, tanto longitudinalmente (dados apresentados na seção 6.1.1) quanto durante a seção transversal, e nota-se uma setorialização da salinidade quando se compara foz e montante, de modo, que os maiores valores de salinidade ocorram à medida que se aproxima da foz.

Quanto a corrente de maré, os estuários amazônicos são classificados como estuários de macromarés, ou seja, a maré detém força para adentrar ao interior do estuário, principalmente durante o período seco. De acordo com Pereira (2018), os dados hidrodinâmicos referentes ao rio Mocajuba sugerem que a hidrodinâmica é variada ao longo de todo o estuário e é proposto que o estuário possui hidrodinâmica de moderada à alta.

Segundo Santos (2016) o estuário Mocajuba é fortemente influenciado pela propagação de maré, apresentando um regime de macromaré com alturas de 4,9 m na sizígia e 3,2 m na quadratura. Além disso, foi observado em trabalhos anteriores neste estuário, que a onda de maré avança por mais de 25 km sem sofrer significativas alterações.

Em estudos anteriores no estuário Mocajuba, pode-se observar que durante o período chuvoso as velocidades das correntes de vazantes predominam, portanto, neste período, o estuário Mocajuba se comporta como um estuário dominado por vazante (Silva 2015). Neste estudo é possível observar que há um domínio da vazante perante a enchente, e nota-se a superioridade da vazante em transporte de volume, velocidades e tempo em horas.

Sendo assim, é possível classificar o estuário Mocajuba como verticalmente homogêneo, visto não há mudanças significativas na coluna d'água e as correntes de maré são fortes o suficiente para adentrar no estuário e favorecer a mistura das águas, principalmente durante o período seco.

Os estudos dos parâmetros físico químicos são importantes, pois definem as condições hidrológicas de acordo com o tipo de ambiente, clima, sazonalidade e mensura das condições antrópicas em estuários (Guimarães 2015). Porém, diversos autores atribuem a sazonalidade como fator de maior relevância na mudança do comportamento físico químico dos estuários (Alves 2010, Monteiro *et al.* 2008, Monteiro 2009, Monteiro *et al.* 2015)

A temperatura é o parâmetro que faz a medição da intensidade de calor, refletindo o grau de aquecimento das águas e da radiação solar, e depende de vários fatores como clima, composição geológica, condutividade elétrica das rochas, dentre outras (Matic *et al.* 2013). Este parâmetro permite também determinar se há poluição térmica pela descarga de efluentes (Sanchez 2006, Von Sperling 2007).

No que diz respeito a temperatura das águas do estuário Mocajuba, apresentou variação entre os dois períodos, com maior temperatura registrada no período seco, em média 30°C, e no período chuvoso 28°C, em média. Este resultado mostra uma estabilidade durante todo o ano, o que é característico da região equatorial (Esteves 2011; Matic *et al.* 2013).

Longitudinalmente a temperatura apresentou variação mínima entre superfície e fundo, porém, apresentou variação espacial ao longo do estuário. De modo geral, observou-se um comportamento constante de temperatura, variando somente devido a nebulosidade e insolação. No período seco teve média de 29,29°C e no período chuvoso observou-se média de 28,25°C.

Sugere-se que a maior incidência da radiação solar no período seco possibilite elevação da temperatura na água, principalmente na superfície e as menores temperaturas vistas no período chuvoso ocorram em função da cobertura de nuvens, praticamente durante o dia todo e que não permite a incidência de raios solares sobre a superfície d'água. No período seco ocorrem mais horas de incidência solar e possibilita o aumento da temperatura. (Alves 2012). Em profundidade nota-se que a temperatura é mais amena em comparação com a temperatura medida na superfície e sugere-se que este fato seja em consequência da incidência solar que é mais intensa na superfície e à medida que a coluna d'água ganha profundidade essa intensidade é diminuída. De acordo com Malheiros *et al* (2012) a temperatura diminui com a profundidade de um corpo hídrico e tem correlação com outros parâmetros.

