



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

VÍVIAN EVELYNE SILVA ARAÚJO

**ANÁLISE DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA
ÁGUA NA BAÍA DO GUAJARÁ EM BELÉM-PA E OS EFEITOS
DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DE MARÉS**

Belém-PA
2018

VÍVIAN EVELYNE SILVA ARAÚJO

**ANÁLISE DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA
ÁGUA NA BAÍA DO GUAJARÁ EM BELÉM-PA E OS EFEITOS
DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DE MARÉS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito para o grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha.

Belém-PA
2018

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Araújo, Vivian Evelyne Silva, 1991-

Análise de alguns parâmetros de qualidade da água na baía do Guajará em Belém-Pa e os efeitos do regime pluviométrico e de marés / Vivian Evelyne Silva Araújo. – 2018.

121 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientadora: Edson José Paulino da Rocha

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2018.

1. Água - Qualidade - Guajará, Baía de (PA). 2. Marés - Guajará, Baía de (PA). I. Título.

CDD 22. ed.: 628.161098115

Elaborada por
Lucia de Fátima Imbiriba de Sousa
CRB-2/652

VÍVIAN EVELYNE SILVA ARAÚJO

**ANÁLISE DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA
ÁGUA NA BAÍA DO GUAJARÁ EM BELÉM-PA E OS EFEITOS
DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DE MARÉS**

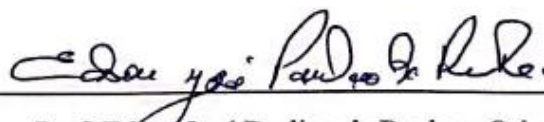
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito para o grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

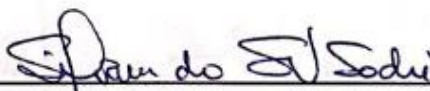
Data da aprovação: 27 / 04 / 18

Conceito: APROVADA

Banca Examinadora:



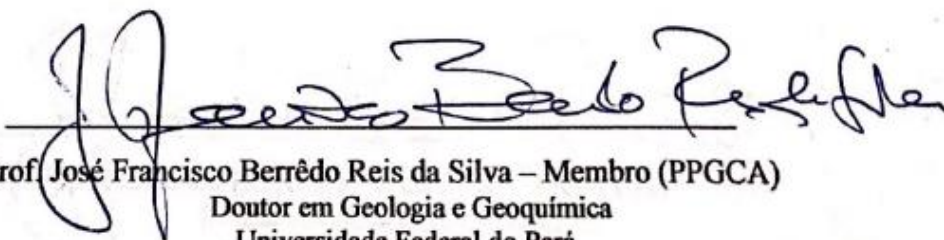
Prof. Edson José Paulino da Rocha – Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Silvana do Socorro Veloso Sodré – Membro Externo
Doutora em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal Rural da Amazônia



Prof. Everaldo Barreiros de Souza – Membro (PPGCA)
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



Prof. José Francisco Berr do Reis da Silva – Membro (PPGCA)
Doutor em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, e a minha família,
em especial a minha mãe Marília Pereira,
Meus irmãos Ruggeri e Victor, e ao meu marido Breno Lins.
E ao Gerson (in memoriam) que infelizmente não terá a oportunidade de ver a
conclusão de mais esta vitória, mas tenho certeza que estaria também muito orgulhoso
assim como os outros.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus, pois em todos os momentos da minha vida pude sentir a sua presença e sua poderosa mão sobre mim, auxiliando, cuidando e orientando com muita sabedoria e amor. E principalmente por tornar todas as coisas possíveis.

Ao Instituto Evandro Chagas pela experiência incrível de ter me proporcionado na minha jornada tanto profissional como acadêmica. Em especial ao Bruno Carneiro, pesquisador e coordenador do projeto desenvolvido, sem o qual o trabalho prosseguido não seria possível realizar. Um dos maiores motivadores e apoiadores para realização do mestrado. Meus agradecimentos também a toda equipe do laboratório de toxicologia do Instituto Evandro Chagas, não me esquecendo do setor de físico-química por serem pessoas que me ajudaram a realizar as análises físico-química das águas, por toda a ajuda dispensada e acolhimento no laboratório de pesquisa.

Ao professor Edson Rocha por ter me acolhido e ter se tornado meu orientador e ter tido paciência e além de ter acreditado no meu potencial de que eu seria capaz de ir além.

Ao Augusto Souza por ter me direcionado da forma correta a chegar nos objetivos traçados, e conseguir aprimorar cada vez mais esta dissertação para chegar na excelência dos resultados. Meu muito obrigada!

Ao programa de bolsa da FAPESPA, pela ajuda financeira fornecida.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, pelo conhecimento repassado e amadurecimento de profissionais para se tornarem aptos e capacitados em qualquer tipo situação.

Aos colegas do Mestrado no PPGCA, pelo companheirismo e amizade ao longo de todo o curso, tornando menos árduo a batalha, principalmente, as amigas: Adayana, Fernanda, Letícia, Luana, Paola e Sâmia.

Logo também aos mais importantes na minha vida, minha mãe e irmãos por sempre serem meus maiores inspiradores e incentivadores a buscar novos desafios e acreditar que os sonhos são possíveis de serem realizados, basta termos uma família forte e unida ao nosso lado para que tudo se torne com uma força propulsora adiante de qualquer desafio ou obstáculo.

E por fim, ao grande amor da minha vida: Breno Lins. Por ser meu amigo e companheiro em todos os momentos, não porque está sendo citado por último que significa que esteja nesta posição de agradecimento. Pelo contrário, foi a peça

fundamental a abrir meus olhos e mostrar que posso ir muito mais além do que eu jamais imaginei para minha vida, a pessoa que não deixou que eu parasse o tempo e perdesse as oportunidades que estavam sendo colocadas sobre mim, me orientando sempre pelo caminho certo a ser seguido, sendo a única pessoa que reuni todas as qualidades citadas acima por cada pessoa que presto meu agradecimento. Por estar comigo, nas alegrias e tristezas, por sempre confiar em mim e compartilhar comigo de mais esta vitória.

A todos que não citei diretamente, presto meus eternos agradecimentos!

“Quem mediu as águas na concha da mão, ou com o palmo definiu os limites dos céus? Quem jamais calculou o peso da terra, ou pesou os montes na balança e as colinas nos seus pratos? Quem definiu limites para o Espírito do Senhor, ou o instruiu como seu conselheiro? A quem o Senhor consultou que pudesse esclarecê-lo, e que lhe ensinasse a julgar com justiça? Quem lhe ensinou o conhecimento ou lhe aponta o caminho da sabedoria?”

