



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS
METEOCEANOGRÁFICOS EM UMA REGIÃO COSTEIRA
PRAIAL NO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ**

Trabalho apresentado por:

ROBINSON DA CRUZ ANDRADE

Orientador: Msc. Adriel Guimarães Carneiro – (UFPA)

Coorientador: Dr. Marcelo Rollnic – (UFPA)

BELÉM/PA
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

**CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS
METEOCEANOGRÁFICOS EM UMA REGIÃO COSTEIRA
PRAIAL NO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ**

Trabalho apresentado por:

ROBINSON DA CRUZ ANDRADE

Orientador: Msc. Adriel Guimarães Carneiro – (UFPA)

Coorientador: Dr. Marcelo Rollnic – (UFPA)

BELÉM/PA

2022

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)

- A553c Andrade, Robinson da Cruz.
Caracterização de parâmetros meteocanográficos em uma região costeira praial no Estuário do rio Pará / Robinson da Cruz Andrade. — 2022.
xi, 32 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Me. Adriel Guimarães Carneiro
Coorientador(a): Prof. Dr. Marcelo Rollnic
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2022.
1. Estuário. 2. Rosa dos ventos. 3. Físico químico.
4. Meteocanografico. 5. Rio Pará. I. Título.

CDD 551.4607



**Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Faculdade de Oceanografia**

**CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS
METEOCEANOGRÁFICOS EM UMA REGIÃO COSTEIRA
PRAIAL NO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ**

Trabalho apresentado por

ROBINSON DA CRUZ ANDRADE

**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Bacharel na Área de
OCEANOGRAFIA, Linha de pesquisa em Oceanografia Física**

Data de Aprovação: 23/02/2022

Conceito: Bom

Banca Examinadora:

Msc. Adriel Guimarães Carneiro
(Orientador - UFPA)

Prof. Dr. Marcelo Rollnic
(Coorientador - UFPA)

Prof. Dr. Renan Rosário Peixoto
(Membro - UFPA)

Msc. Ângela Carolina Cidon Mascarenhas
(Membro - UFPA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Aos meus pais Robinson e Nilda pela confiança, apoio e todo suporte tanto financeiro quanto emocional que precisei nessa caminhada até aqui e também aos meus irmãos Rian e Rafael pelos momentos de descontração nos dias difíceis que tive.

Tiro um parágrafo em especial para agradecer a minha mãe que demais me incentivou a estudar, a me qualificar e a nunca desistir, agradeço demais pelos vários momentos de conversa e reflexões sobre a vida, a correr atrás daquilo que sonhei e de servi de apoio emocional quando eu mais precisei, saiba que esse tcc não é só meu e seu também.

Aos meus amigos de faculdade da turma de 2016 aqueles de outras turmas pelo apoio e por acreditar em mim desde sempre. E em especial aos meus amigos de curso Jackson Barros, Ramon Alexandre e Luana Moraes pela parceria, cervejadas e ajudas nos momentos finais de curso, vocês foram um dos pilares nessa reta final, nunca irei esquecer.

A minha melhor amiga Amanda Pinheiro pelas conversas construtivas, apoio emocional no momento difícil que passei, por me fazer não desistir do curso e pelas cervejadas em Barcarena que sempre foram a válvula de escape que sempre precisei.

A todos do atual LAPMAR – Laboratório de Pesquisa em Monitoramento Ambiental e Marinho. Pelo suporte e dicas no meu trabalho e apoio durante a minha estadia, serei eternamente grato.

Ao Prof. Dr. Marcelo Rollnic, por ter me dado a oportunidade de ingressar no laboratório de oceanografia física. obrigada pelos conhecimentos repassados, pela atenção, confiança concedidas dentro do laboratório, e por isso serei eternamente grato.

Ao meu orientador Adriel Carneiro, pelos ensinamentos e trocas de experiência, que me ajudou em todas as etapas, que me incentivou a não desistir, que viu a minha dificuldade, foi compreensivo e me ajudou nos momentos tensos do tcc, serei grato sempre a você.

Ao projeto OCA pelos dados disponibilizados e pela oportunidade de bolsa de estudar a área de Cotijuba, serei grato sempre a você.

E a todas as outras pessoas que já passaram pela minha vida e que direta ou indiretamente participaram desta conquista e me transformaram na pessoa que sou hoje.

"Nada pode ser obtido sem uma espécie de sacrifício, esta é a lei da troca equivalente." Alphonse Elric

RESUMO

A bacia hidrográfica amazônica é uma das bacias mais importante da região norte do Brasil, possuindo uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 Km² e ocupando 42% da superfície do território nacional, além de incontáveis rios e tributários, abrangendo 7 estados brasileiros. A ilha de Cotijuba, está localizada no Estuário do Rio Pará (ERP) a 109 km de distância da foz, sob influência da zona de convergência intertropical (ZCIT). A ilha possui área de 16.055 km² e 20 km de extensão praial, com sua porção oeste margeando a foz da baía do Guajará. Diante o exposto, este trabalho tem como objetivo de fazer descrição dos aspectos meteoceanográficos e parâmetros físico-químicos em função da sazonalidade climática (precipitação e condições de descarga) e oscilações da maré. Para isso, foram usados sensor de pressão como CTD (Conductivity, Depth and Temperature) e a estação meteoceanográfica para coleta de vento, direção e precipitação no ano de 2017 a 2018. Foram analisados valores de salinidade, temperatura e Snível, além de precipitação, velocidade e direção do vento, bem como a influência da El Niño Oscilação Sul (ENOS) na precipitação, além de analisar esses dados através da correlação o teste estatístico Kruskal-Wallis e de Pearson. Os resultados obtidos através do percentil expuseram que nos dados físico-químicos há uma elevada amplitude térmica causada pela oscilação sazonal nos períodos analisados, sendo que tanto a temperatura quanto a salinidade apresentam seus máximos nos meses de setembro, outubro e novembro de menor precipitação registrada. O regime de ventos apresentou tendência a nor-noroeste como direção de maior ocorrência nos meses de setembro a novembro, e maiores valores de velocidade em nor-nordeste nos meses janeiro a março; a precipitação apresentou máximos nos meses de fevereiro a março, com valores na casa de 300 mm; os mínimos foram encontrados nos meses de setembro a novembro, com valores atingindo 100 mm. A correlação de Pearson mostrou uma possível relação de precipitação e velocidade do vento nos períodos de fevereiro a março e uma considerável correlação de direção e precipitação no mês de outubro.

Palavras-chave: estuário; rosa dos ventos; físico-químico; meteoceanografico; rio Pará.

ABSTRACT

The Amazon hydrographic basin is one of the most important watershed in the Brazilian northern region, having a drainage area of 6,112,000 km² and occupying 42% of the national territory, besides countless rivers and tributaries, covering 7 Brazilian states. The Cotijuba Island, is located on the Pará River Estuary (PRE), 109 km away from its mouth, under the influence of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). This Island has an area of 16.055km² and 20km of beach length, with the western portion bordering the mouth of the Guajará Bay. In the light of the foregoing, this work aim was to describe the mete-oceanographic aspects and physical-chemical parameters, according to climatic seasonality (rainfall and discharge conditions) and tidal variations. In this regard, were used pressure sensor such as CTD (Conductivity, Depth, and Temperature) and the meteo-oceanographic station as means of collecting wind, direction and precipitation, between the years 2017 and 2018. Salinity, temperature, and level values were also analyzed, as well as precipitation, wind speed and direction, besides the influence of the phenomenon El Niño South Oscillation (ENSO) on precipitation, in addition to analyzing these data through the kruskal wallis and Pearson correlation. The results obtained through the percentile showed that the physical-chemical data exhibited a high thermal amplitude caused by the seasonal oscillation in the analyzed periods, with both temperature and salinity having their maximum in the months of lowest rainfall recorded. The wind regime presented a tendency to north-northwest as the direction of greatest occurrence in September to November, and higher values of speed in the north-northeast in the months January to March; the precipitation presented maximums in February to March, with values at 300mm; the minimum was found in September to November, with values reaching 100mm. Pearson's correlation showed a high correlation between precipitation and wind speed in the periods from February to March and a high correlation between direction and precipitation in October.

Keywords: estuary; compass rose; physical-chemical; Mete-oceanography; Pará river.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Rosa dos ventos (fonte:climaeambiente)	4
Figura 2 - mapa de localização da ilha de Cotijuba.....	7
Figura 3 - Normal Climatológica de precipitação da cidade de Belém, PA, de 1991 a 2021. No eixo Y apresenta as precipitações totais, em mm, e no eixo X a média dos totais mensais.	8
Figura 4 - (A) Estação Meteoceanográfica montada no rio Pará, (B) Estação Meteorológica GMX600, (C) Sensor Inteligente CT2X e (D) Data Logger da Campbell Scientific. Fonte: (Silva 2017)	9
Figura 5 - a) Sensor utilizado para a coleta mensais de dados condutividade, temperatura e pressão no estuário do rio Pará, de 2017 a 2018. (Fonte: Sea-bird Scient)	10
Figura 6 - Parâmetros físico-químico de setembro e outubro 2017	16
Figura 7 - Parâmetros físico-químico de novembro 2017	17
Figura 8 - Parâmetros físico-químico de abril e maio 2018	17
Figura 9 - Parâmetros físico-químico de junho e julho 2018.	18
Figura 10 - Intervalo de intensidade e direção do Vento dos meses de setembro a dezembro do ano de 2017.....	19
Figura 11 - Intervalo de intensidade e direção do Vento dos meses de setembro a dezembro do ano de 2017.....	20
Figura 12 - Dados de precipitação da estação meteorológica de Cotijuba dos meses de janeiro a maio de 2018 e setembro a dezembro de 2017.	21
Figura 13 -Estatística de Percentil para as variáveis de temperatura e salinidade de cada mês, cada percentil este dividido a amostra (por ordem crescente dos dados) em 100 partes, cada percentil com uma com uma percentagem de dados aproximadamente igual.	23
Figura 14 - Gráfico de precipitação da estação com valores interpolado de junho, julho e agosto.....	25
Figura 15 - Gráfico correlacionando a precipitação em Belém nos anos de 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018.	26
Figura 16 - Gráfico mostrando a correlação de Pearson nos dados de precipitação, velocidade e direção.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Informações de aquisição dos dados físico-químicos e de maré (data, hora e frequência) para os meses de setembro de 2017 a julho de 2018.....	11
Tabela 2 - Tabela com os valores estatísticos de temperatura e salinidade de cada mês.	24