O pH é uma variável abiótica importante nos ecossistemas aquáticos e de difícil interpretação pela quantidade de fatores que o podem afetar (Esteves 2011). Nas águas do estuário Mocajuba observou-se divergência nos níveis de pH nos dois períodos. No período seco foi praticamente constante ao longo da coluna d'água e apresentou um comportamento neutro durante todo o ciclo de maré. Já no período chuvoso durante a enchente o pH das águas apresentou um comportamento levemente básico e durante a vazante, um

comportamento neutro. Segundo Corrêa (2018), as variações de pH no estuário Mocajuba indicam uma influência da sazonalidade principalmente durante o período seco no qual a vazão fluvial diminui e a intrusão salina adentra limites maiores estuário acima, dando a característica de águas mais neutras a alcalinas.

No estuário Mocajuba, longitudinalmente, nota-se elevados teores de pH próximos a desembocadura do estuário e menores à medida que se percorre estuário acima. Porém durante o período chuvoso, onde foi possível adentrar ainda mais no estuário notou-se concentrações de pH superiores a 8 entre os pontos 32 e 35, Pereira (2018) indica a ocorrência da deposição de carbonato de cálcio à montante do estuário Mocajuba.

No estuário Mocajuba, teores maiores que 15% de CaCO_3 , associadas ao sedimento inferem que organismos bentônicos formadores de carapaças de CaCO_3 são responsáveis por deposição em comparação aos planctônicos, diatomáceas com carapaças silicosas. (Vilhena *et al.* 2014 *apud* Pereira 2018). Assim, a presença do bentos aumenta os teores tanto de CaCO_3 e torna o ambiente propício para o assentamento dos juvenis, favorecendo a produção da maricultura pela população local. Sendo assim é possível que a elevação do pH no trecho final do estuário Mocajuba seja em decorrência ao depósito de organismos de carapaça de bivalves e ostras, no qual, podem influenciar o pH das águas.

Os valores de pH são influenciados pelos ciclos de marés (Macêdo *et al.* 2000), de acordo com Von Sperling (2007), fatores naturais como a dissolução de rochas e a fotossíntese e/ou respiração, ou fatores antrópicos como os esgotos domésticos e industriais afetam o pH. Segundo Silva (2008), com o aumento das chuvas o pH tende a subir, pois aumenta a diluição de compostos dissolvidos e há um escoamento maior.

Segundo a resolução n° 357 (Conama, 2005) os limites toleráveis do pH em águas doces estão entre 6 a 9, sendo assim, não se pode concluir que neste trecho as águas estejam poluídas.

Portanto, a diminuição da vazão fluvial e pluviosidade no período seco faz com que a entrada da intrusão salina nas águas estuário acima gere águas mais neutras e alcalinas, aumentando o pH durante a enchente. E durante a vazante sejam exportadas estuário abaixo

águas mais ácidas, oriundas dos ácidos orgânicos dos manguezais, diminuindo assim o pH. E o aumento das concentrações de pH no trecho final do estuário seja recorrente à ocorrência do depósito de organismos de carapaça de bivalves e ostras, que influenciam o pH das águas.

Em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas (estação de seca e de chuva) da região onde se localizam (Esteves 1998).

Nas águas do estuário Mocajuba a condutividade apresentou concentrações máximas durante o período seco comparado ao período chuvoso. E em ambos os períodos observou-se elevada condutividade durante a enchente, e na desembocadura do estuário. Esse aumento da condutividade está relacionado com a sazonalidade e a entrada de águas costeiras, com consideráveis quantidades de íons dissolvidos na água, combinados com a diminuição da vazão fluvial. Segundo Esteves (2011), a condutividade muda com a sazonalidade sendo menor no período chuvoso por causa do aumento do fator de diluição dos íons, não obstante o lançamento de efluentes industriais poderem elevar os valores da condutividade elétrica independentemente da sazonalidade. Portanto, a condutividade no estuário Mocajuba está relacionados com a sazonalidade, e a entrada de águas, com maior concentração de sais dissolvido, visivelmente notados durante o período seco, visto que esse período apresentava menor influencia das chuvas.

Considerando a turbidez e os sólidos totais dissolvidos, ambos tiveram comportamento de acordo com a sazonalidade, profundidade da coluna d'água e oscilação de maré. A turbidez apresentou maiores concentrações no período chuvoso, devido o aumento do carreamento sedimentar em consequência do aumento da vazão fluvial, enquanto, os sólidos totais dissolvidos tiveram comportamento inverso, ou seja, as concentrações no período chuvoso foram menores.