(Isaías 40:12-14)

RESUMO

A Grande Belém localiza-se na região estuarina, conformada pelo Estuário Guajarinó, que integra o Golfão Marajoara, cujo ambiente fluvial é formado na confluência dos rios Pará, Tocantins, Acará e Guamá (IPEA, 2016). O nível de água do Estuário Guajarinó apresenta oscilações associadas ao efeito sazonal (variações sazonais da chuva nas bacias hidrologicas) e a maré (variações do nível de maré). A elaboração deste estudo dá-se ao fato que as variações sazonais parecem estar associadas às mudanças ambientais que ocorrem no ecossistema, como efeito da sazonalidade hidrologica – marés e chuvas. O presente estudo analisou os componentes físico-químicos da água da Baía do Guajará relacionando-os as marés e a dinâmica hidrologica dos rios Guamá e Pará, também nesta pesquisa foi feita a análise do papel da precipitação na alteração dos componentes físico-químicos da água da Baía. Foi realizada a priori uma estatística descritiva, verificando os valores das médias, dos máximos e mínimos, facilitando observar quais se encontram em concordância com a resolução vigente do CONAMA 357/2005. Também, foi aplicada a estatística de correlação de Pearson, para avaliar o grau de relação entre variáveis, a correlação foi primeira estudada entre os próprios parâmetros físico-químicos, assim, observou-se que os parâmetros que tem forte correlação positiva foram a condutividade elétrica, TDS e salinidades. Os demais parâmetros não sofreram significativas correlação, demonstrando serem independentes entre si. Quando aplicada a correlação entre os parâmetros físico-químicos e a precipitação não se encontrou nenhum tipo de correlação, tanto positiva como negativa entre essas variáveis, significando que o papel da precipitação da cidade de Belém na variação dos componentes físico-químicos da Baía não é importante. Deste mesmo modo ocorreu para a relação dos parâmetros com as alturas das marés. Os gráficos do comportamento dos parâmetros físico-químicos em relação a chuvas, apresentou que dentre os nove parâmetros analisados, seis parâmetros foram alterados, como: pH, temperatura, condutividade elétrica, TDS, salinidade, OD e Turbidez. Esses parâmetros sofreram alterações por conta da precipitação. Os resultados dos gráficos da relação dos parâmetros e as marés foram observados que dentre os nove parâmetros estudados cinco deles foram alterados, diminuindo a temperatura, e aumentando os valores de condutividade elétrica, TDS, salinidade e turbidez.

Palavra-chave: Sazonalidade Hidrologica. Compostos Iônicos. Influência das Marés.
Baía do Guajará.

ABSTRACT

Belém is located in the estuarine region, conformed by the Guajarino Estuary, which integrates the Marajoara Gulf, whose fluvial environment is formed at the confluence of the rivers Pará, Tocantins, Acará and Guamá (IPEA, 2016). The water level of the Guajarino Estuary presents fluctuations associated with the seasonal effect (seasonal variations of the rain in the hydrological basins) and the tide (variations of the tide level). The elaboration of this study is due to the fact that the seasonal variations seem to be associated to the environmental changes, that occur in the ecosystem, such as the effect of hydrological seasonality - tides and rainfall. The present study will analyze the physico-chemical components of the Guajará Bay water, relating them to the tides and the hydrological dynamics of the Guamá and Pará rivers, also in this research will be made the analysis of the role of precipitation in the alteration of the water bay physicochemical components. Initially, a descriptive statistic was made, verifying the values of the averages, of the maximum and minimum, facilitating to observe which are in agreement with the current resolution of CONAMA 357/2005. It was also applied the statistical method of Pearson correlation to evaluate the degree of relationship between variables, the correlation was first studied between physico-chemical parameters, thus, it was observed that the parameters that have a strong positive correlation were the electrical conductivity, TDS and salinity. The other parameters did not presented significative correlation, demonstrating that they were independent of each other. When applying the correlation between the physical-chemical parameters and the rainfall, no positive or negative correlation was found between these variables, meaning that the role of the rainfall city of Belém, was not mostly important in the variation of the physico-chemical components of the bay and this was also the case for the relationship between the parameters and the tide heights. The behavior graphs of the physical-chemical parameters, in relation to rainfall, showed that among the nine parameters analyzed, six parameters were altered, such as: pH, temperature, electrical conductivity, TDS, salinity, OD and Turbidity. These parameters have changed due to precipitation. The results of the parameters regardind the tides were observed among the nine parameters studied, decreasing the temperature, and increasing the values of electrical conductivity, TDS, salinity and turbidity.

Keyword: Hydrological seasonality. Ionic Compounds. Tides Influence. Guajará Bay.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Localização da área de estudo.....	47
Figura 02 - Localização dos pontos de coleta.....	50
Figura 03 - Mosaico de fotos (não georeferenciado) da cidade de Belém, com a localização do Porto de Outeiro (A), Porto de Miramar (B) e do Porto de Belém (C). As linhas vermelhas indicam a localização dos portos e terminais fluviais de pequenos e médios portes.).....	52
Figura 04 - Detalhes da orla de Belém: Desembocadura do canal do Una (A), portos particulares de indústrias variadas (B), área marginal dos bairros arsenal e jurunas (C) e situação de baixa-mar no porto de “Custódio”	53
Figura 05 - Coleta manual (águas superficiais).....	55
Figura 06 - Recipientes para coleta de amostras.....	55
Figura 07 - Sonda Multiparamétrica HANNA.....	56
Figura 08 - GPS Garmin Plus	56
Figura 09 - Previsão da Tábua das Mares do Porto de Belém, 2014.....	61
Figura 10 - Gráfico Precipitação Diária da cidade de Belém do Pará – 2014 a 2015.....	72
Figura 11 - Gráfico Climatologia de precipitação da cidade de Belém/PA.....	74
Figura 12 - Gráfico Precipitação Acumulada Média Mensal em 30 anos, Belém/Pa.....	76
Figura 13 - Gráfico Precipitação (mm) X Altura das Marés (m).....	78
Figura 14 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e pH (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).....	84
Figura 15 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e temperatura (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).....	86
Figura 16 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e condutividade elétrica (µS/cm) – Enchente (a) e Vazante (b).....	89
Figura 17 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e TDS (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	92
Figura 18. - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e salinidade (mg/L) – Enchente	93

(a) e Vazante (b).....	
Figura 19. - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e oxigênio dissolvido (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	95
Figura 20. - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e turbidez (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	97
Figura 21. - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e cor real (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	99
Figura 22. - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e DBO (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	101
Figura 23. - Comportamento da altura maré da Baía do Guajará nos anos de 2014 e 2015.....	103
Figura 24. - Dinâmica das correntes de marés de sizígia, em superfície na Baía do Guajará – Enchente (Pinheiro, 1987).....	104
Figura 25. - Dinâmica das correntes de marés de sizígia, em superfície na Baía do Guajará – Vazante (Pinheiro, 1987).....	105
Figura 26. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e pH (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).....	107
Figura 27. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e temperatura (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).....	108
Figura 28. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e Condutividade elétrica (µS/cm) – Enchente (a) e Vazante (b).....	109
Figura 29. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e TDS (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	110
Figura 30. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e salinidade (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	111
Figura 31. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e OD (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	112
Figura 32. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e turbidez (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	113
Figura 33. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e cor real (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	114
Figura 34. - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e DBO (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Coordenadas Geográficas dos locais de coleta de amostras das águas superficiais.....	51
Tabela 02 - Metodologia analítica utilizada para analisar os parâmetros físico-químicos.....	57
Tabela 03 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água nos cinco pontos coletados, no período de enchente nos anos de 2014 e 2015.....	64
Tabela 04 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água nos cinco pontos coletados, no período de vazante nos anos de 2014 e 2015.....	65
Tabela 05 - Análise de Correlação de Pearson para os parâmetros de qualidade da água, no período da maré enchente dos anos 2014 e 2015.....	68
Tabela 06 - Análise de Correlação de Pearson para os parâmetros de qualidade da água, no período da maré vazante dos anos 2014 e 2015.....	69
Tabela 07 - Análise de Correlação de Pearson para os dados de precipitação em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré enchente dos anos 2014 e 2015.....	70
Tabela 08. - Análise de Correlação de Pearson para os dados de precipitação em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré vazante dos anos 2014 e 2015.....	70
Tabela 09. - Análise de Correlação de Pearson para os dados de altura das marés em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré enchente dos anos 2014 e 2015.....	71
Tabela 10. - Análise de Correlação de Pearson para os dados de altura das marés em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré vazante dos anos 2014 e 2015.....	71
Tabela 11. - Média da Pluviometria mensal da região de Belém nos anos de 1986 a 2015.....	80
Tabela 12. - Média da pluviometria mensal dos 30 anos.....	81
Tabela 13. - Fenômenos de El Niño e La Niña que ocorreram no periodo de 1986 a 2017 (32 anos).....	81
Tabela 14. - Valores médios para comparação entre os parâmetros de Condutividade Elétrica, TDS e Salinidade.....	87

ABREVIATURAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DBO	Demanda Bioquímica De Oxigênio
DQO	Demanda Química De Oxigênio
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
GPS	Sistema De Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDESP	Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará
INMET	Instituto Nacional De Meteorologia
IOS	Índice De Oscilação Sul
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NBR	Norma Brasileira
OD	Oxigênio Dissolvido
ORP	Potencial Redox
STS	Sólidos Suspensos Totais
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
TDS	Sólidos Totais Dissolvido
TSM	Temperatura Da Superfície Do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona De Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 TEMA EM ESTUDO.....	21
1.2 JUSTIFICATIVA.....	23
1.3 PROBLEMÁTICA E QUESTÕES NORTEADORAS.....	24
1.4 HIPÓTESES.....	25
1.4.1 Hipótese Alternativa	25
1.4.2 Hipótese Nula	25
1.5 OBJETIVOS.....	25
1.5.1 Objetivo Geral	25
1.5.2 Objetivos Específicos	25
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	27
2.1 REGIÃO AMAZÔNICA.....	27
2.1.1 Bacia Hidrográfica Amazônica	27
2.1.2 Clima na Amazônia	28
2.2 HIDROLOGIA.....	29
2.2.1 Marés	29
2.2.1.1 Comportamento do nível das águas do mar.....	30
2.2.1.2 Influência das fases da lua nas marés.....	31
2.2.1.3 Marés solares e lunares.....	31
2.2.2 Região Estuarina	32
2.2.2.1 Características dos estuários e a sua classificação.....	33
2.2.2.2 Região estuarina de Belém.....	33
2.3 QUALIDADE DA ÁGUA.....	35
2.3.1 Parâmetros Físico-químicos	35
2.3.1.1 Temperatura.....	35
2.3.1.2 Cor.....	35
2.3.1.3 Sólidos.....	36
2.3.1.4 Turbidez.....	36
2.3.1.5 Oxigênio Dissolvido.....	36

2.3.1.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	37
2.3.1.7 Demanda Química de Oxigênio.....	38
2.3.1.8 Potencial Hidrogênico Iônico – pH.....	38
2.3.1.9 Compostos Nitrogenados.....	39
2.3.1.10 Condutividade Elétrica.....	39
2.3.1.11 Cloreto Total.....	39
2.3.1.12 Sulfato.....	40
2.3.1.13 Fósforo	
Total.....	40
2.3.1.14 Potencial Redox (ORP).....	40
2.4 CARACTERÍSTICAS DO CLIMA NA AMAZÔNIA.....	41
2.4.1 Fenômeno ENOS.....	41
2.4.1.1 El Niño.....	41
2.4.1.2 La Niña.....	41
2.4.2 Zona de Convergência Intertropical.....	42
2.4.3 Características das variáveis ambientais na Amazônia.....	42
2.4.3.1 Temperatura do Ar.....	42
2.4.3.2 Temperatura da Superfície do Mar (TSM).....	42
2.4.3.3 Precipitação.....	43
2.5 ESTUDOS SOBRE A HIDROLOGIA E A QUALIDADE DA ÁGUA.....	44
3 MATERIAIS E MÉTODO.....	46
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	46
3.1.1 Descrição da área de estudo.....	46
3.1.1.1 Localização.....	46
3.1.1.2 Caracterização da área.....	47
3.2 ETAPA DE CAMPO.....	49
3.3 AMOSTRAGEM.....	53
3.4 COLETA.....	54
3.5 METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	57
3.5.1 Metodologia das análises físico-química.....	57

3.5.2 Metodologia tábua de maré.....	60
3.5.3 Variabilidade de precipitação	61
3.5.4 Tratamento dos dados	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS	63
4.2 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA	71
4.3 COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO.....	82
4.4 COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM RELAÇÃO AS MARÉS.....	102
5 CONCLUSÃO	116
REFERÊNCIAS	118

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA EM ESTUDO

A zona costeira representa um dos sistemas mais complexos, diversos e produtivos da Terra. Em toda a linha litorânea encontram-se associados os ecossistemas costeiros, como praias arenosas e lodosas, costões rochosos, lagunas costeiras, estuários, deltas, restingas, dunas, recifes de coral, marismas e manguezais (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2002).

As zonas estuarinas são locais fisicamente instáveis, caracterizados por grandes variações espaciais de suas características físico-químicas. Nas zonas limitantes, onde a água doce e a água salgada se misturam, as características físicas e químicas são tão marcantes que resultam em um ambiente com diversidade menor do que em outros sistemas aquáticos, ainda que a densidade de cada espécie possa ser alta (KENNISH, 1986a; KNOX, 1986).

Os estuários são de interesse não somente por seu valor ecológico mais também por seu valor para o bem estar da sociedade (KENNISH, 1986a). Cerca de 60% das grandes cidades distribuídas ao redor da terra estão localizadas nas proximidades de sistemas estuarinos, representando em proporções as suas dimensões, uma das mais valiosas regiões do nosso planeta (GEOPHYSICS STUDY COMMITTEE, 1995). Os estuários são importantes porque o crescimento da atividade econômica e populacional ocorre em torno deles. Segundo Kennish (1986b) e Miranda et al. (2002) o crescimento é ocasionado por diversos motivos, como: I) a facilidade para instalação portuárias, comerciais e navais; II) constituem uma via de acesso importante para o interior do continente; III) comunicação natural com regiões de manguezal; IV) suas águas são renovadas periódica e sistematicamente sob a influência da maré; V) proximidade para atividades econômicas e de lazer; VI) são férteis e podem produzir grande quantidade de matéria orgânica; e VII) como ecossistema, os estuários apresentam muitas funções vitais para as comunidades biológicas além de fornecer espécie importantes comercialmente, sendo que, através destes pode-se observar determinando que os estuários sejam de extrema importância para o desenvolvimento sustentável.

O Brasil é considerado um país continental devido à sua dimensão, possuindo aproximadamente 7.416 km de costa litorânea onde 70% da população brasileira vivem nos principais centros urbanos, localizados ao longo deste litoral.

O estuário Amazônico, localizado na região Norte brasileira, faz parte da maior bacia hidrográfica do mundo, a qual comporta o rio mais volumoso, o Amazonas, com descarga correspondente a 1/6 das descargas de todos os demais rios do globo (COSTA, 1996), sendo responsável por cerca de 20% de toda a água doce lançada no oceano (MARTINELLI et al., 1989). Segundo Brandão e Feijó (1994), a bacia do rio Amazonas apresenta uma área com cerca de 268.000 km², com distribuição até o extremo oeste da margem continental brasileira, passando por três países: Peru, Colômbia e Brasil.