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 DEFINIÇÕES DE PARAMETROS OCEANOGRÁFICOS	2
1.1.1 Maré.....	2
1.1.2 Salinidade	3
1.1.3 Temperatura	3
1.2 DEFINIÇÕES DE PARAMETROS ATMOSFERICOS	4
1.2.1 Vento.....	4
1.2.2 Precipitação.....	5
3 OBJETIVO	6
3.1 OBJETIVO GERAL.....	6
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
4 MATERIAL E MÉTODOS	7
4.1 AREA DE ESTUDO	7
4.2 AMOSTRAGEM.....	8
5 ANÁLISE DOS DADOS	12
5.1 ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS.....	12
5.1.1 Salinidade e Temperatura da água	12
5.1.2 Nível	12
5.2 ANÁLISE DE DADOS ATMOSFÉRICOS.....	13
5.2.1 Vento.....	13
5.2.2 Precipitação.....	13

5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	13
5.3.1 Método estatístico de correlação de Kruskal-Wallis	13
5.3.2 Método estatístico de correlação de Pearson	14
6 RESULTADOS	16
6.1 DADOS OCEANOGRÁFICOS	16
6.1.1 Físico-Químico e Nível.....	16
6.2 DADOS ATMOSFÉRICOS	18
6.2.1 Vento.....	18
6.2.2 Precipitação.....	21
7 DISCUSSÃO	22
7.1 PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS.....	22
7.2 PARÂMETROS ATMOSFÉRICOS.....	25
8 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica amazônica é uma das bacias mais importante do mundo, possuindo uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 Km² e ocupando 42% da superfície do território nacional (ANA 2021). Inserido nessa bacia está o Rio Amazonas, com 7.100 km de extensão e com uma drenagem de 5,8 milhões de km², figurando como o principal rio dessa bacia e um dos principais do mundo (ANA 2021). O Rio Pará ou Estuário do rio Pará (ERP), regionalmente conhecido como Baía do Marajó, possui uma descarga de água doce no oceano com uma vazão que varia de 300.000 m³/s durante a maré vazante e 200.000 m³/s durante a maré enchente (Prestes *et al.* 2017).

Segundo Pritchard (1955) e posteriormente Cameron & Pritchard (1963), um estuário é definido como uma massa de água costeira semifechada que tem uma ligação livre com o mar aberto e no qual a água do mar é diluída de forma mensurável com água doce. No entanto, essa definição restringe o estuário apenas a uma zona de influência da água do mar, desta forma faz-se relevante os ensinamentos de Fairbridge (1980) e Kjerfve (1987), os quais dividem o estuário em setores e zonas, sendo eles, por Fairbridge, o alto estuário, médio estuário e baixo estuário, e por kjerfve, a zona de mare de rio, zona de mistura e zona costeira (Miranda 2002).

Os estuários e as águas costeiras são altamente produtivos muito em função ao aporte de nutrientes pela ressurgência e efluente fluviais. A bacia do Rio Amazonas não é diferente, ela apresenta grande importância para o aporte de nutriente ao oceano. Ward *et al.* (2015), comenta que desde Óbidos até a foz há a presença de grandes concentrações de nutrientes, como carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono orgânico particulado (POC), que auxiliam na manutenção do ecossistema. O ecossistema dessa região dispõe de grande importância, isso por conta da hotspots para produtividade terrestre e do fluxo de carbono, abrigando diversas espécies e berçários (Aufdenkampe *et al.* 2011, Meybeck 1982).

O ERP possui aproximadamente 285 km de extensão longitudinal, desde o estreito de Breves, até a sua foz, e uma distância entre margens que pode atingir 80 km na foz do sistema. Apresenta um sistema único e complexo dominado pelo regime de maré semidiurno, que varia de meso (2 a 4 metros) a macromaré (4 a 6), e pela intensa vazão de água doce, com valores da ordem de 104 m³ s⁻¹. O estuário ainda recebe a descarga hídrica de uma série de tributários, destacando-se principalmente os rios Tocantins, Guamá, e o rio Amazonas, através do estreito de Breves (Prestes 2017).

A precipitação média anual da região é de 3.300 mm, com temperaturas superiores a 20° C, apresentando pequenas variações térmicas ao longo do ano (Pereira et al., 2009). Essa região apresenta sazonalidade climática bem definida, caracterizada por duas estações, sendo elas a estação chuvosa, que se estende de janeiro a junho, e a estação seca, de julho a dezembro (Gloor *et al.* 2015)

Sofre influência da zona de convergência intertropical (ZCIT), apresentando vórtices ciclônicos, ventos alísios e a influência do El Niño – Oscilação Sul (ENOS) (Ferreira & Mello 2005). O ENOS interfere nas características climáticas em grande escala, alterando o comportamento climático, influenciando a intensidade dos ventos alísios, precipitação e frentes frias que atingem a região costeira (Marcuzzo & Romero 2013).

O ERP pode ser dividido em três zonas de acordo com sua salinidade. A zona estuarina costeira está situada na foz do rio, na qual se encontram os maiores valores de salinidade de 30 a 32 g/kg, ou seja, apresentando característica de água salgada; A zona de estuarina média ou de mistura se apresenta a 35 km da foz, com valores de 22 g/kg, exibindo características de um água salobra; E a zona estuarina fluvial, onde os valores de salinidade variam de 5 a 7 g/kg próximo a ilha de Cotijuba, e 0 g/kg no interior do estuário (Rosário 2016). A intrusão salina no período de alta vazão fluvial chega a 70km rio adentro e nos períodos baixa vazão fluvial chega até 110km (Rosário 2016).

A região como um todo apresenta influência do ENOS-El Niño Oscilação Sul, apresentando interferências positivas (El Niño) e negativas (La Niña) no clima, alterando a temperatura do mar (TSM) e os ventos da região (CPTEC/INEP 2018). Essa região está localizada em zona tropical, apresentando elevados valores de precipitação (> 1.500 mm/ano) e temperaturas médias superiores a 20°C, Apresentando ventos alísios do sentido leste (variando de sudeste-leste-nordeste) (Nittrouer & Demaster 1996).

1.1 DEFINIÇÕES DE PARAMETROS OCEANOGRÁFICOS

1.1.1 Maré

As marés são oscilações verticais do oceano ocasionadas pela força gravitacional do sistema sol, lua e terra, que geram fenômenos cíclicos de elevação (preamar) e abaixamento (baixa-mar) da água do mar (Kowalik 2013). Além da maré, que oscila na ordem de horas, há outras variações do nível que podem ser da ordem de horas, dias, meses, ou mesmo anual e interanual. Essas oscilações afetam o comportamento hidrodinâmico em diferentes escalas e

intensidades, levando em uma variação do nível relativo do mar, de centímetros a vários metros (Miranda 2002).

As oscilações de maré podem possuir período diurno (24,8h) e/ou semidiurno (12,4h), resultando em frequência uma ou de duas oscilações por dia, respectivamente (Miranda 2002), contudo, seus níveis em metros variam conforme a região. A altura de maré no oceano aberto em geral é menor que um metro, entretanto, ao atravessar plataformas continentais ou regiões semifechadas como estuários, a sua altura amplifica podendo atingir grandes alturas. A classificação da altura máxima (H_{max}) nos estuários forçados por maré é dada por Davies (1964), classificando em: Micromaré: $H_{max} < 2m$, Mesomare $2 < H_{max} < 4m$, Macromaré $4 < H_{max} < 6 m$, Hipermare $H_{max} > 6$ (Miranda 2002).

1.1.2 Salinidade

Salinidade relaciona-se a quantidade de sais presente numa amostra de água, que pode ser apresentada através da unidade de salinidade em grama de sais por quilograma de água ($g\ kg^{-1}$), utilizado nesse trabalho, ou por ‰ (por mil). Em oceanos, a salinidade pode ser obtida através do balanço entre precipitação e evaporação das águas, ou através da condutividade da água. Esse balanço muda ao chegar na região do equador, onde a precipitação supera a evaporação, causando um decréscimo de salinidade (Campos 2010).

A salinidade, com seu alto grau de importância, pode ser usada para a classificação dos estuários, como descrito por Pritchard (1955) e Cameron & Pritchard (1963), que classificou quanto ao seu perfil vertical de salinidade. Dessa forma, determinam-se: estuário de cunha salina, estuário moderadamente ou parcialmente misturado, e estuário verticalmente misturado, sendo lateralmente misturado e bem misturado (Miranda 2002).

1.1.3 Temperatura

Na superfície da terra a energia solar varia de acordo com a latitude e estação do ano – assim como também varia diariamente –; ademais, a água dos oceanos e rios segue a mesma tendência. A temperatura é uma grandeza física escalar que pode ser definida como a medida do grau de agitação das moléculas que compõem um corpo. Quanto maior a agitação molecular, maior será a temperatura do corpo e mais quente ele estará e vice-versa (Campos 2010).

1.2.2 Precipitação

O ciclo hidrológico é influenciado pelo balanço de massa global da água, e mostra os fluxos e as transferências de água entre continente, oceano e atmosfera. A precipitação faz parte desse grande ciclo gerado através da grande incidência de radiação, com a elevação da temperatura ocasionando a evaporação, precipitação e o transporte de vapor d'água, que depende da posição no globo, podendo variar de acordo com a estação do ano, localização e clima (Campos 2010).

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar parâmetros meteoceanográficos de uma região costeira estuarina amazônica (ilha de Cotijuba - PA), caracterizando a região de acordo com a sazonalidade climática, a intensidade e direção dos ventos, precipitação, maré e de acordo com parâmetros físico-químicos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever regime de precipitação local ao longo do ano;
- Analisar a variação da velocidade e direção predominante dos ventos ao longo de um ano;
- Analisar a influência da intensidade dos ventos no regime de precipitação local;
- Analisar a variação da temperatura e salinidade da água em função da sazonalidade e da oscilação da maré.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 AREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na ilha de Cotijuba, localizada no Estuário do Rio Pará (ERP) a 109 km de distância da foz, sob influência da zona de convergência intertropical (ZCIT). A ilha possui área de 16.055 km² e 20 km de extensão praial, com sua porção oeste margeando a foz da baía do Guajará (figura 2).

O ERP prolonga-se da baía das bocas, situada na parte sul da ilha de Marajó, até sua foz, desaguando na Plataforma Continental Amazônica - PCA (Mascarenhas et al., 2016). Ao longo seu percurso longitudinal recebe a descarga do seu principal afluente, o rio Tocantins (Prestes, 2020). O rio Moju, Acará e Guamá contribuem também com a descarga do estuário, além do Rio Amazonas, através do estreito de breves (Costa 2014).