A turbidez tem relação direta com a concentração de MPS na coluna d'água, e a intensa ação das chuvas e da descarga fluvial no período chuvoso faz com que os sedimentos sejam carregados e transportados para dentro dos rios, fazendo com que a transparência da água seja afetada. Além disso, os rios da Amazônia são caracterizados como estuários de macromarés, e nestes estuários o MPS tende a ser elevado devido a ressuspensão desses sedimentos pela ação das marés (Burford *et al.* 2008). No período seco a concentração de MPS diminui em

consequência da redução da vazão fluvial e da ação das chuvas conseqüentemente a turbidez das águas neste período é menor.

Constatou-se que as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos ocorreram durante o período seco, e este comportamento está relacionado com a menor intensidade da pluviosidade. Em ambos os períodos as concentrações de STD na maré da enchente foram superiores a maré vazante. Portanto, os valores podem estar relacionados com a sazonalidade e oscilação da maré. O mesmo foi observado em outros estudos, Santos *et al.* (2008), Alves *et al.* (2012) e Corrêa (2018) também verificaram elevadas concentrações de sólidos totais dissolvidos nos períodos de menor pluviosidade (julho a dezembro) nas águas da baía do Marajó, em Cachoeira do Arari (PA), e nos rios Mojuim e Mocajuba (PA), respectivamente.

OD e OD% foram praticamente homogêneas na coluna d'água em ambos os períodos e apresentaram concentrações elevadas durante a maré de enchente comparada com a maré vazante. Segundo Macêdo *et al.* (2000) as maiores concentrações de oxigênio dissolvido são obtidas nas áreas de maior influência salina, influenciados pelos ciclos de marés, taxas de fotossíntese e respiração. Outros estudos realizados por Schettini *et al.* (2000) também detectaram menores concentrações de oxigênio dissolvido no período de maré vazante e maiores concentrações com o aumento do nível da maré e da salinidade.

Geralmente o aumento de oxigênio na coluna d'água está associado a altas taxas de sedimentação que aumentam a transparência da água, favorecem a penetração solar, principalmente no período menos chuvoso e, conseqüentemente, intensifica a atividade fotossintética, a qual influencia diretamente na elevação das concentrações desse gás (Monteiro *et al.* 2015). Porém, durante o período seco as concentrações de oxigênio foram menores comparados ao período chuvoso, isso sugere alto consumo de oxigênio dissolvido na coluna d'água no período seco em comparação ao período chuvoso.

Lara & Dittmar (1999) ao verificarem a dinâmica de nutrientes no furo do Chato na baía de Caeté em Bragança, constataram a queda das concentrações média de OD no período seco no qual, possivelmente, estaria relacionado com a produção primária na coluna de água durante o dia e à noite, dinâmica de águas subterrâneas e regime das marés. Perez *et al.* (2017) também perceberam o OD significativamente maior no período chuvoso ao avaliar características biogeoquímicas do rio Zarumilla no Peru, em decorrência do carreamento de

águas oxigenadas acentuadas com a alta pluviosidade, enquanto que o oposto foi visto no período seco.

A concentração de oxigênio dissolvido na água é o resultado da interação de diversos processos (Janzem 2008). Segundo Lima *et al.* 2014, as concentrações de oxigênio dissolvido podem estar relacionadas a ação da velocidade e intensidade das correntes de maré e, sua baixa concentração pode estar relacionada a diminuição da velocidade das correntes na baixa mar e preamar.

Podem variar com a temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética de algas e plantas e pressão atmosférica. A solubilidade do oxigênio decresce quando a temperatura e salinidade aumentam. (Arruda *et al.* 2015). Como visto, a oxigenação depende de vários fatores, no entanto, a temperatura da água destaca-se pela sua importância, uma vez que quanto mais elevada for, menores concentrações de oxigênio dissolvido à água possuirão. Ou seja, temperatura e salinidade elevadas durante o período seco juntamente com o consumo de oxigênio pelos organismos aeróbicos fazem as concentrações de OD decrescerem na coluna d'água.

Considerando os limites toleráveis de oxigênio dissolvido estabelecidos pela Resolução n°357 CONAMA as águas do estuário Mocajuba apresentaram no período seco concentrações inferiores ao estabelecido pela resolução para águas salinas e salobras, sendo assim, as águas do estuário Mocajuba não estão dentro do padrão CONAMA para oxigênio dissolvido.

7. CONCLUSÕES

O estuário Mocajuba pode ser classificado como verticalmente homogêneo, visto que sua dinâmica de circulação é regulada por correntes de maré e descarga fluvial.