Segundo Nittrouer (1995), o resultado da poderosa descarga entre o rio Amazonas com o Oceano Atlântico é tão forte que a água marinha raramente ultrapassa a desembocadura. Esta descarga é influenciada por quatro períodos: I) o primeiro período intermediário, ocorrendo entre os meses de dezembro a fevereiro, caracterizado por ser um período de transição climática; II) o de descarga máxima, concentrada entre os meses de março a maio, caracterizado por um clima chuvoso na região; III) o segundo período intermediário, ocorrendo entre os meses de junho a agosto, caracterizado por ser um período de transição climática; IV) o período de descarga mínima concentrada nos meses de setembro a novembro, caracterizado por um clima de estiagem (pouca precipitação) precedendo um volume mínimo de água. A variação sazonal é um dos fatores que mais influenciam na diversidade das espécies deste estuário onde, de maneira geral, no período de descarga máxima predominam espécies de água doce e no período de estiagem predominam espécies de água salgada (BARTHEM, 1985).

A Baía do Guajará faz parte do estuário Amazônico. Ela é o acidente geográfico que mais sofre com a influência urbana da região amazônica. Este ambiente se localiza em torno da cidade de Belém, capital do estado do Pará, que apresenta 30 km de drenagem, algumas canalizadas outras não, que deságuam na baía (NASCIMENTO, 1995). A região estuarina de Belém concentra um grande número de indústrias no seguimento entre o bairro de Val de Cães e o distrito de Icoaraci. Essas indústrias liberam efluentes para a baía do Guajará muitas vezes sem nenhum tratamento. Localizado a noroeste de Belém e prolongando-se até às proximidades da ilha de Mosqueiro, o estuário guajarino vem sofrendo uma degradação ambiental que tem aumentado gradativamente devido ao acelerado processo de adensamento populacional e industrial do município de Belém (IDESP, 1990).

Segundo ainda o Idesp (1990), o acelerado adensamento populacional e industrial na região estuarina da baía do Guajará, é um dos responsáveis pelo aumento

gradativo das agressões ao meio ambiente, através do lançamento de resíduos líquidos domésticos e industriais, em um tratamento antipoluidor prévio, provocando danos aos organismos e sedimentos. Por essa razão, muitos problemas de qualidade da água já estão sendo percebidos, principalmente decorrentes do mau uso e desperdício. A poluição é detectável em alguns corpos de água, com consequências negativas para a saúde humana e ecossistemas em geral (CUNHA et al., 2005; MIRANDA et al., 2009; RIBEIRO, 2003).

O estuário guajarinó tem uma intensa hidrodinâmica e conseqüentemente uma grande capacidade de diluição dos poluentes lançados pelas indústrias instaladas nas margens da baía do Guajará, porém, se as concentrações das substâncias contaminadoras superam certos limites permitidos pela legislação vigente, as águas da baía podem perder gradativamente essa capacidade de diluição, sendo necessário o seu tratamento em estações de água. Portanto, a composição química da água de rios e sua variação dependem principalmente de fatores hidroclimáticos e das ações antrópicas. As variações temporais estão relacionadas à quantidade de água nos rios, enquanto que variações espaciais muitas vezes são devidas a intensidade e variedade dos lançamentos antrópicos (MAANE-MESSAIL et al, 2010). Somando-se a isso as variações sazonais de precipitação pluviométrica também tem um efeito significativo nas concentrações de poluentes nos rios (MEYBECK; MARSIL, 1998; SHRESTHA; KAZAMA, 2006).

Por estas razões, este trabalho, tem uma abordagem multidisciplinar e integrada para a caracterização dos diversos componentes que interligam e influenciam os parâmetros de qualidade da água desta região. De modo geral, o presente estudo se propõe a estudar os componentes físico-químicos da água da Baía do Guajará; observar os dados das tábuas de marés; observar dados de precipitação da região de estudo; quais as variáveis que influenciam na qualidade da água da Baía do Guajará, sejam elas variáveis pluviométricas ou das marés; correlacionar como a influência das marés afeta a dinâmica iônica dos rios; qual efeito da correlação da precipitação nesse espaço.

1.2 JUSTIFICATIVA

A Grande Belém localiza-se na típica região estuarina, conformada pelo Estuário Guajarinó, que integra o Golfão Marajoara, cujo ambiente fluvial é formado na confluência dos rios Pará, Tocantins, Acará e Guamá. Constitui-se de uma parte continental e de uma região insular separada por rios, furos, igarapés e canais de maré –

que configuram entre as ilhas de Mosqueiro, Outeiro ou Caratateua, Jutuba, Paquetá-Açu, Urubu-Oca, Cotijuba, Combu, Marituba, São Pedro, Roldão, Papagaios. As baías do Guajará (Belém), Santo Antônio (separa as ilhas Mosqueiro de Outeiro) e do Sol (ilha de Mosqueiro) (IPEA, 2016).

O nível de água do Estuário Guajarino apresenta oscilações associadas ao efeito sazonal (variações sazonais da chuva nas bacias hidrológicas) e a maré (variações do nível de maré).

A escolha da área de estudo justificou-se, em princípio, pelo fato da mesma ter sido pouco estudada sobre a grande influência pelo efeito da maré. Logo, a pesquisa se justificativa porque as variações sazonais parecem estar associadas às mudanças ambientais que ocorrem no ecossistema. Tais mudanças acarretam variações sejam quantitativas ou qualitativas em compostos iônicos de águas superficiais, as quais estão principalmente ligadas ao regime hidrológico anual (variações sazonais), ou seja, período seco (menos chuvoso) e chuvoso.

Para conhecer os efeitos de uma sazonalidade, é preciso entender como ela se comporta historicamente (ao longo de um período), e como esse comportamento atualmente se apresenta. E de acordo com Sousa et al. (2004) esses estudos ambientais envolvendo química da água são de fundamental importância para compreensão da estrutura trófica do ecossistema, assim como do comportamento futuro daquele ecossistema após alguns anos.

Assim, o conhecimento da dinâmica dos compostos iônicos de um ambiente aquático é relevante não apenas por sua importância para a produção primária dos ambientes aquáticos, como também por serem as flutuações temporais e espaciais em suas respectivas composições e biomassa, indicadores eficientes das alterações, sejam elas naturais ou antrópicas nesses ecossistemas aquáticos (COELHO et al., 2004).

1.3 PROBLEMÁTICA E QUESTÕES NORTEADORAS

Os parâmetros físico-químicos da Baía do Guajará variam em função de diversos parâmetros ambientais, sendo a sazonalidade um parâmetro que afeta bastante essa dinâmica. A capacidade de renovação das águas de um estuário e de assimilação de substâncias estranhas nele introduzidas depende de uma série de processos de natureza como: física, química, biológica e geológica, os quais interagem entre si de uma forma extremamente complexa.

A relação estreita existente entre a composição física e química da água e a frequência de determinados eventos ocorrentes em uma dada região, podem modificar o fluxo totalmente ou parcialmente do local onde ocorreram tais fenômenos.

Baseado na importância dos compostos iônicos e a sazonalidade para todos os ambientes aquáticos, esta pesquisa teve como principais questões norteadoras:

- A correlação entre a influência dos componentes hidrológicos sobre os compostos iônicos da água superficial da Baía do Guajará é significativa?
- Quais ferramentas e/ou indicadores podem ser utilizadas para identificar as influências do oceano e da água superficial da Baía do Guajará sobre os compostos iônicos?

1.4 HIPÓTESES

1.4.1 Hipótese Alternativa

Ao longo dos anos, devido à grande transformação que o planeta está passando, a dinâmica do ecossistema amazônico se modificará a tal ponto que poderá apresentar tendência (ou indícios) de diminuição a diversidade biótica natural da região amazônica, sendo predominada parte pela biótica oceânica.