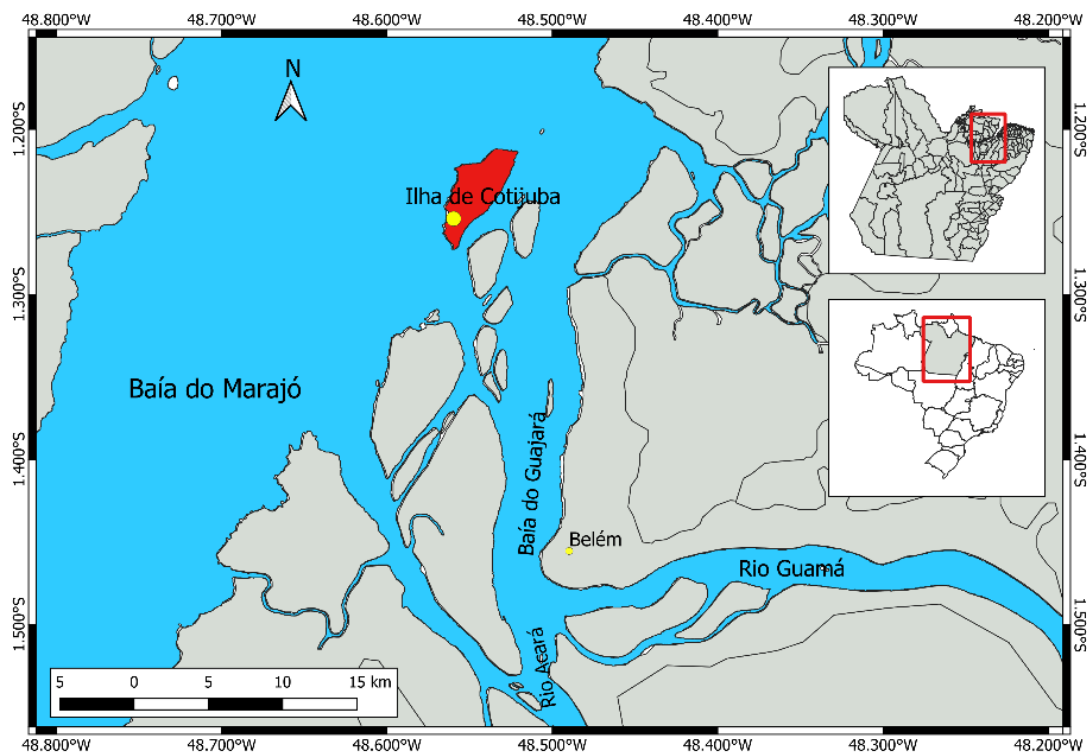


Figura 2 - mapa de localização da ilha de Cotijuba.

A região possui sazonalidade bem definida, como período seco de junho a novembro e o período chuvoso de dezembro a maio (Lima *et al.* 2005). A figura 3 mostra a normal climatológica da região. Os meses de fevereiro, março e abril apresentaram maior precipitação, sendo março o mês mais chuvoso, chegando a 500 mm. Os meses de agosto,

setembro e outubro apresentaram os menores valores de precipitação, sendo setembro o mês com o menor índice de chuva, atingindo cerca de 150 mm. Dessa forma, pode-se caracterizar os meses de fevereiro a abril como os três meses mais chuvosos do ano (período chuvoso) e os meses de agosto a outubro os meses mais secos (período seco).

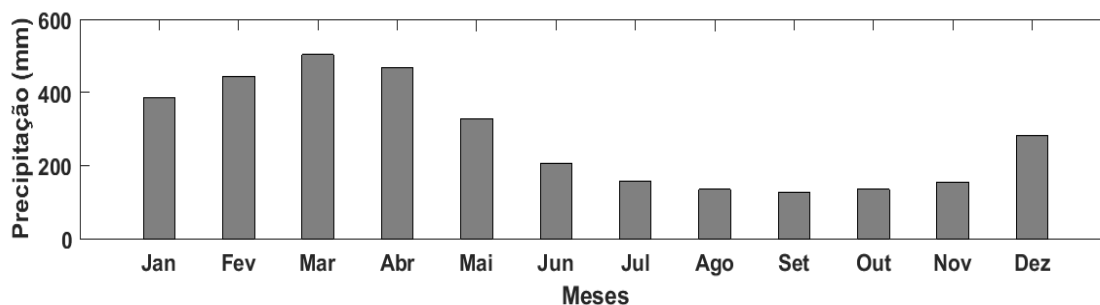


Figura 3 - Normal Climatológica de precipitação da cidade de Belém, PA, de 1991 a 2021. No eixo Y apresenta as precipitações totais, em mm, e no eixo X a média dos totais mensais.

Segundo Bastos (2002), na região de Belém a direção do vento possui uma predominância para NE e E, a média do período de 1989 e 1995 mostrou valores de 1,5 m/s com pequenas variações entre os meses. As menores médias de ventos (1,3 m/s) ocorreram nos meses de maior pluviosidade (janeiro, fevereiro, março e abril) já os meses de menor pluviosidade (setembro, outubro e novembro) obteve a maior media de vento (1,6 m/s).

A área de estudo está situada entre os paralelos de latitude $1^{\circ} 16.399'S$ e $1^{\circ} 12.823'S$ e longitude $48^{\circ} 31.239'O$ e $48^{\circ} 33.597'O$ na Ilha de Cotijuba – PA (figura 1), na praia do vai-quem-quer, as margens do ERP, a aproximadamente 112km da foz. A região é influenciada pela maré de caráter semidiurno, que varia de meso (2-4m) a macromaré ($>4m$), e pela intensa descarga de água doce do ERP, da ordem de 10^4 m s^{-1} (Preste 2017). Segundo Rosário (2016), a intrusão salina na região pode chega até a 35 km da foz, com valores de salinidade de 22g/kg na margem direita a 35 km de distância da foz, e 11 g/kg na margem esquerda.

4.2 AMOSTRAGEM

A aquisição de dados ocorreu na praia do vai-quem-quer (latitude $01^{\circ} 13' 04''S$, longitude $48^{\circ} 32' 44''$), localizada na ilha de Cotijuba, na margem direita do ERP, a 105 km de distância da foz do estuário. As amostragens meteorológicas e oceanográficas ocorreram em

dois pontos ao longo da extensão da praia. Para dados meteorológicos (direção, intensidade do vento e precipitação), a aquisição ocorreu nas coordenadas latitude $1^{\circ}13'25.80''\text{S}$ e longitude $48^{\circ}33'33.36''\text{O}$, com medições contínuas realizadas do mês 09 de 2017 até o mês de 05 de 2018.

A aquisição de dados oceanográficos (Maré, temperatura e salinidade) ocorreu na zona de surf da praia (lat $1^{\circ}13'12.90''\text{S}$ e long $48^{\circ}32'53.63''\text{W}$), em condições de maré de sizígia, com campanhas mensais realizada de entre os meses de setembro de 2017 a julho de 2018 (figura 5).

Os dados de precipitação total e de vento foram coletados pela estação meteoceanografico utilizando uma frequência amostral de 1 dado por minuto. A estrutura foi fixada a 6 metros de distância do substrato, a poucos metros de distância da linha de baixa mar da maré de sizígia.

A Estação Meteorológica GMX600 mensura a temperatura e umidade do ar, barométrica, precipitação, direção e velocidade do vento (figura 4b). Possui ainda uma bússola eletrônica, gps, e um sensor de nível Inteligente CT2X (figura 4c), sendo um submersível que coleta também condutividade e temperatura. A estação é autossuficiente, alimentada por luz solar através de painéis fotovoltaicos de 6 watts. Todas as coletas dos dados atmosféricos foram feitas através da estação meteoceanográfica.

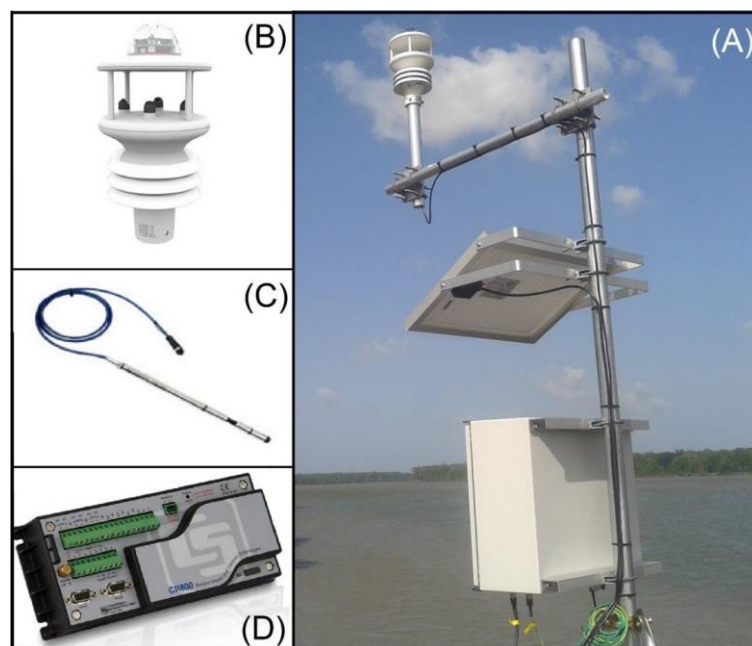


Figura 4 - (A) Estação Meteoceanográfica montada no rio Pará, (B) Estação Meteorológica GMX600, (C) Sensor Inteligente CT2X e (D) Data Logger da Campbell Scientific. Fonte: (Silva 2017)

O Data Logger da Campbell Scientific é um dispositivo que auxilia na aquisição de dados dos sensores com gps e wi-fi integrado e com 2 Gb de armazenamento de dados de streaming. Todos os sensores da estação meteoceanográfica foram calibrados para coleta.

Para a aquisição de dados de maré, utilizou-se um sensor de pressão da HOBOWere, que é um registrador de dados de nível de água para medir continuamente o nível de água e a temperatura. Possui uma precisão de 0,1%, um involucro de polipropileno par uso e, água doce e salgada.

Todos os equipamentos foram programados com uma frequência amostral que variou de 1 segundo a 5 minutos, durante aproximadamente 25 horas, de forma mensal (tabelas 1 e 2).

Para a aquisição de parâmetros físico químicos, um CTD foi utilizado (Conductivity, Depth and Temperature) da Seabird, modelo - SBE 37-MS. O equipamento foi programado para fazer medições a cada 5 minutos, durante 24 horas e 50 minutos. A aquisição de dados ocorreu de forma mensal, coletando condutividade, nível e temperatura (figura 3).

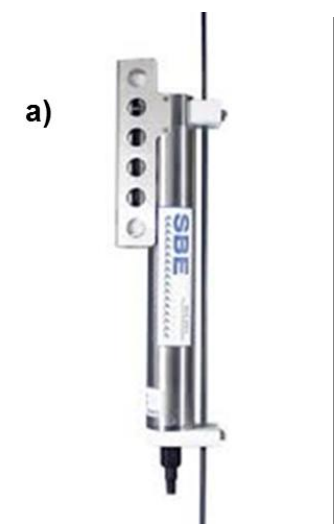


Figura 5 - a) Sensor utilizado para a coleta mensais de dados condutividade, temperatura e pressão no estuário do rio Pará, de 2017 a 2018. (Fonte: Sea-bird Scient 2021)

Tabela 1-Informações de aquisição dos dados físico-químicos e de maré (data, hora e frequência) para os meses de setembro de 2017 a julho de 2018.