As velocidades de corrente e o período em horas do ciclo de maré vazante indicam que o domínio do estuário Mocajuba é dado pela maré vazante. Em ambos os períodos sazonais a maré vazante obteve os maior transportes de volumes e velocidades de correntes perante a maré de enchente.

A extensão da intrusão salina no estuário Mocajuba tem alcance diferenciado de acordo com o período sazonal. Durante o período seco, observou-se que ao longo do trecho do transecto longitudinal não foram detectadas águas com salinidades inferiores a 20. Durante o período chuvoso, com o aumento da pluviosidade e vazão, o alcance da intrusão salina foi reduzido, e próximo ao trecho 35 não foram verificadas concentrações de sais na água.

Os parâmetros físico químicos variaram em função da sazonalidade e influência dos ciclos de maré. Além disso, foi observado um gradiente decrescente em direção a montante dos parâmetros condutividade, oxigênio dissolvido, pH e sólidos totais dissolvidos que apresentaram relação direta com a entrada de águas com elevadas concentrações de salinidade, oriundas do oceano. A temperatura variou principalmente em função da incidência solar e cobertura de nuvens e apresentou estabilidade típica da região equatorial. As maiores concentrações de turbidez foram durante o período chuvoso em detrimento do aumento da carga sedimentar no estuário.

A qualidade da água através da análise das propriedades físico químicas durante os períodos estudados permitiu concluir que as águas do rio Mocajuba não são adequadas ao consumo humano, pois são classificadas como águas salinas e salobras, de pH alcalino a neutro com altas concentrações de STD e condutividade relativamente alta. Porém de acordo com Resolução n° 357 (CONAMA 2005) as águas do estuário estão adequadas para atividades recreativas, pesca e outros usos. Os limites de concentração de cada parâmetro com exceção do oxigênio dissolvido estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução, sendo assim, o estuário apresenta-se livre de fontes contaminantes.

A análise da extensão da intrusão salina e distribuição dos parâmetros físico químicos na coluna d'água, bem como a avaliação da qualidade da água em diferentes períodos sazonais neste estudo podem ser incorporadas e implementadas nas diretrizes de gestão de recursos e avaliação desses ambientes, como por exemplo, ao relacionar as espécies utilizadas na pesca e sua susceptibilidade a variação da salinidade, oxigênio dissolvido e pH, entre outros. Espera-se que as informações apresentadas neste trabalho possam contribuir para futuros estudos na região e para as comunidades próximas ao estuário Mocajuba, levando conhecimento das questões hidrodinâmicas e físico químicas dos estuários amazônicos que são de suma importância. Além disso, espera-se que este trabalho possa fornecer informações para a caracterização da zona costeira amazônica.

REFERÊNCIAS:

- Alves I. C. C. 2010 *Hidrologia e biomassa fitoplanctônica do sistema fluvio-estuarino do Rio Arari (Ilha do Marajó)* MS Dissertation, Instituto de geociências, Universidade Federal do Pará.
- Alves I. C. C., El-Robrini, M., Santos M. L. S.; Monteiro S. M., Barbosa L. P. F., Guimarães. J. T. F. 2012 Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazônica*, **42**: 115-124.
- Arruda G. B., Correia K. V., Oliveira R. S.; Brainer Neto J. E., Araújo, F. P., Carneiro, K. W. F. S. 2015 Análise da qualidade da água do riacho Moraes em área influenciada pela produção de gesso no município de Araripina, PE – *Brasil Revista de Geologia*, **28** :27 – 38.
- Asp N. E., Freitas P. T. F., Gomes V. J. C., Gomes J. D. 2013. Hydrodynamic overview and season variation of estuaries at the eastern sector of the Amazon coast. *Journal of Coastal Research*. **65** :1092-1097.
- Assis A. A. A. *Panorama da indústria de água mineral na região metropolitana do Recife*. 2012. MS Dissertation, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Barreto G. A. M. 2011 *O papel da Maré e da descarga fluvial na circulação do estuário do rio Araranguá*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Baumgarten M. G. Z. & Pozza, S. 2001. *Qualidade de águas*: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande, Ed. Da FURG, 164.
- Bianchi T. S. 2007. Biogeochemistry of estuaries. Eos, Transactions American Geophysical Union, New York.
- Burford M. A., Alongi D. M., Mckinnon, A. D., Trott, L. A. 2008. Primary production and nutrients in a tropical macrotidal estuary, Darwin Harbour, Australia. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. **79** :440 – 448.
- Calazans D. K. 2011 *Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático*. Pelotas, RS, Textos, 461p.
- Camargo R. & Harari J. Marés. In Castello J. P., Krug L. C. 2015. *Introdução a ciencias do mar*. 1º ed. Pelotas, Editora Textos, 602 p.
- Cavalcante G. H. 2007. *Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil*. Phd Thesis, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 139p.
- Christofoletti A. *Análise de sistemas em geografia*. São Paulo, HUCITE; EDUSP, 1980.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA) Resolução nº 20(1986) *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 jul. 1986. p.11356.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, n. 53, 18 mar. 2005, p. 58-63.