1.4.2 Hipótese Nula

Mesmo com as grandes transformações ambientais, o sistema biótico amazônico permanecerá o mesmo, não havendo sequer alteração no estado atual do ecossistema.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Determinar a influência da sazonalidade hidrológica (variações sazonais da chuva e das marés) sobre alguns parâmetros físico-químicos da água da Baía do Guajará.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar através das metodologias analíticas a qualidade de água através dos parâmetros de pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais

dissolvidos, salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez, cor real e demanda bioquímica de oxigênio da Baía do Guajará;

- Determinar através da análise descritiva (média, máximo e mínimo) os parâmetros físico-químicos da Baía do Guajará comparando com a resolução do CONAMA 357/05;
- Analisar os dados de precipitação diária referente ao período estudado de 2014 e 2015 para verificar se há influências sobre os parâmetros físico-químicos da Baía do Guajará;
- Coletar dados de dias, horas e alturas referentes a tábuas da maré do porto de Belém e correlacionar com os parâmetros físico-químicos para verificar se uma variável influencia a outra;

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 REGIÃO AMAZÔNICA

Segundo Sousa et al. (2004) a Amazônia (também chamada de Floresta Amazônica, Selva Amazônica, Floresta Equatorial da Amazônia, Floresta Pluvial ou Hileia Amazônica) é uma floresta latifoliada úmida que cobre a maior parte da Bacia Amazônica da América do Sul. Esta bacia abrange 7 milhões de quilômetros quadrados, dos quais 5 milhões e meio de quilômetros quadrados são cobertos pela floresta tropical. Esta região inclui territórios pertencentes a nove nações. A maioria das florestas está contida dentro do Brasil, com 60% da floresta, seguida pelo Peru com 13% e com partes menores na Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana, Suriname e França (Guiana Francesa).

A Amazônia representa mais da metade das florestas tropicais remanescentes no planeta e compreende a maior biodiversidade em uma floresta tropical no mundo. É um dos seis grandes biomas brasileiros.

No Brasil, para efeitos de governo e economia, em 1966, a Amazônia foi delimitada por uma área chamada "Amazônia Legal" definida a partir da criação da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). Sendo o maior bioma terrestre do país, abrangendo três das cinco divisões regionais do país (Norte, Nordeste e Centro-Oeste) a Amazônia ocupa 49,29% do território brasileiro.

2.1.1 Bacia Hidrográfica Amazônica

A bacia hidrográfica é uma unidade territorial útil ao planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. Possui uma área de captação natural da água das chuvas convergindo o seu escoamento para um único ponto de saída. É composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

Segundo Porto (2008), a maior bacia hidrográfica do Brasil (e do mundo) é a Bacia Amazônica, que é constituída por todos os rios, córregos, ribeirões e demais cursos de água que deságuam no rio Amazonas.

A Bacia Amazônica não abrange somente parte das terras brasileiras, mas também porções dos territórios do Peru, Colômbia, Equador, Venezuela e Bolívia,

ocupando sete milhões de quilômetros quadrados. No Brasil essa bacia abrange 3,8 milhões de quilômetros quadrados, envolvendo sete Estados, que são eles: Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Pará e Amapá, sendo que o rio principal da bacia, o Amazonas, é o maior do mundo, ele nasce na cordilheira dos Andes (Peru) e quando entra no Brasil é intitulado de Solimões, onde a confluência do Solimões com o rio Negro constitui o Amazonas.

A Bacia Amazônica possui uma gama variada de ecossistemas e grande riqueza de diversidades biológica e étnica. Inclui a maior extensão de floresta tropical da Terra, e responde por aproximadamente um quarto das espécies animais e vegetais do planeta. A precipitação atmosférica anual é de 2.300 mm, em média, e a descarga média do Rio Amazonas no oceano Atlântico é de cerca de 220.000 m³/s, o que corresponde a 18% da descarga total de água fresca nos oceanos do mundo. O papel da floresta na manutenção do equilíbrio dinâmico entre clima e vegetação é vital na reciclagem do vapor d'água e foi estudado por Salati desde finais da década de 1970 (Salati; Marques, 1984). Como regulador climático em escala global, levanta-se a hipótese de que a floresta Amazônica é um importante regulador dos balanços de energia e hídrico. Consequentemente, a floresta pode exercer influência sobre a circulação atmosférica e a precipitação regional. As complexas interações entre variáveis climáticas na Bacia Amazônica têm implicações importantes a potencial mudança do clima, em nível local e global.

2.1.2 Clima na Amazônia

Floresta Amazônica desempenha um papel importante na regulação do clima regional e global. A convecção tropical é a principal característica do clima da Bacia Amazônica. Ela é regulada principalmente por características atmosféricas em grande escala, inclusive pela circulação da célula de Hadley e pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a oscilação intrassazonal de 40 a 60 dias, e ondas atmosféricas, e também por processos meteorológicos como a penetração de frentes frias extratropicais (OLIVEIRA; NOBRE, 1986).

O clima na região é determinado e influenciado pela sazonalidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), pela grande capacidade de evapotranspiração da floresta, pelo fenômeno ENOS e pelos ventos alísios que carregam umidade do Oceano Atlântico para a região norte do Brasil. O clima do domínio amazônico é do tipo equatorial e apresenta médias térmicas anuais que variam de 24°C a 27°C. Trata-se de

uma composição climática quente e úmida que possui um regime regular e intenso de chuvas o ano todo. Os principais fatores responsáveis por essa configuração são as baixas latitudes, a atuação de algumas massas de ar e a presença de vegetação, responsável pela geração de umidade (LUCAS et al., 2010; NEVES et al., 2012; SANTOS, 2012).

Ainda segundo Lucas et al. (2010), o ambiente mais úmido produzido pela evapotranspiração da floresta contribui para que a amplitude térmica (variação entre a maior e a menor temperatura) seja reduzida. Por outro lado, o regime de chuvas chega a uma média anual que vai de 1500 mm até os 2500 mm, havendo alguns pouquíssimos períodos de estiagem. As chuvas predominantes são as de convecção, em virtude da umidade gerada que ascende à atmosfera com o ar quente, onde ocorrem a condensação e a precipitação.

Os sistemas convectivos, principalmente a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), provocam variações sazonais de chuva, com o período mais chuvoso de dezembro a maio e o menos chuvoso de junho a novembro. A definição das estações, chuvosa e menos chuvosa, é consequência, principalmente, dessa migração latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que durante o verão austral está posicionada mais abaixo da linha do Equador, podendo alcançar até 5° S de latitude, provocando intensas chuvas nessa região, enquanto no inverno austral está mais ao norte, podendo alcançar até 10° N, e como consequência ocorre redução das chuvas na Amazônia (Citeau et al., 1985, 1988a,b; Uvo e Nobre, 1989; Waliser e Gautier, 1993; Cavalcanti et al., 2009).

2.2 HIDROLOGIA

2.2.1 Marés

A maré é uma onda longa caracterizada por oscilações verticais da superfície do mar ou outros corpos d'água como, por exemplo, as baías e estuários, causados pela atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol, sobre os diversos pontos da Terra. Os movimentos relativos Sol–Terra–Lua fazem com que as marés possam ser decompostas em vários harmônicos simples. Ao movimento periódico dos astros podem somar-se um número de fatores que contribuem a um comportamento não estacionário das marés em regiões estuarinas, como quando a onda é afetada pela vazão fluvial (GALLO, 2004).

A penetração da maré num estuário é o resultado da interação do escoamento fluvial e do movimento oscilatório gerado pela maré na sua desembocadura, onde essas ondas longas são geralmente amortecidas e progressivamente distorcidas pelas forças do atrito no fundo e a vazão fluvial e influenciadas também pela geometria do canal. As principais forças intervenientes no processo são as de gravidade (principal agente no escoamento fluvial), as de pressão (provenientes de desníveis na linha d'água gerados pela maré), as de atrito (geradas pela resistência no fundo), as inerciais e finalmente, as provenientes da estratificação da água (pelo encontro de água doce e salgada) (GODIN, 1999).