Meses	Início da coleta		Fim da coleta		Frequência amostral
	Data	Hora	Data	Hora	
Setembro	18/09/2017	16:00:00	19/09/2017	18:20:00	30 seg
Outubro	17/10/2017	16:00:00	18/10/2017	17:34:00	1 seg
Novembro	17/11/2017	16:00:01	18/12/2017	17:41:30	5 seg
Abril	01/04/2018	17:39:21	02/04/2018	18:31:45	5 seg
Maio	14/05/2018	16:00:00	15/05/2018	17:35:00	5 min
Junho	13/06/2018	16:00:00	14/06/2018	17:40:00	5 min
Julho	11/07/2018	16:00:00	12/07/2018	17:00:00	5 min

5 ANÁLISE DOS DADOS

5.1 ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS

Antes de qualquer análise específica, independente da variável em questão, todos os dados foram organizados em planilhas e analisados visualmente, com o intuito de observar possíveis erros de medição, interferências e dados espúrios. É importante ressaltar que, apesar de frequências de cólera diferentes, toda a malha amostral final foi padronizada, visando facilitar comparativos entre propriedades diferentes, ou mesmo entre mesmas propriedades oscilando ao longo do tempo.

5.1.1 Salinidade e Temperatura da água

A salinidade foi calculada a partir dos valores de condutividade e com auxílio do pacote de rotinas SeaWater para Matlab, descrita por Morgan (2010), os quais processa os valores de condutividade coletados in situ, ou seja, a salinidade prática. É normalmente utilizada em razão de sua natureza conservadora com relação a mudanças de temperatura ou pressão, ou diluição com água pura, conceito utilizado na *International Thermodynamic Equation of Seawater 2010*, TEOS-2010 (IOC, SCOR, IAPSO 2010). De acordo com Teos (2010), a salinidade do oceano tem a unidade de “g/kg”, a qual foi adotada nesse trabalho.

Com os dados em graus Celsius (°C), os valores de temperatura foram obtidos de cada série contendo 25 horas aproximadamente para cada mês, na qual se organizou a série de dados em relação ao tempo de coleta. As imagens geradas foram agrupadas junto com a salinidade e nível para melhor visualização e comparação.

5.1.2 Nível

Em laboratório, os dados foram organizados e planilhados, objetivando avaliar e excluir dados espúrios. Em seguida foram extraídos máximos (preamar) e mínimos (baixamar), médias e desvio padrão da maré. Os dados foram coletados com frequência amostral que variou de 1 a 5 minutos, em metros, com auxílio de um sensor de pressão, no mesmo local da estação meteoceanográfica.

5.2 ANÁLISE DE DADOS ATMOSFÉRICOS

Todas as informações coletadas pela estação meteoceanográfica tiveram sua frequência amostral padronizada em 1 hora para apresentação de resultados, e em 10 minutos para análises estatísticas. Essa diferença na taxa de amostragem se dá devido a análise estatística, que tende a apresentar maior precisão quanto maior for a matriz de dados utilizados.

5.2.1 Vento

Em laboratório, com os dados processados, se definiu a intensidade, direção do vento com frequência de 1 dado por minuto. Em seguida, foi realizada a elaboração das rosas dos ventos em m/s, cujos dados apresentaram como referência zero graus (0°) como a direção norte, e os ângulos crescentes para o sentido horário. Foi utilizado o pacote de rotinas WindRose para MATLAB para a análise de cada mês, onde foram consideradas todas as medições de direção e intensidade de ventos mensalmente.

5.2.2 Precipitação

A partir dos dados de precipitação processados, se definiu a intensidade de precipitação horaria com frequência a cada 1 min, cujos dados foram obtidos pela estação. Em seguida, foram processados organizando em cada mês com seu valor em acumulado horário e logo em seguida feito o total mensal com os valores de intensidade de precipitação, os dados organizados foram elaborados em gráficos de barra mostrando a sua variação ao longo do ano.

5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

5.3.1 Método estatístico de correlação de Kruskal-Wallis

Com o objetivo de analisar os dados de precipitação e dados físico químicos, foram utilizadas análises estatísticas para identificar padrões sazonais, semidiurnos e comparações entre propriedades diferentes. Além da estatística básica, envolvendo máximos e mínimos, médias e desvio padrão, foram realizadas análises envolvendo o percentil e o teste não

paramétrico Kruskal-Wallis. Por definição, os percentis são medidas que dividem a amostra (por ordem crescente dos dados) em 100 partes, cada uma com uma percentagem de dados aproximadamente igual (Kaufmann).

O método não paramétrico Kruskal-Wallis é utilizado na comparação de três ou mais amostras independentes, e o equivalente de uma ANOVA unidirecional é usado para testar se as amostras são originárias da mesma distribuição, sendo uma extensão do teste de duas amostras de Wilcoxon-Mann-Whitney (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947) para mais de duas amostras independentes.

A logo abaixo a fórmula estatística de Kruskal-Wallis:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Onde o N é o número de valores de todas as amostras combinadas, R_i é a soma das classificações de uma amostra em particular, e n_i é o número de valores da amostra correspondente soma de classificação.

A análise de percentil foi realizada com o objetivo de identificar a amplitude de máximos e mínimos do total dos dados de cada variável. Dessa forma se obtêm uma visualização geral de oscilações sazonais ou diárias das propriedades, além de identificar assimetrias entre máximos e mínimos, entre cada quartil e cada média realizada.

O teste de Kruskal-Wallis foi realizado com o objetivo de comparar duas amostras independentes de tamanhos iguais, utilizado nos dados de precipitação e intensidade do vento da estação de Cotijuba, além de ser realizado também com uma mesma propriedade variando ao longo do tempo.

5.3.2 Método estatístico de correlação de Pearson

Com objetivo de analisar e correlacionar os dados de precipitação com vento e direção foi feito a correlação de Pearson. De acordo Figueiredo-Filho e Silva Junior (2009), na qual apresentaram um estudo explicando o método estatístico, a correlação de Pearson é usada para apontar se duas variáveis estão relacionadas entre si, cujo resultado, sendo o coeficiente de correlação de Pearson, exibe um valor que calcular a direção e o geral de relação linear entre as duas variáveis.

O valor de r é calculado pela equação abaixo:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{S_y} \right)$$

Onde x_i e y_i é o valor observado, \bar{X} e \bar{Y} são a média das variáveis X e Y , e S_x e S_y indicam o desvio padrão das duas variáveis. Os valores de r variam de -1 a +1, onde o sinal mostra se as variáveis se correlacionam de forma inversa (sinal negativo) ou diretamente (sinal positivo) proporcional.

6 RESULTADOS

6.1 DADOS OCEANOGRÁFICOS

6.1.1 Físico-Químico e Nível

O máximo de temperatura encontrada foi no mês de setembro, com valores de 30,7°C, seguido de mínimos de 28,1°C (figura 6). Para o mês de outubro esses valores oscilaram entre 30,5°C e 28,5°C (figura 6), e para novembro foram de 30,7°C e 28,1°C (figura 7). Os resultados de maré apresentam uma altura máxima de 2,5m, resultado da variação do nível das águas de grandes dimensões no período compreendido entre duas elevações da Lua.

A salinidade nesses 3 meses (setembro, outubro e novembro) foi a mais elevada de toda a amostragem, atingindo valores de até 1,5 g/kg no mês de setembro, e mínimos de 1,0 g/kg (figura 4). Nos meses de outubro e novembro (figuras 4 e 5), os máximos foram de 0,7 g/kg e 1 g/kg, e mínimos de 0,5 g/kg e 0,7 g/kg, respectivamente.

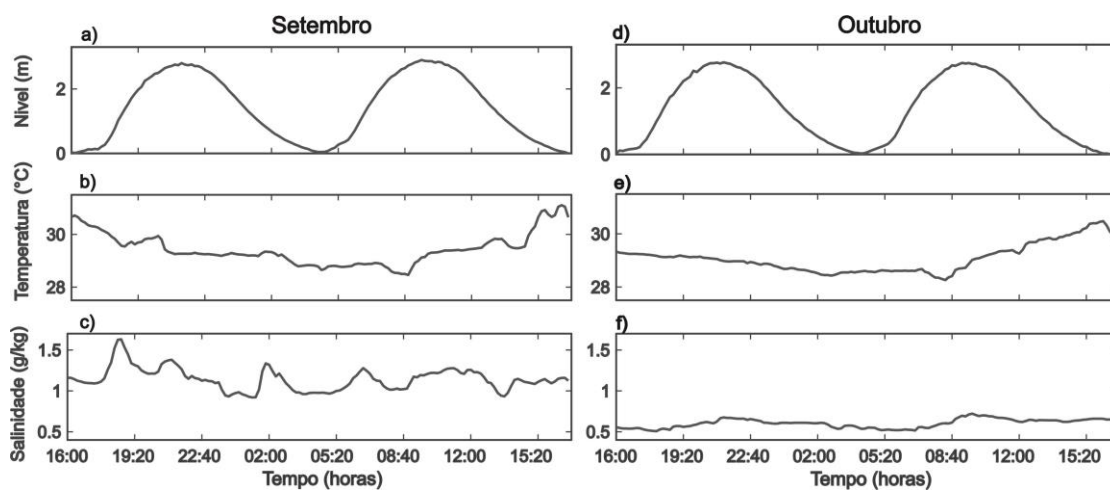


Figura 6 - Parâmetros físico-químico de setembro e outubro 2017

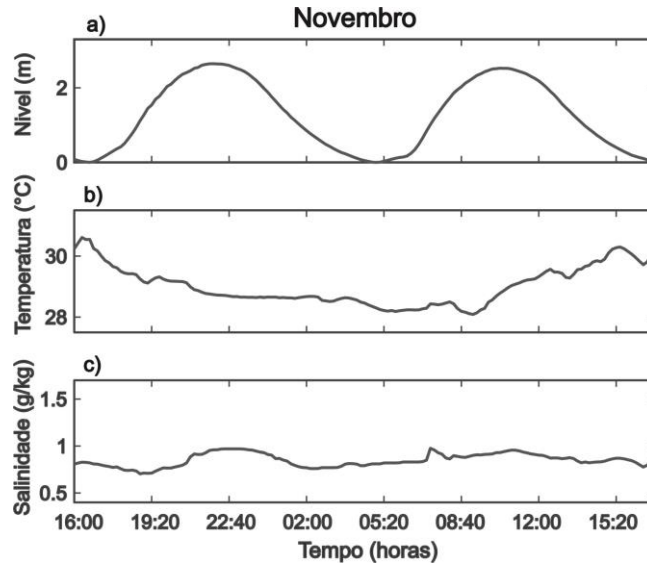


Figura 7 - Parâmetros físico-químico de novembro 2017

Para os meses de Abril e Maio, a temperatura chegou a valores mínimos de 29°C e máximos de 29,5°C (figura 8). As menores concentrações de salinidade foram encontradas nos meses de maior precipitação registrada. A salinidade dos meses de abril e maio foi constante a 0 g/kg. O nível da altura de maré em metros chegou na faixa de 2,5 m em abril e em maio na faixa de 2,3 m.