Corrêa A.W.R 2018. *Conectividade estuarina amazônica: um estudo de caso entre os rios Mojuim e Mocajuba*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Belém, 61p.

Davies J. L. 1964 A morphogenic approach to world shorelines. *Journal Zeitschrift für Geomorphology*, Mortensen Sonderheft, **8** : 127-142.

Dyer K. R. *Estuaries - A physical introduction*. 1997. 2º ed. West Sussex, John Wiley & Sons Ltd. EEA (European Environment Agency) Integrated Environmental Assessment of coastal zones, 44p.

Esteves A. E. *Fundamentos de limnologia*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência. P.575. 1998.

Esteves F. *Fundamentos de limnologia*. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

Esteves F. A. *Fundamentos de limnoquímica*. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575p.

Feitosa F. A. C. E, Filho J. M. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 2. Ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. 391 p

Feitosa, F. A. N.; Silva-Cunha M. G. G.; Passavante J. Z. O.; Neumann-Leitão S. & Lins I. 1999. A. Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiânia, Pernambuco, Brasil.. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, **27**:15-25.

Fidellis, C de N. A. 2013. *A pesca de curral no município de São Caetano de Odivelas*. Dissertação (Mestrado em Ecologia aquática e pesca da Universidade Federal do Pará)

Figueroa S. N & Nobre C. A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South América. *Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática*. **5**:36-45.

Franco A. S. 1997 *Marés: fundamentos, análises e previsão*. 1 ed. Niterói/ RJ: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 268p.

Frazão E. P. 2003. *Caracterização hidrodinâmica e morfosedimentar do estuário pontengi e áreas adjacentes: subsídios para controle e recuperação ambiental no caso de derrames de hidrocarboneto*. 197 f. MS Dissertation, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Garrison T. 2010. *Fundamentos de oceanografia*. Tradução da 4. Ed. Norte-Americana, 1942. Cengage Learning. São Paulo. 440p.

Guimarães R. H. E. 2015. *Influência da sazonalidade sobre águas estuarinas dos furos da ilha de colares (Baía do Marajó)*. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) -. Rio de Janeiro, 2010.

Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBIO) - Caracterização dos Aspectos Socioambientais e Econômicos da Reserva Extrativista de São João da Ponta e Proposta de Estudos Complementares. São João da Ponta: 2010.

Janzen J. G. 2008 Medidas da Concentração de Oxigênio Dissolvido na Superfície da Água. In: *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*. Rio de Janeiro. **13** (3):278-283.

Kjerfve B. 1989. Estuarine geomorfology and physical oceanography. i: Day JR., J.W.; Hall, C.A.S.; Kemp, W.M. & Yáñez-arancibia, A. (Ed). *Estuarine Ecology*. John Wiley and Sons, New York, p. 558.

Lara R. J.; Dittmar T. 1999. Nutrient dynamics in a mangrove creek (North Brazil) during the dry season. *Mangroves and Salt Marshes*. **3**:185-195.

Lima J. O. G, França A. M. De M, Loiola H. G., Lopes F. C. C, Lima J. R. 2012. Os sólidos totais dissolvidos (std) e a condutividade elétrica (ce) nas águas de poços do município de Crateús-CE In 7º CONNEPI – Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação – Palmas (TO)

Lima M. W., Alves M. A. M. da S, Santos M. L. S, Ribeiro A. M., Santos E. T., Nunes D. M. 2014. Influência do Ciclo de Maré na Variação dos Parâmetros Físico-Químicos no Estuário do Rio Curuçá, Nordeste Paraense Boletim Técnico Científico. *Cepnor*, **14**:09 – 15.