A fronteira rio-estuário não permanece fixa no tempo, mas apresenta variações de posição em função da variação dos parâmetros que caracterizam a maré (período e amplitude) e o escoamento fluvial (vazão, declividade e rugosidade do fundo). No caso do rio Amazonas, onde a mistura de água doce e salgada ocorre na plataforma continental, a perturbação do escoamento fluvial pela maré se percebe até algumas centenas de quilômetros ao montante da foz (IPPEN e HARLEMAN, 1966).

2.2.1.1 Comportamento do nível das águas do mar

Segundo Godin (1999) as mudanças dos níveis marítimos sofrem através da força de atração do sol e da lua sobre o planeta. A Terra atrai a lua, fazendo-a girar ao seu redor, através da gravidade. Mas a lua também atrai a Terra, só que de um jeito bem mais “suave”. O puxão gravitacional lunar afeta consideravelmente a superfície dos oceanos devido à fluidez, com grande liberdade de movimento da água. Mas dependendo da posição do sol e da lua em relação ao nosso planeta, as marés têm comportamentos diferentes. Ou seja, as marés podem subir ou descer por influência da gravidade exercida pela lua e pelo sol. O que determina a época em que elas estarão mais ou menos cheias é a posição desses dois astros em relação à Terra. Quanto mais alinhado estiver o sol, a lua e a Terra (ou como dizem os astrônomos, em oposição ou conjunção) maior será o efeito na massa marítima, causando, conseqüentemente, uma alta nas marés – como é o caso da lua nova.

Ainda segundo esse mesmo autor na lua minguante, a influência do Sol e da Lua nas marés oceânicas diminuem, e é quando estas se ‘equilibram’. Na fase cheia da lua, ela viaja de novo para uma posição em que se alinha com o sol e a Terra, provocando uma nova alta das marés. E na fase crescente, a lua e o sol formam um ângulo reto de

90° e é quando a gravitação lunar se opõe ao solar – elas só não se anulam porque a lua, mais perto da Terra, exerce maior poder de atração.

2.2.1.2 Influência das fases da lua nas marés

Em 1966, Ippen e Harleman compreenderam que quando a lua é nova ou cheia, o sol está alinhado com a lua, de forma que as forças gravitacionais e centrífugas dos dois sistemas vão se somar e causar maiores saliências de maré (marés de sizígia). Já quando a lua é crescente ou minguante, as forças dos dois sistemas (terra-sol e terra-lua) fazem ângulo reto, de forma que não contribuem umas com as outras. Por isso, as saliências serão relativamente pequenas (marés de quadratura). Abaixo podemos observar como as fases da lua influenciam de forma individual cada maré:

- Lua Nova: Quando a Terra, a Lua e o Sol se alinham, a atração gravitacional exercida pelos dois astros sobre os oceanos se soma, gerando correntes marítimas que causam uma elevação máxima do nível do mar na direção dessa linha. É nessa época que se dá as maiores marés altas, chamadas de marés de sizígia ou máximas.
- Lua Minguante: Nessa fase lunar, diminui a influência do Sol e da Lua nas marés oceânicas. Na noite em que metade da Lua está visível, a atração atinge seu menor valor.
- Lua Cheia: Cerca de duas semanas depois da Lua Nova, nosso satélite viaja de novo para uma posição em que se alinha com o Sol e a Terra. Essa combinação traz uma nova leva de marés máximas.
- Lua Crescente: Agora, a Lua e o Sol formam um ângulo reto de 90°. Nessa situação, a gravitação lunar se opõe ao solar – elas só não se anulam porque a Lua, mais perto da Terra, exerce maior poder de atração. Mesmo assim, as diferenças de nível entre as marés alta e baixa são muito menores e recebem o nome de marés de quadratura ou mínimas.

2.2.1.3 Marés solares e lunares

O sol tem 27 milhões de vezes mais massa que a lua, mas esta está 387 vezes mais próxima da terra. Sendo assim, os efeitos de gravitação da lua acabam sendo maiores e as marés lunares são cerca de duas vezes maiores que as solares (a influência do sol nas marés vale cerca de 46% da influência da lua) (CANDELLA, 1997).

- Maré Lunar: As maiores marés sobre a Terra são causadas pela Lua. Em regra geral, quando a Lua se encontra o mais próximo possível do zênite de um local, ou diametralmente oposta, temos a maré alta. Quando a Lua se encontra a cerca de 90° dessa região, temos as marés baixas. O intervalo de tempo entre duas marés altas causadas pela Lua é de cerca de 12h25m. No mar, em locais afastados das costas, o desnível entre a maré alta e a maré baixa é de cerca de 1 m. Mas em baías fechadas esse desnível pode chegar a cerca de 20 m.

- Maré Solar: Apesar de ter uma massa muito maior que a da Lua, o Sol exerce uma maré sobre a Terra, de cerca de 2,5 vezes menor do que aquela causada pela Lua. Isso se explica devido à grande distância entre o Sol e a Terra. Por causa do Sol, as marés altas de um local ocorrem por volta do meio-dia e da meia noite.

- Maré Luni-solar: Devido à rotação da Terra e dos movimentos orbitais desta e da Lua, as marés vão ocorrendo cada dia em horários ligeiramente diferentes. O efeito combinado das marés causadas pela Lua e pelo Sol é chamado de maré luni-solar. Quando os três astros estão alinhados, ocorrem as marés de maior desnível (as mais altas e as mais baixas também) e essas marés são chamadas de marés de Sizígia. Elas ocorrem por volta das épocas de Lua Nova e Lua Cheia. Quando o Sol e Lua são vistos a 90° um do outro, ocorrem marés com menor desnível (marés não muito altas nem muito baixas) e são denominadas de marés de Quadratura. Elas ocorrem por volta da Lua Quarto Crescente e por volta da Lua Quarto Minguante. Pelo fato de as marés lunares serem mais intensas, o período principal entre duas marés altas (ou baixas) é muito próximo do período das marés lunares: 12h25m. O tempo necessário para que a terra faça uma rotação completa em relação à lua é de 24 horas e 50 minutos, ou seja, um dia lunar.

Portanto, as duas águas altas e as duas águas baixas de um dia ocorrem cerca de 50 minutos mais tarde que no dia anterior. (ALVES, 1996).

2.2.2 Região Estuarina

Um estuário é um ambiente aquático de transição entre um rio e o mar. E sofre a influência das marés e apresenta fortes gradientes ambientais, desde águas doces próximos da sua cabeceira, águas salobras, e águas marinhas próximo da sua desembocadura. Os estuários são áreas de extraordinária produtividade e diversidade biológica (GARRISON, 2010).

2.2.2.1 Características dos estuários e a sua classificação

Segundo Fairbridge (1980) os estuários podem ser divididos em três partes: estuário inferior ou parte marinha em comunicação com o mar aberto; intermediário, sujeito a forte mistura da água doce com a água salgada; e estuário superior ou fluvial, caracterizado pela água doce, mas sujeito diariamente à ação das marés. Três fatores determinam as características dos estuários: a forma, o volume do fluxo fluvial e o alcance das marés na embocadura dele. A mistura de águas em densidades diferentes, a subida e a queda da maré, e as variações no fluxo do rio garantem que o padrão de circulação de água em um estuário seja complexo.