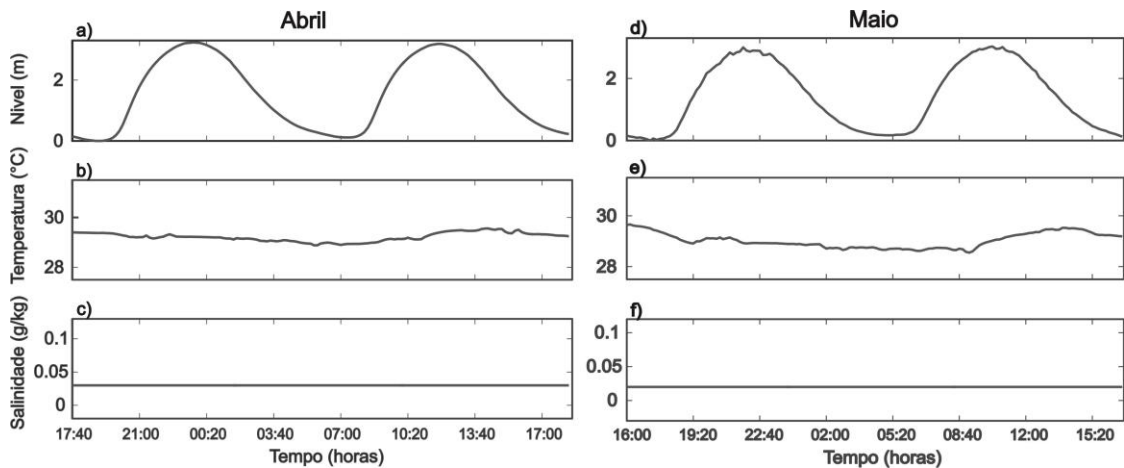


Figura 8 - Parâmetros físico-químico de abril e maio 2018

A temperatura no mês de junho indica máximos de 31°C (sendo o maior valor de toda a série temporal) e mínimos de 29°C (figura 9). Julho apresentou temperatura máxima de 30,5°C e mínimos de 28,1°C (figura 9), a salinidade nos dois meses permaneceu 0 g/kg

durante toda a medição. O nível da maré nos dois meses apresentou valores próximos a 2,3 m ao longo da medição.

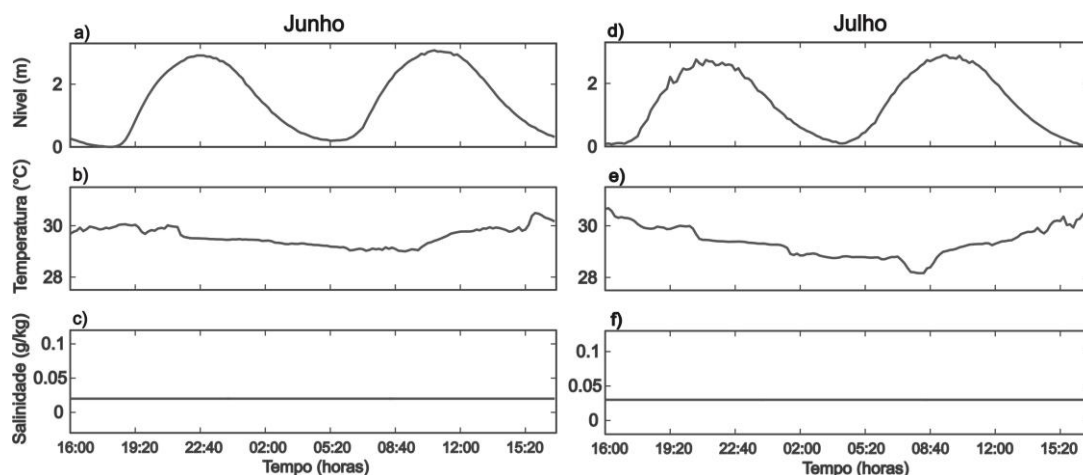


Figura 9 - Parâmetros físico-químico de junho e julho 2018.

6.2 DADOS ATMOSFERICOS

6.2.1 Vento

No mês de novembro foram observados os menores valores de velocidades, variando de 0 a 4 m/s. Novembro também apresentou maior frequência de ventos acima de 8 m/s; outubro e novembro apresentaram ventos com maiores velocidades que predominaram com ventos com velocidades de 8 a 10 m/s (figura 10).

Com as rosas dos ventos geradas nesse período, valores de direção variam de 10° a 20° apresentando uma direção preferencial do quadrante nor-nordeste a $22,5^\circ$, os maiores valores de velocidade possuem uma direção preferencial a nor-noroeste a $337,5^\circ$, como visto em dezembro, em que predominaram com ventos com frequência de velocidades 8 a 10 m/s em direção a nor-noroeste.

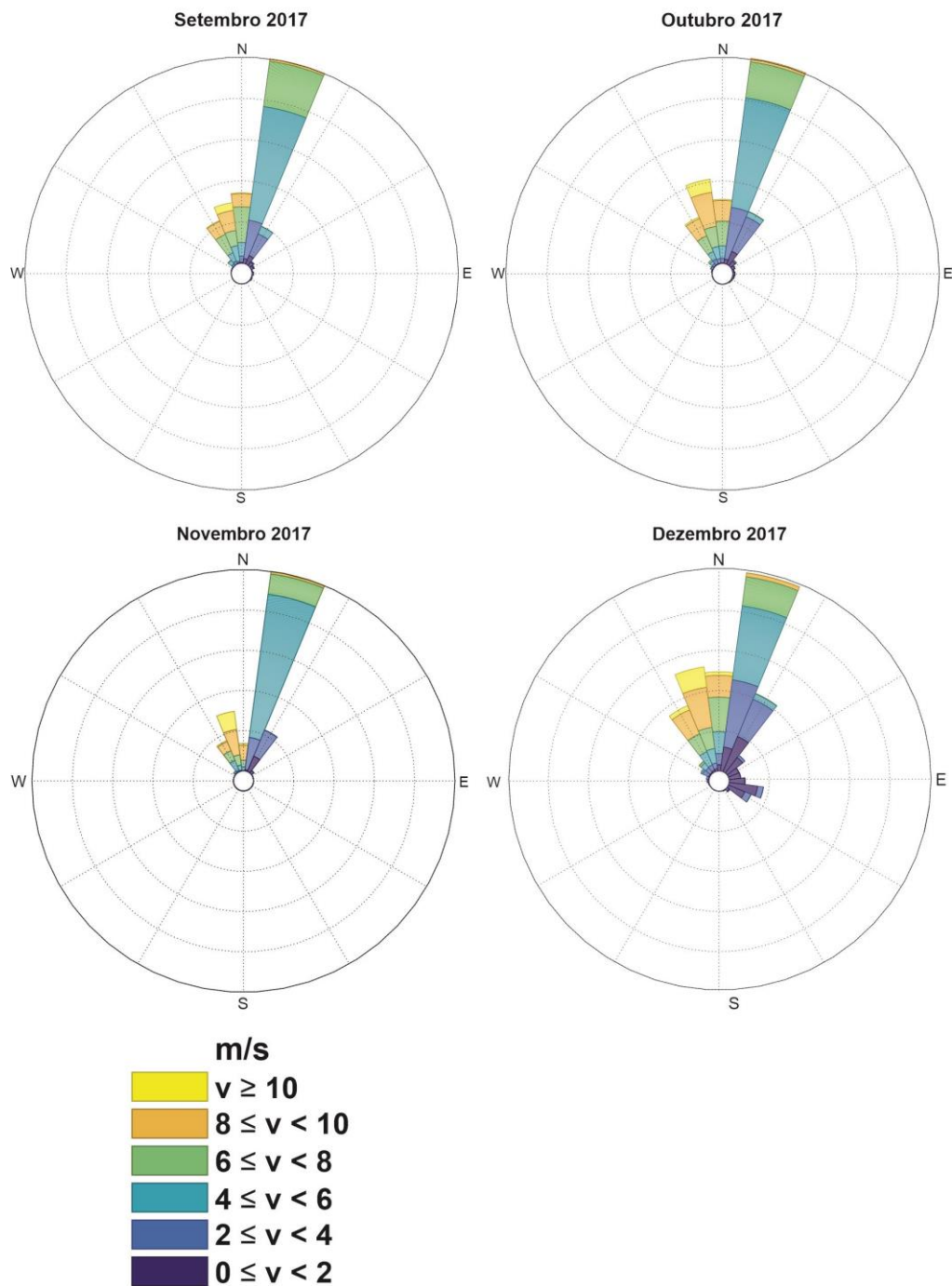


Figura 10 - Intervalo de intensidade e direção do Vento dos meses de setembro a dezembro do ano de 2017.

Os meses de Maio e Abril apresentaram maiores frequências de velocidades dos valores de 0 a 2 m/s. Já em fevereiro e março foram observadas as maiores frequência de velocidade, variando de 8 a 10 m/s. Com as rosas dos ventos se apresentou dados com direção variada de 10° a 20°, apresentando uma direção preferencial a nor-nordeste a 22, 5°. Os

maiores valores de velocidade possuem uma direção preferencial a nor-noroeste a $337,5^\circ$, como visto os meses de fevereiro, março, abril e maio de 2018 (figura 11).

Nesse período, o mês de janeiro apresentou as menores frequências de velocidades, variando de 0 a 2 m/s. Em dezembro predominaram com ventos com frequência de velocidades de 8 a 10 m/s, em direção nordeste. As rosas dos ventos geradas nesse período apresentam uma dominância em sua direção, apresentando norte e nordeste como as direções predominantes do vento na região.