Lima M. N. B. *Biologia reprodutiva, crescimento cultivo da ostra-do-mangue crassostrea gasar adanson (1757) (Mollusca: Bivalvia) em manguezais da Costa Amazônica, Brasil*. Phd Thesis Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará 2015, 70p.

Lopes S. B. A., Silva A. M. Q., Rodrigues E. A., Silva M. H. V. Aspecto da intrusão salina no rio Mocajuba (PA). In: CBQ, 48º Congresso Brasileiro de Química. Rio de Janeiro, [*Química na Proteção ao Meio Ambiente e à Saúde: resumos expandidos*]. 2008. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/5/5-530-4666.htm>. Acesso em: 13/out/2018

Macêdo S. J., Flores-Montes M. J., Lins I. C. 2000 Características abióticas da área. In: Barros H. M., Eskinazileça E., Macêdo S. J., Lima T. (eds.) *Gerenciamento participativo de estuários e manguezais*. Recife, Ed. Universitária da UFPE, p.7-25.

Malheiros C. H., Hardoim E. L., De Lima Z. M., Amorim R. S. S. 2012 Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). *Revista Ambiente & Água*, **7** (2): 245-262.

Matic N., Miklavcic I., Maldini K., Damir T., Cuculic V., Cardellini C. 2013 Geochemical and isotopic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia). *Journal of Geochemical Exploration*, (132) :90–110. Disponível em: [Http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.06.007](http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.06.007). Acesso em: 20/nov/2018.

Medeiros P. R. P., Knoppers B. A., Santos Junior R. C., Souza W. F. L. 2007 Aporte fluvial e dispersão da matéria particulada em suspensão na zona costeira do estuário do rio São Francisco (SE/AL). *Geochimica Brasiliensis*, **21**(2): 209-28.

- Medeiros P.R.P., Santos M.M., Cavalcante G.H., Souza W.F.L., Silva W.F. 2014. *Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/SE): efeitos de barragens no transporte de materiais na interface continente-oceano.*
- Melo G. V. 2017 *Salinity intrusion in the Guapimirim estuary*, Rio de Janeiro.
- Mendes A. C., Silva M. S., Santos V. F. 2001 Análise do meio físico para gestão ambiental das ilhas de Algodão e Atalaia (Nordeste do Pará). In: Prost M. T. & Mendes (orgs). *Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi
- Miranda, L. B., Castro, B. M., Kjerfve, B. 2002. *Princípios de oceanografia física dos estuários*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 134 p.
- Möller-Junior O. O. & Assef, C. R. de C. 2015. Propriedades Físicas da Água. In: Castello J. P, Krug L. C. *Introdução a Ciências do Mar*. Pelotas: Editora Textos. 602 p.
- Monteiro M. C., Pereira L. C. C., Guimarães, D. O., Costa R. M., Vieira S. R. S., Filho, P. W. M. S. 2008 *Aspectos físico-químicos, microbiológicos e hidrodinâmicos do estuário do caeté, Bragança-Pa*. Associação Brasileira dos estudos do quarternário.
- Monteiro S. M. 2009 *Dinâmica dos parâmetros abióticos na zona de mistura do estuário do rio Paracauari, ilha do Marajó*. MS Dissertation. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 90-92, 99-102, 134p.
- Monteiro S. M. El-Robrini M. Alves I. C. C. 2015. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuários amazônicos. *Mercator*, Fortaleza. **14**(1):151-162, jan-abr.
- Pereira C. T. do C. 2006. Caracterização hidrogeoquímica do estuário do rio Curuçá. (Município de Curuçá – NE Paraense). MS Dissertation, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém.
- Pereira D. R. 2018. *Limitações da setorização sedimentar do estuário Mocajuba*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Pará.
- Pérez A., Gutiérrez, D., Saldarriaga M. S, Sanders C. J. 2017. Hydrological control on the biogeochemical dynamics in a Peruvian mangrove forest. *Hydrobiologia*. **803**: 69-86.
- Prandle D. 2009 *Estuaries. Dynamics, Mixing, Sedimentation And Morfology*. University of Wales, UK, Cambridge University Press.
- Pritchard D.W. 1967. What is an estuary: physical view point. *Estuaries*. American Association for the Advance of Science, **83**(1): 3 – 5.
- Rocha A. S. 2015 *Caracterização Física do Estuário do Rio Mojuim em São Caetano de Odivelas – PA*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém.
- Sanchez L. E. 2006. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo, Oficina de Textos, p. 24