De acordo com Tom Garrison (2010) os estuários são caracterizados por seus padrões de circulação. Os padrões de circulação mais comuns são observados em Estuários de cunha salina, que se formam onde o fluxo rápido do rio penetra no oceano, em uma área onde o alcance da maré é baixo ou de um fluxo fluvial forte e volta em direção a terra como as subidas de maré ou quando o fluxo do rio diminui.

Um padrão diferente ocorre no rio onde flui mais lentamente e o alcance da maré é de moderado a alto. Estuários bem misturados contêm misturas diferentes de água doce e salgada ao longo da maior parte da sua extensão.

Conforme Noriega (2004), os fatores que podem determinar as modificações na dinâmica de um ambiente estuarino são de origens diversas, e as variações sazonais que ocorrem em alguns parâmetros hidrológicos de regiões tropicais estão relacionadas com os fatores climatológicos como: precipitação, evaporação, circulação local, correntes e ação dos ventos.

Quanto à classificação dos estuários podem ser divididas em dois tipos: quanto ao domínio por ondas ou por marés. Os estuários dominados por ondas apresentam caracteristicamente um pontal arenoso transversal à desembocadura e uma energia baixa na porção média, onde há a tendência ao acúmulo de lama. Por sua vez, estuários dominados por marés têm barras arenosas longitudinais ao fluxo fluvial e canais meandantes na porção intermediária (CORDEIRO, 1987).

2.2.2.2 Região estuarina de Belém

O território da cidade de Belém encontra-se em uma região estuarina, definida pela presença do estuário de Guajará, o qual faz parte do Golfo Marajoara, que compõem o sistema hidrográfico da foz do rio Amazonas (MATTA, 2002).

A zona urbana de Belém foi edificada em uma área que configura uma península sedimentar estuarina de desembocadura amazônica. Representa uma área intensamente irrigada, com diversos corpos d'água que apresentam volumes extraordinários de aporte de água superficial e subterrânea e do encontro destes com as águas do Oceano Atlântico. A caracterização como península advém do fato de cerca de 60% do território de Belém ser ocupado por sua rede hidrográfica, a presença da Baía de Guajará, o sistema de ilhas fluviais, e a proximidade com o Oceano Atlântico (PEREIRA, 2005).

O estuário Guajarino é formado por um sistema de drenagens continentais em regime de descarga em ambiente marinho. A Baía do Guajará localiza-se em frente à parte noroeste da cidade de Belém e prolonga-se até a Ilha do Mosqueiro, a norte, onde se encontra com a Baía do Marajó, no rio Pará. É formada pela confluência dos rios Acará e Guamá. A margem esquerda da Baía do Guajará é composta por um conjunto de ilhas e canais, sobressaindo-se as ilhas das Onças, Jararaca, Mirim, Paquetá Açú e Jutubá. Na margem direita está localizada a cidade de Belém. Ao norte, nesta mesma margem, encontram-se as ilhas do Mosqueiro e de Outeiro, onde se localiza o Terminal de mesmo nome (RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL DO TERMINAL PESQUEIRO PÚBLICO DE BELÉM, 2008).

A área estuarina estudada é caracterizada por períodos sazonais de chuvas frequentes abundantes e períodos de baixo índice pluviométrico com elevada taxa de evaporação, bem como a influência de marés que chega a inundar periodicamente as terras marginais. Segundo Cordeiro (1987), na estiagem, com a menor vazão das águas fluviais, a água do mar penetra no estuário tornando suas águas salobras até a altura da baía do Guajará.

A movimentação das marés e a interação com as drenagens superficiais de Belém resultam na transformação dos corpos d'água superficiais em barragens hídras naturais quando o nível das águas é elevado. Este fenômeno faz com que o processo de escoamento seja paralisado e até revertido, produzindo inundações em cotas mais elevadas do terreno (RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL DO TERMINAL PESQUEIRO PÚBLICO DE BELÉM, 2008).

De uma maneira geral, a rede hidrográfica da Região Metropolitana de Belém pode ser separada em dois grupos de bacias: as que sofrem influência direta do rio Guamá e as de influência direta da Baía do Guajará. O rio Guamá, situado a sul da zona urbana de Belém, em conjunto com o rio Moju representam as principais fontes de águas fluviais do estuário Guajará (PEREIRA, 2005).

2.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Os conceitos de qualidade da água não são especificamente ligados a sua pureza, mas sim às suas características físicas, químicas e biológicas. A análise periódica desses parâmetros em corpos d'água é essencial para o acompanhamento das condições ambientais das bacias hidrográficas, servindo como subsídio às tomadas de decisões que visem à conservação e o uso sustentável das águas (ABREU, 2015).

As variáveis descritas posteriormente, além de discriminar a qualidade dos rios, são as que mais são influenciadas pela sazonalidade local. Para efeito desta pesquisa, foram citadas apenas os parâmetros físico-químico da água.

2.3.1 Parâmetros Físico-químicos

2.3.1.1 Temperatura

A temperatura tem importância significativa porque atua de diversas formas nas reações químicas da água, influenciando na cinética química das reações biogeoquímicas, mas inclusive em outros parâmetros, como: cor, odor e a saturação do oxigênio (KRUPEK et al., 2008).

2.3.1.2 Cor

O parâmetro cor da água fornece indícios dos fenômenos que podem estar ocorrendo nela, sendo naturais ou decorrentes da atuação humana. A coloração na água não indica que esteja ruim para o consumo, mas por questões visuais a água potável para consumo deve ser límpida, transparente e incolor (BRITO, 2008). Nos ecossistemas aquáticos a cor está relacionada com a concentração de nutrientes dos corpos d'água. Segundo Cunha (2013) as águas brancas (como as do rio Amazonas) são

mais ricas em nutrientes, em contrapartida às águas pretas, apresentam-se com menos nutrientes disponíveis e normalmente mais ácidas.

A cor causada por matéria em suspensão, como o plâncton ou partículas suspensas, é chamada de cor aparente. O fitoplâncton pode conferir cores de tons de verde, azul esverdeado, amarelo, marrom ou vermelho, e as partículas do solo em suspensão podem produzir muitas cores diferentes na água. Substâncias húmicas de origem orgânica normalmente resultam em coloração semelhante às de chá ou de café ou, quando reagem com o ferro, podem fazer surgir uma cor amarelada intensa. Águas altamente ácidas podem apresentar cores azul-esverdeadas, quando vistas da sua superfície (BOYD, 2000).

2.3.1.3 Sólidos

A presença dos sólidos pode ser dividida em sólidos suspensos totais (STS) ou sólidos totais dissolvidos (TDS). O STS possui relação direta e proporcional com a turbidez, cor e a transparência da água. O TDS atua na modificação da salinidade e consequentemente na condutividade elétrica da água, que pode indicar indiretamente a presença de poluição ou desequilíbrio no corpo hídrico, pois na composição dos efluentes é possível encontrar íons em solução (BRITO, 2008).

2.3.1.4 Turbidez

A turbidez é um dos parâmetros que possui a capacidade de sugerir potenciais alterações da dinâmica hidrossedimentométrica, como consequência da erosão, relacionada às atividades humanas ou não (LUÍZÂ et al., 2012). O aumento da turbidez reduz as taxas de fotossíntese e prejudica a busca por alimento para algumas espécies, levando a um desequilíbrio na cadeia alimentar. Sedimentos podem transportar pesticidas, metais pesados e outros componentes tóxicos e sua deposição no fundo de rios e lagos prejudica as espécies bentônicas e a reprodução de peixes, além de causar assoreamento (BRITO, 2008; CUNHA, 2013; SANTOS et al., 2012).