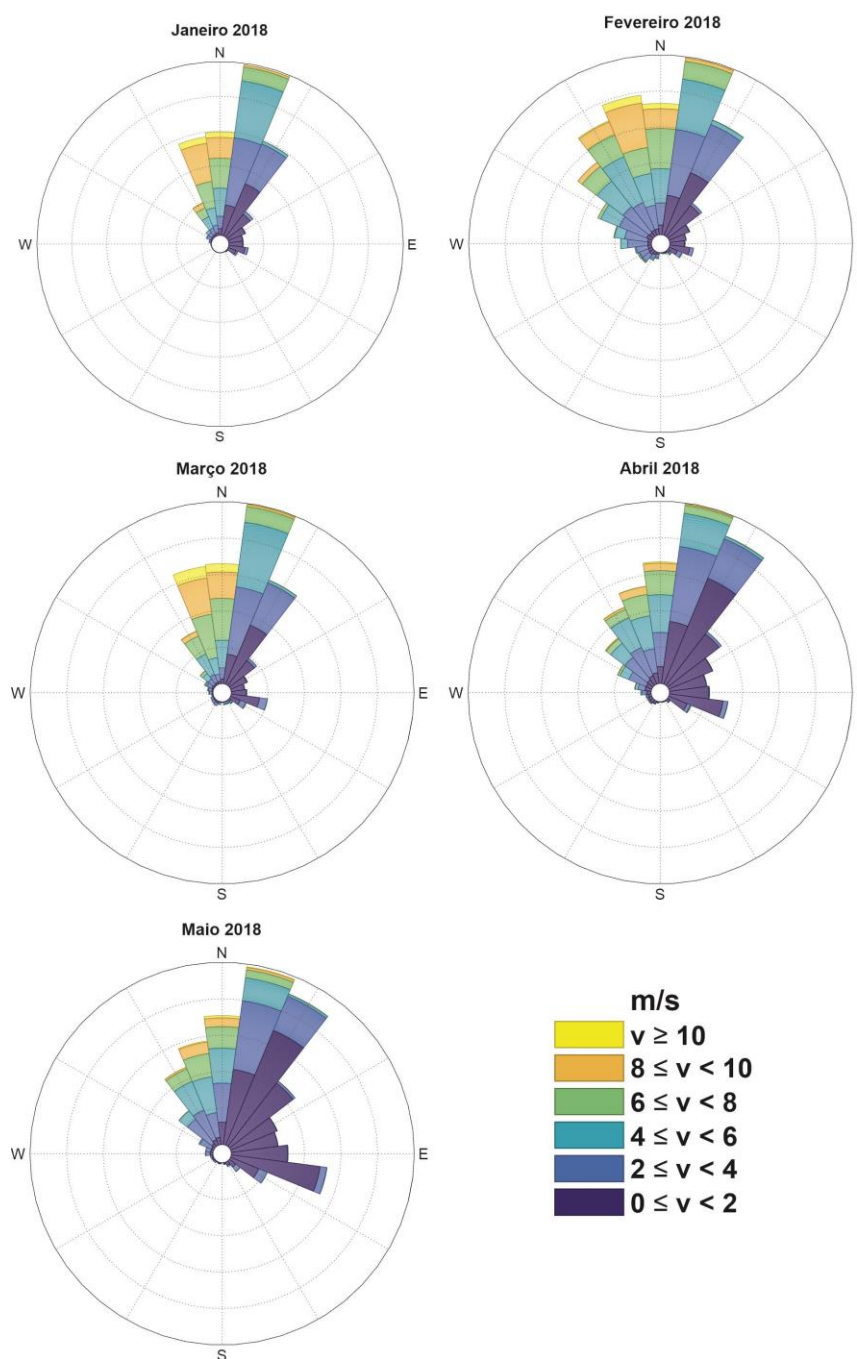


Figura 11 - Intervalo de intensidade e direção do Vento dos meses de setembro a dezembro do ano de 2017

No mês de novembro foram observados os menores valores de velocidades, variando de 0 a 4 m/s. Novembro também apresentou maior frequência de ventos acima de 8 m/s, outubro e Novembro apresentaram ventos com maiores velocidades que predominaram com ventos com velocidades de 8 a 10 cm/s (figura 10). As rosas dos ventos geradas nesse período apresentam direção preferencial para nordeste, como a maior frequência da direção do vento na região. Em dezembro predominaram com ventos com frequência de velocidades de 8 a 10 cm/s, em direção nordeste.

6.2.2 Precipitação

Os dados de precipitação coletados da estação apresentaram ausência de dados nos meses de junho, julho e agosto. Contudo, foi feito um gráfico mostrando a precipitação ao longo do ano com o acumulado horário dos dados de intensidade de precipitação coletados. Os resultados foram ordenados de janeiro a maio de 2018 e setembro a dezembro de 2017 (figura 12). O mês de fevereiro de 2018 apresentou precipitação na faixa de 300 mm, sendo o mês de maior precipitação no período chuvoso registrado do ano de 2018. Já o mês de novembro apresentou a precipitação na faixa abaixo de 100 mm sendo o mês de menor precipitação no período seco do ano de 2017.

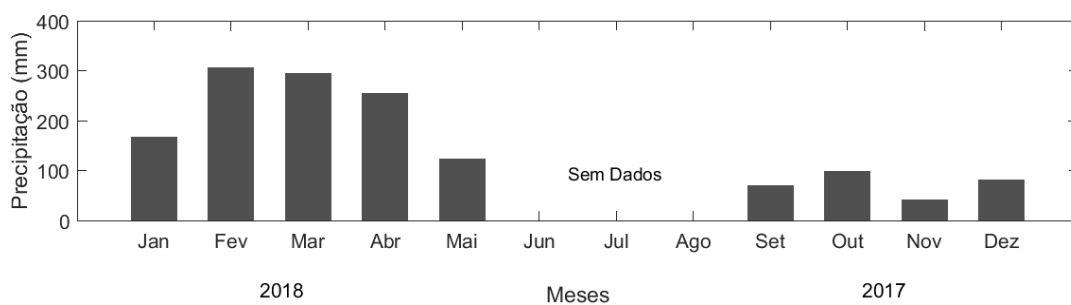


Figura 12 - Dados de precipitação da estação meteorológica de Cotijuba dos meses de janeiro a maio de 2018 e setembro a dezembro de 2017.

7 DISCUSSÃO

7.1 PARAMETROS OCEANOGRÁFICOS

A análise do percentil usada para analisar os dados de salinidade e temperatura mostraram correlação com a sazonalidade da região, visto que, no período seco apresentado no gráfico (figura 13), os meses de setembro a novembro de 2017 exibem uma grande amplitude térmica, com uma variação entre máximos e mínimos de 2,64°C em setembro e 2,21°C em outubro (tabela 3). Essa variação pode ocorrer em função ao período de baixa precipitação na região (figura 13), que com baixos índices de chuvas e alta incidência solar, podem ocasionar um aumento na temperatura da superfície da coluna d'água (Campos 2010).

A salinidade também apresentou valores expressivos nos mesmos meses, com a diferença entre máximos e mínimos atingindo 0,6 g/kg durante o mês de setembro, provavelmente em função da baixa vazão fluvial e precipitação do período seco, típicos dos meses menos chuvosos da região. No período seco a maré influencia mais intensamente na entrada de sal vinda do oceano para o estuário, na qual pode percorrer até 35 km da foz como discutido em Rosário (2016).

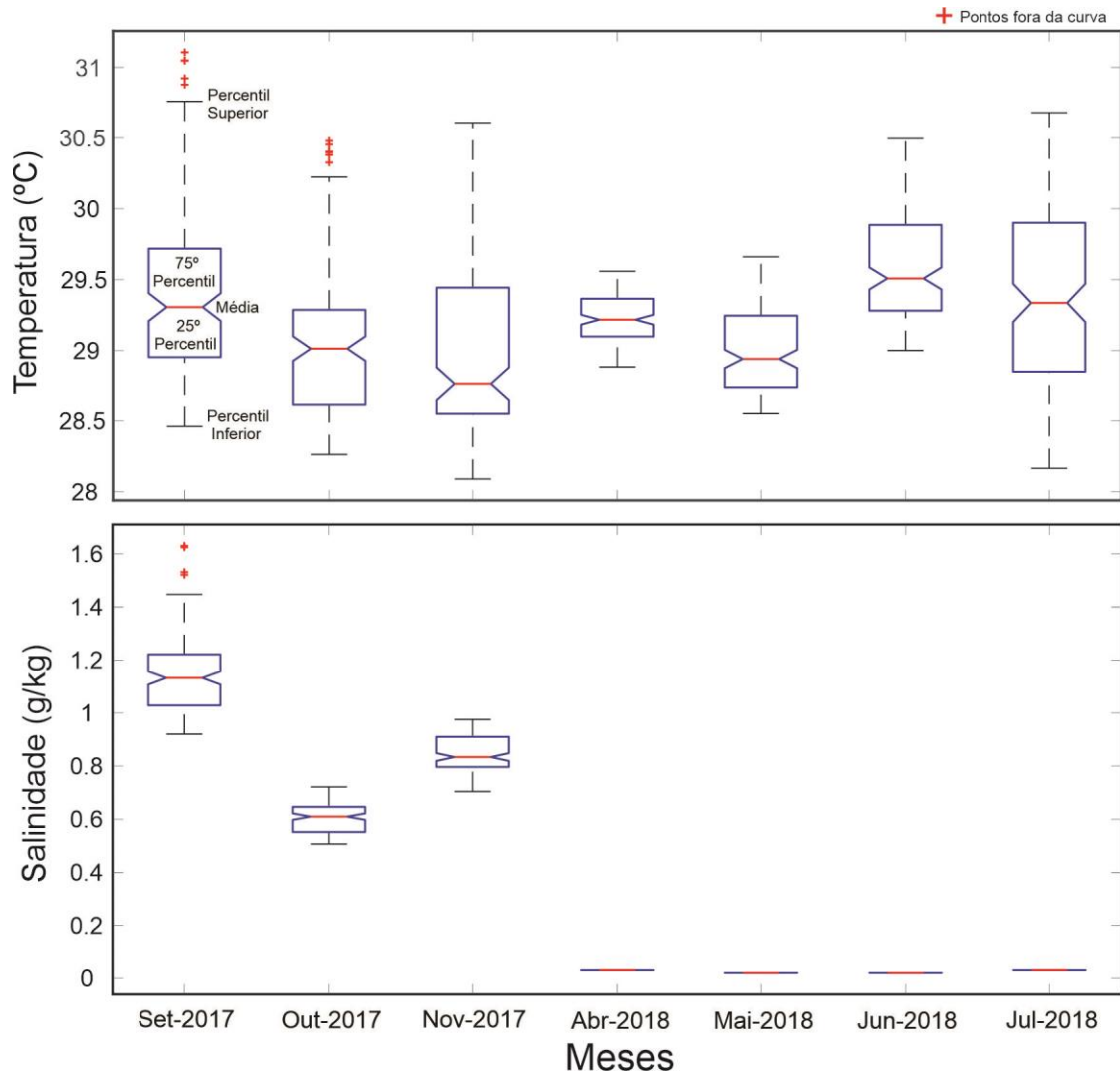


Figura 13 -Estatística de Percentil para as variáveis de temperatura e salinidade de cada mês, cada percentil este dividido a amostra (por ordem crescente dos dados) em 100 partes, cada percentil com uma com uma percentagem de dados aproximadamente igual.