- Santos A. S. 2015. *Modelagem matemática do sistema estuarino dos rios Mojuim e Mocajuba (Pará- BR)*. MS Dissertation. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém.
- Santos M. L. S., Medeiros C., Muniz K., Feitosa F. A. N., Schwamborn R., Macedo S. J. 2008 Influence of the Amazon and parárivers on Water Composition and phytoplanktonbiomass on the Adjacent Shelf. *Journal of Coastal Research*, (24):585-593.
- Schäfer A. 1985 *Fundamentos de ecologia e biogeografia de águas Continentais*. Porto Alegre, Ed.da UFRGS. 532p.
- Schettini C. A. F., Pereira F. O. J., Spillere L. 2000. Caracterização oceanográfica biogeoquímica dos estuários dos rios tavares e defuntos, reserva extrativista de pirajubaé, Florianópolis, SC. Notas técnicas. *Facimar*, 4:11-28.
- Schmiegelow J. M.M. 2004 *O Planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 202p.
- Serviço geológico do Brasil. CPRM – Programa de Levantamento Geológico do Brasil. 2010. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 24 maio 2018.
- Silva A. E. P., Angelis C. F., Machado L. A. T., Waichaman, A.V. 2008 Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazonica*, 38(4):733-742.
- Silva A. M. da P. 2017. *Estudo dos parâmetros meteoceanográficos de um estuário amazônico*. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Silva A. M. M. 2015. *Propagação da maré ao longo do estuário Mocajuba, nordeste Paraense*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Pará, Bragança.
- Silva C. A. R. 2011 *Oceanografia química*. Rio de Janeiro, Interciência, p 195.
- Silva M. C. 2000 Estuários - critérios para uma classificação Ambiental. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5(1): 25-35.
- Silva Júnior L. G. A., Gheyi, H. R., Medeiros J. F. 1999. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 3(1):11-17.
- Silveira J. D. 1972 Morfologia do litoral. In: Azevedo A. (Ed.) *Brasil, a terra e o homem*. São Paulo, Cia. Editora Nacional, v.1, p. 253-305.
- Souza Filho P. W. M., 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*. 23(4): 427 – 435
- Teles G. C. 2016 *Análise da paisagem na bacia hidrográfica do rio mocajuba, nordeste paraense, a partir do modelo teórico GTP*. MS Dissertação, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa De Pós-Graduação Em Geografia, Universidade Federal do Pará.

Thom B. G. 1984. Coastal landforms and geomorphic processes. *In: Snedacker S. & Snedacker (eds.). The mangrove ecosystem: research methods.* Paris.

Toste R., Rosman, P. C. C., Freitas M. A. V. 2017. Saline intrusion response to sea level rise and its implications on water and coastal management: a case study in Brazil, *Journal of Water Resource and Protection* **9**:510-522.

Valentim M. M. 2013. *Relação da salinidade e turbidez nos limites de um estuário amazônico.* Trabalho de conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

Vilas Boas D. F. 1990. *Distribuição e comportamento dos sais nutrientes elementos maiores e metais pesados na Lagos de Patos, RS.* MS Dissertation, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 122p.

Vilhena M. D. P S.P., Costa M.L.D., Berrêdo J. F., Paiva, R. S., Almeida, P. D. 2014. Chemical composition of phytoplankton from the estuaries of Eastern Amazonia. *In* Pereira, D. R. 2018. *Limitações da setorização sedimentar do estuário Mocajuba.* Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Pará.

Vinzón S. B. & Gallo M. N. 2004 Efeito da vazão fluvial nas componentes harmônicas de maré no estuário do rio Amazonas. *In: 21º Congresso Latino Americano de Hidráulica, São Pedro - SP.*

Von Sperling M. 2007. *Estudos de modelagem da qualidade da água de rios.* Belo Horizonte: UFMG.V. 7. 452 p

Von Sperling M. 2005. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.* 3º ed. Belo Horizonte, UFMG, 588 p

Zacarias N. G. R. 2007. *Influência da batimetria e do caudal fluvial na propagação da maré no estuário do rio Minho.* Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Ciências do Ambiente, Ramo Qualidade do Ambiente, Universidade de Évora.