Os valores encontrados pela análise de Kruskal-Wallis reforçaram a correlação encontrada no percentil, todos os valores correlacionados ao valor comparado a significância 0,05 da estatística foram menores de 10^{-30} , mostrando a alta correlação das variáveis ao longo do tempo e da transição sazonal. O gráfico mostra uma grande amplitude térmica nos meses de setembro e outubro, que vai diminuindo ao longo do tempo, similar aos valores de salinidade.

Os menores valores da amplitude térmica foram identificados no mês de abril, com a diferença entre máximos e mínimos atingindo 0,67 °C. Já os meses de maio e junho apresentaram aumento no gradiente térmico, sendo que os valores encontrados no mês de julho tendem a se equiparar aos meses de setembro e outubro.

Portanto, há uma clara oscilação sazonal nos períodos analisados, sendo que tanto a temperatura quanto a salinidade apresentam seus máximos nos meses de menor precipitação registrada, indicando menor influência fluvial e aporte de água doce nessa região durante esses períodos.

Ainda nos meses de setembro e outubro apresenta dados máximos considerados fora da curva, como exibido na tabela 3. Esses dados são valores na qual o percentil não conseguiu analisar, podendo ser ocasionado por uma anomalia registrada pela estação ou na própria calibração do aparelho.

A tabela 3 apresenta um condensado com os principais valores encontrados na análise do modelo estatístico. Os valores médios de temperatura apresentaram seus maiores resultados nos meses de setembro e junho, inseridos no período seco e transicional da região, respectivamente.

Ao analisar o desvio padrão dos meses de setembro, novembro e julho, nota-se que os maiores valores dentre os meses analisados apresentam uma grande dispersão dos dados, com desvio padrão máximo em novembro ($\pm 0,64$).

O menor valor de desvio padrão ficou com abril, com $\pm 0,17$. Os desvios padrões de salinidade só foram possíveis de se ter nos períodos de menor precipitação registrada, que vão de setembro a novembro como mostrado na tabela 3. Para os demais meses não houveram valores significativos registrados para a salinidade, como visto no gráfico percentil (figura 13) e na tabela 3, podendo ser em função do aumento da precipitação nesse mês, o que diminuía entrada de água salina na região.

Tabela 2 - Tabela com os valores estatísticos de temperatura e salinidade de cada mês.

Temperatura							
	Setembro	Outubro	Novembro	Abril	Maió	Junho	Julho
maximo	31,1	30,47	x	x	x	x	x
percentil superior	30,75	30,22	30,6	29,55	29,66	30,49	30,68
75º percentil	29,71	29,28	29,44	29,36	29,24	29,88	29,9
media	29.30(± 0.60)	29.01(± 0.53)	28.76(± 0.64)	29.21(± 0.17)	28.94(± 0.29)	29.50(± 0.36)	29.33(± 0.59)
25º percentil	28,95	28,61	28,54	29,09	28,74	29,28	28,85
percentil inferior	28,46	28,26	28,08	28,88	28,55	29	28,165
Salinidade							
	Setembro	Outubro	Novembro	Abril	Maió	Junho	Julho
maximo	1,62	x	x	x	x	x	x
percentil superior	1,44	0,72	0,97	0,03	0,02	0,02	0,03
75º percentil	1,22	0,64	0,91	0,03	0,02	0,02	0,03
media	1.13(± 0.13)	0.6(± 0.05)	0.83(± 0.06)	0,03	0,02	0,02	0,03
25º percentil	1,02	0,55	0,79	0,03	0,02	0,02	0,03
percentil inferior	0,92	0,5	0,7	0,03	0,02	0,02	0,03

A tabela 3 reforça e os dados apresentados no gráfico percentil (figura 13). Os valores tidos como fora da curva são apresentados como os máximos de cada período em questão, devido a natureza da análise estatística, não havendo como confirmar se esses valores são resultado de anomalias ou oscilações naturais registradas nesse período, ou mesmo algum ruído do próprio equipamento.

Os resultados do desvio padrão tendem a apresentar seus menores valores nos períodos de maior precipitação registrada, indicando baixa amplitude térmica, e são constantes em relação a salinidade para o mesmo período. Esses resultados indicam a variação sazonal da temperatura e da salinidade, regidas pela sazonalidade da própria precipitação e pelo aporte de água doce fluvial da região.

7.2 PARAMETROS ATMOSFERICO

Devido à ausência de dados nos meses correntes dos anos de 2018 e 2017, os registros de precipitação foram organizados de maneira ordenada ao longo de um ano, objetivando estimar os valores de precipitação total para um ano (figura 14). Para suprir a falta de dados nos meses de junho a agosto, foi realizada uma interpolação cúbica, de forma a estimar valores para os meses de ausência de dados através da tendência dos demais meses.

Dessa forma, através dos dados interpolados foi possível analisar a sazonalidade da região. O período chuvoso da região foi estimado para os meses de fevereiro, março e abril, o transicional indo de maio a julho, e o período seco apresentando os meses de agosto a outubro.

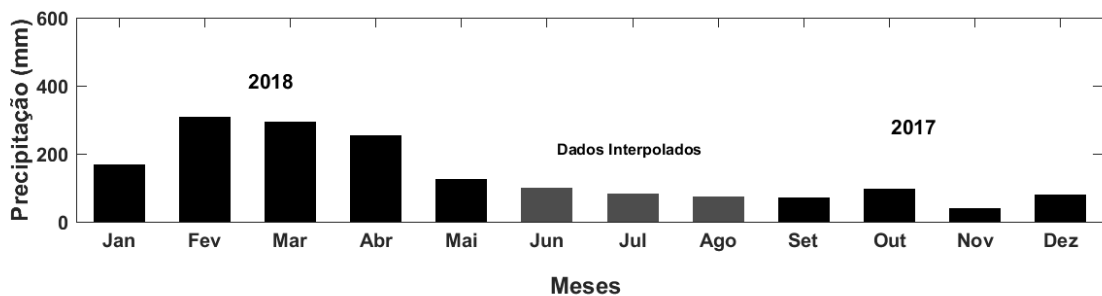


Figura 14 - Gráfico de precipitação da estação com valores interpolado de junho, julho e agosto.

Foi observada uma possível anomalia na quantidade de precipitação no mês de outubro de 2017 (figura14), com uma precipitação maior quando comparados com os outros meses do período seco, diferentemente do apresentado na normal climatológica feita na figura 2. De maneira geral, a precipitação exibiu valores abaixo da normal climatológico registrada na estação de Belém, não chegando a 400 mm como mostrado na figura 14, o período seco também se encontra abaixo do registrado.

O fator que pode indicar essa anomalia se dá devido a presença de La Niña, ocorrido no período de 2017 a 2018, mudando os padrões de precipitação da região. Esse fenômeno natural na região norte o Brasil muda a quantidade de chuva ao longo do ano, ocorrendo grandes quantidades de chuva fora do esperado, o que pode ter influenciado a alta das chuvas em outubro de 2017, considerado um mês de período seco ou chuvas acima da média como nos meses de fevereiro a abril (figura 14).

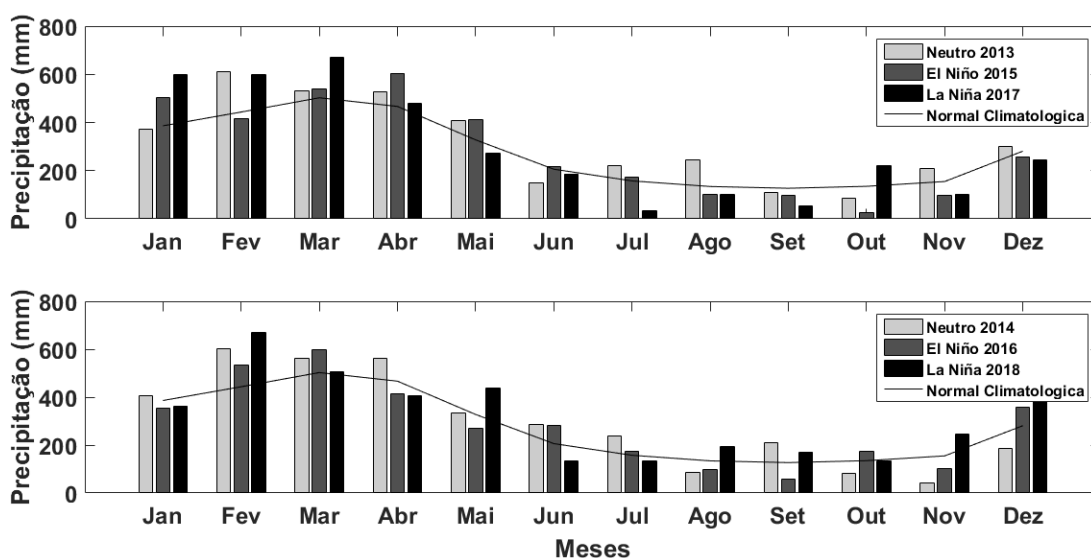


Figura 15 - Gráfico correlacionando a precipitação em Belém nos anos de 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018.

Uma análise de ENOS foi realizada para visualizar e quantificar o reflexo da anomalia na intensidade de chuvas das regiões. Foi feita uma comparação de ENOS junto com anos neutros, cujo esses fenômenos não ocorreram, e a normal climatológica da região.

O gráfico da figura 15 mostra uma tendência às baixas precipitações ao longo do ano de El Niño e às altas precipitações ocorridas no período de La Niña, sendo essa com valores elevados quando comparadas a normal climatológica e aos anos neutros dos meses de janeiro, fevereiro, março e outubro de 2017 e fevereiro, maio, novembro e dezembro de 2018. Com essa comparação é possível destacar que no mês outubro de 2017 apresentou um grande

aumento de precipitação na região, como visto na figura 15, registrando altos valores no período cuja normalidade é de baixas precipitações.

Além de alterar a precipitação, esses fenômenos naturais como La Niña podem apresentar alteração também o regime de vento, alterando a sua velocidade e sua direção (Araújo Junior *et al.* (2014) e CPTEC/INEP 2018). Portanto é esperado que a estação meteorológica possa ter registrado essa anomalia no mês de outubro, apresentando valores de precipitação superior ao esperado.

Visando analisar a correlação entre o regime de ventos e a precipitação local, foi feita uma análise estatística de correlação de Pearson, usado para apontar se duas variáveis estão relacionadas entre si. Foram utilizadas as duas variáveis, sendo elas a precipitação com velocidade e precipitação com direção do vento, com o intuito de mostrar o grau de correlação existente entre elas (figura 16).

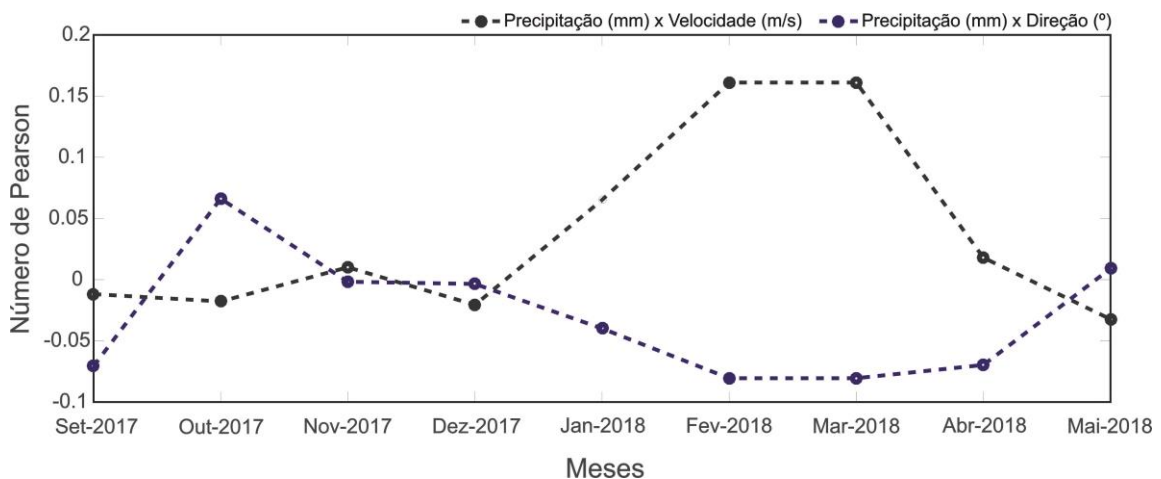


Figura 16 - Gráfico mostrando a correlação de Pearson nos dados de precipitação, velocidade e direção.

Na análise do gráfico na figura 16, verifica-se a correlação direta entre a precipitação e a velocidade do vento nos meses de janeiro a abril, visto que no gráfico é exibido o número de Pearson positivo nesses períodos, indicando correlação direta da precipitação e velocidade do vento nesses meses.

Portanto foi identificada uma correlação positiva da intensidade do vento junto com a precipitação para esses meses, que são considerados de período chuvoso, e essa correlação é bem evidente devido ao número de Pearson sendo maior que 0. Em contrapartida nesses dois meses há uma baixa correlação no que diz respeito a precipitação e direção do vento, expondo que há uma correlação abaixo de 0, ou seja, pouca correlação, nesses períodos.

Contudo, no mês de outubro ocorre um efeito contrário, exibindo número de Pearson acima de 0 nos parâmetros de precipitação e direção do vento, e abaixo de 0 em precipitação e velocidade do vento. A causa provável dessa anomalia pode ser pela possível interferência causada pela La Niña, mostrada tanto na figura 14 e 15, na qual ocorreu um aumento de precipitação fora do período padrão de chuvas ou outra anomalia registrada pela estação.

Portanto, foi constatado na análise de Pearson que das duas variáveis correlacionadas, precipitação e velocidade mostram uma relação entre si, e é inversa na correlação das variáveis precipitação e direção nos meses de fevereiro a março, na qual sugeriu-se um aumento na velocidade do vento nos períodos chuvosos na região, na qual pode ser observado na análise das rosas dos ventos nesses meses, na figura 11, onde os ventos e a maior velocidade no quadrante a nor-noroeste a 337, 5°.

No mês de outubro, o número Pearson apresenta valor positivo na correlação entre precipitação e direção, e valores com pouca variação próximo a 0 na outra correlação. Essa relação com as variáveis pode ser dar devido ao período seco na região, onde a direção do vento apresenta uma tendência a nor-nordeste a 22.5°, como mostrada nas rosas do vento de outubro, na figura 10.

8 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela estação apresentaram 3 períodos sazonais distintos, no quesito precipitação, sendo eles: período chuvoso (fevereiro a abril), período transicional (maio a julho e novembro a janeiro) e período seco (agosto a outubro).

A salinidade do ERP apresentou comportamento sazonal nos meses analisados, mostrando que as chuvas são uns dos fatores para alteração da salinidade, mas que também a oscilação da maré é um fator importante a ser levado em consideração nessa variação. A região também exibiu uma variação sazonal, na qual apresentou uma elevada amplitude térmica nos meses de setembro a novembro 2017, decaindo ao longo dos meses como visto de abril a junho de 2018.

Também foi possível observar que com a ocorrência do fenômeno ENOS, os níveis de precipitação apresentaram chuvas fora do padrão anual, de forma que constatou precipitações acima do esperado no período chuvoso, principalmente nos resultados de precipitações do mês de outubro.

No caso dos ventos, a direção predominante seguiu a tendência a nor-nordeste em todos os meses, porém, com maiores velocidades de vento nos meses de janeiro fevereiro e março da ordem de 8 a 10 m/s, na direção nor-noroeste.

Os dados analisados em Pearson mostraram elevada correlação entre as variáveis de precipitação e velocidade do vento nos meses de fevereiro e março, onde percebe a alta correlação na velocidade do vento com aumento das chuvas locais, e da precipitação e direção do vento nos meses de outubro, onde se mostra uma relação em que a direção se mostra evidente nesse período. Outras análises ainda devem ser realizadas, como a correlação de Pearson com os dados físico-químico e análises de kruskal-wallis nos dados de ventos, precipitação e direção, com o foco de aprofundar o conhecimento.

REFERÊNCIAS

- Aufdenkampe A. K. *et al.* 2011. "Riverine coupling of biogeochemical cycles between land, oceans, and atmosphere." *Frontiers in Ecology and the Environment*, **9**(1): 53-60.
- Araújo Junior L. M., Silva E. M., Costa A. C., Sales D. C., Vasconcelos Junior F. C., Guimarães S. O. 2014. Avaliação dos recursos eólicos simulado no estado do Ceará: um estudo de caso para o El Niño 97/98 e para La Niña 98/99. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **29** (1): 139 - 152.
- Campos M.I.A.M. 2010. *Introdução á biogeoquímica de ambientes aquáticos*. 1º ed. São Paulo, 212p.
- Bastos Therezinha Xavier *et al.* 2002. "Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos." Belém, Embrapa Amazônia Oriental. (Documentos, 128).
- Costa M, S. 2014. *Aporte hídrico e do material particulado em suspensão para baía do marajó: influencia dos rios Amazonas e Tocantins*. MS Dissertation, Geologia e Geoquímica, Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociência, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. 95 p.
- Costa J.B.S., Hasui Y., Bermeguy R.L., Soares-Junior A.V., Villegas J.M.C. 2002. Tectonics and paleogeography of the Marajó Basin, northern Brazil. *Ann. Braz.Acad. Sci.* **74** (3): 519–531.
- Ferreira A.G. & Mello N.G.S. 2005. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, **1**(1): 15 - 28.
- Figueiredo-Filho D. B. & Silva-Junior J. A. 2009. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, **18**(1): 115 – 146.
- Gloor M., Barichivivh J., Brienen R., Schongart J., Peylin P., Cintra B. B. L., Feldpausch T., Phillips O., Baker J. 2015. Recent Amazon climate as background for possible ongoing and future changes of Amazon humid forests. *Global Biogeochemical Cycles*, [S.l.], American Geophysical Union (AGU), **29** (9): 1384-1399.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INEP. Centro de Previsão de Tempo E Estudos Climáticos-CPTEC. 2018. *Ocorrência do La Niña*. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em 14 de julho de 2021.
- Lima A. M. M. de, Oliveira L. L. de, Fontinhas R. L., Silva Lima R. J. de. 2005. Ilha do Marajó: Revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão. *Holos Environment*, Lima, **5**(1): 65-80.

- Kowalik Z & Luick J. 2013. "The oceanography of tides", Fairbanks, Kaufmann, D., Kraay, A., Mastrozzi, M. Percentis e Boxplots, p. 157.
- Mascarenhas A. C. C., Gomes G. S., Lima A. P. Y., Silva H. K. N., Santana L. S., Rosario R. P. Rollnic M. 2016. Seasonal variations of the Amazon River plume with focus on the Eastern sector. *Journal of Coastal Research*, SI(75): 532-536.
- Marcuzzo F. F. N. & Romero V. 2013. Influência Do El Niño E La Niña Na Precipitação Máxima Diária Do Estado De Goiás. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **28**(4): 429 – 440.
- Meybeck M. 1982."Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers." *Am. J. Sci*, **282** (4): 401-450.
- Mendonça F. & Danni-Oliveira I. M. 2017. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de textos.
- Miranda L. B. D., Castro Filho B. M. D., Kjerfve B. 2002. *Princípios de oceanografia física de estuários*. 2º ed. São Paulo, 432p.
- Monolitonimbus 2016. Rosa dos ventos - *SBE 37-MS* imagem. 1 imagem. Disponível em: <https://www.monolitonimbus.com.br/rosa-dos-ventos-e-os-deuses/> . Acesso em: 24 Out. 2021.
- Prestes Y.O. 2016. *Interações físicas entre o estuário do Rio Pará e a Plataforma Continental no norte do Brasil*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17884>. Acesso em: 09 de outubro de 2021.
- Prestes Y. O., Borba T. A. C., Silva A. C.da, Rollnic M. 2020. A discharge stationary model for the Para-Amazon estuarine system. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **28**: 100668.
- Prestes Y.O., Silva A.C., Rollnic M., Rosário R.P. 2017. The M2 and M4 tides in the Pará River Estuary. *Trop. Oceanogr.* **45**: 26–37.
- Rosário R. P. 2016. *Análise de processos oceanográficos no estuário do rio Pará*. PhD Thesis, Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geofísica. 139p.
- Silva A. M. P. 2017. *Estudo dos parâmetros meteoceanográficos de um estuário Amazônico*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: Acesso em: 25 de outubro de 2006. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/850> . Acesso em: 19 de outubro de 2021.

Sea-Bird Scientific 2021. *Seabird, modelo - SBE 37-MS* foto. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.seabird.com/moored/sbe-37-microcat/family?productCategoryId=54627473786>. Acesso em: 24 Out. 2021.

Nittrouer C. A. E. & Demaster D. J. 1996. The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. *Continental Shelf Research*, **16** (5 – 6): 553 – 573.