2.3.1.5 Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é produto do balanço de massa entre oferta e consumo de oxigênio provocado pela reaeração física (hidráulica), fotossíntese (algas e vegetais) e estabilização da matéria orgânica (bactérias aeróbicas) sendo frequentemente utilizado para avaliar a qualidade da água em reservatórios e bacias hidrográficas por ser influenciado pela combinação de fatores físicos, químicos, biológicos, hidrodinâmicos e outros fluxos existentes, incluindo trocas entre frações de biomassa de algas, matéria orgânica (particulada ou dissolvida), amônia, sólidos suspensos voláteis e demanda de oxigênio do sedimento (RIXEN et al., 2012; SÁNCHEZ, 2007; VIGIL, 2003).

Através do balanço e do comportamento espacial-temporal do OD em um corpo d'água é possível determinar se há presença de poluição orgânica, pois a matéria orgânica é consumida pela oxidação química do oxigênio, bioquímica ou pela respiração de microrganismos (RIXEN et al., 2012). A poluição intensa, como o lançamento de esgotos sanitários sem tratamento, provoca alterações significativas nas concentrações de OD podendo resultar em desequilíbrios do ecossistema, ocasionando mortalidade de peixes, danos estéticos e exalação de odores (SHRIVASTAVA et al., 2000).

Outro aspecto importante quanto ao consumo de OD, por exemplo, é que apresentam um papel significativo no balanço de carbono em termos regionais e nos processos de degradação biológica da matéria orgânica proveniente das cabeceiras das bacias hidrográficas (lignina e derivados de macromoléculas de origem terrestre) (BRITO 2013; WARD et al., 2013). Os referidos autores estimam que algo em torno de 55% de toda a lignina produzida na floresta amazônica é potencialmente oxidada na água antes de ir para o Oceano Atlântico. Este dado mostra a importância do OD e da DBO (ciclo do Carbono) na biogeoquímica aquática tropical em diversos rios do globo.

2.3.1.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Em contrapartida a oferta de OD (autodepuração física e a fotossíntese, etc.), a demanda biológica de oxigênio (DBO) é um parâmetro que engloba muitas possíveis demandas de OD contidas na água. Ward et al. (2013) observaram em amostras de água do rio Amazonas que cerca de 3 mil diferentes tipos de macro moléculas podem estar presentes em uma única amostra. Em seu estudo, cerca de 220 foram produzidas e identificadas na própria incubação da amostra e aproximadamente 300 são consumidas

simultaneamente. Se observarmos, em termos estequiométricos, a DBO é uma representação do consumo de muitas destas moléculas (respiração) exercidas pela ação de bactérias aeróbicas presentes na água. Portanto a determinação da DBO (5 dias, 20°C) e suas variações tem sido um dos métodos mais utilizados e comuns para avaliar cargas orgânicas biodegradáveis na água naturais e águas residuais. Um nível elevado de DBO em um corpo de água pode significar uma potencial diminuição da concentração de oxigênio, que pode provocar efeitos negativos sobre a biodiversidade aquática superior (peixes, principalmente) (UDEIGWE; WANG, 2010).

2.3.1.7 Demanda Química de Oxigênio

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico, como o dicromato de potássio. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO₅, 20, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2009).

2.3.1.8 Potencial Hidrogênico Iônico - pH

O pH descreve a quantidade de íons contidos em uma solução. E em muitos rios este parâmetro pode variar entre 6 e 8, faixa esta satisfatória para a sobrevivência dos organismos aquáticos. Caso o pH seja modificado por atuação natural ou humana, poucos organismos aquáticos irão sobreviver, modificando totalmente a diversidade do corpo d'água (VIGIL, 2003). É importante salientar que o pH está fortemente relacionado também com o balanço de carbonatos na água (BRITO, 2013), sendo uma das forças motrizes que desencadeiam o fluxo de carbono na água e sua interação com o sedimento e a atmosfera. Além disso, apresenta variação significativa no ciclo hidrológico, tendendo a apresentar água mais ácida no período chuvoso e mais alcalina no período seco (CETESB, 2009).

O pH é um fator importante na análise de água em virtude de poder influenciar tanto a composição de espécie química, como afetar a disponibilidade de nutrientes e a toxicidade de muitos elementos em um ambiente (MCNEELY et al., 1979). Por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, este parâmetro deve ser considerado, uma vez que os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de

neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes.

Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais. Isto ocorre porque a decomposição da matéria orgânica libera gás carbônico que por sua vez reage com a água para formar ácido carbônico e conseqüentemente baixa o pH do sistema aquático. Águas naturais geralmente tem pH compreendido entre 4 e 9 e são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos, bicarbonatos e metais alcalinos e alcalinos terrosos (SCHAFER, 1985).

2.3.1.9 Compostos Nitrogenados

O nitrogênio, em suas diversas espécies (NH_4^+ , NO^3 , NO_2), é um nutriente limitante, pois as reações biológicas dependem da quantidade desse elemento presente no corpo d'água. O seu estado pode determinar a idade ou o tempo de poluição da amostra do corpo d'água. É muito frequente afirmar que, caso a amostra possua alto nível de amônia ou nitrogênio orgânico e, em contrapartida, pouco nitrito e nitrato, a amostra pode estar representando um ambiente com poluição recente. Por outro lado, se a quantidade de amônia e nitrogênio orgânico for baixa, a amostra poderá ser considerada sem poluentes (TEBBUTT, 2002) ou que esta já passou para um estado mais oxidado, como NO^3 e NO_2 .

2.3.1.10 Condutividade Elétrica

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2009).

2.3.1.11 Cloreto Total

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloreto as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. O restante é expelido pelas fezes e pelo suor. Tais quantias fazem com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg/L. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto (CETESB, 2009).

2.3.1.12 Sulfato

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais (CETESB, 2009).

2.3.1.13 Fósforo Total

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2009).

2.3.1.14 Potencial Redox (ORP)

A condição biogeoquímica nos sedimentos está, muitas vezes, associada à transferência de elétrons entre as espécies químicas. Tais processos podem definir

condições de deficiência de elétrons (meio redutor) ou transferência de elétrons (meio oxidante) e podem ser avaliados por meio de medidas *in situ*, denominadas medidas de potencial redox (CETESB, 2009).

2.4 CARACTERÍSTICAS DO CLIMA NA AMAZÔNIA

2.4.1 Fenômeno ENOS

A ocorrência de eventos ENOS produz mudanças na circulação atmosférica e oceânica, gerando condições anômalas que afetam o clima de diversas regiões do mundo. Segundo Philander (1990) as fases extremas do ciclo do fenômeno ENOS são comumente chamadas El Niño e La Niña. No caso do El Niño, tem-se IOS (Índice de Oscilação Sul) negativo e anomalias de TSM (Temperatura da Superfície do Mar) no pacífico equatorial positiva (fase quente) e no caso de La Niña, o IOS é positivo e a anomalia de TSM é negativa (fase fria).

2.4.1.1 El Niño

El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, e que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias (CPTEC, 2017). Na Região amazônica, o El Niño, dependendo de sua intensidade, influencia na diminuição do volume de chuvas.

2.4.1.2 La Niña

La Niña representa um fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao EL Niño, e que caracteriza-se por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Alguns dos impactos de La Niña tendem a ser opostos aos de El Niño, mas nem sempre uma região afetada pelo El Niño apresenta impactos significativos no tempo e clima devido à La Niña (CPTEC, 2017). Na fase La Niña, na região Amazônica, dependendo de sua intensidade, influencia no aumento do volume de chuvas.

2.4.2 Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical é considerada um dos sistemas mais importantes que influencia no volume de precipitação sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como áreas continentais adjacentes. Esse sistema é visualizado em imagens de satélites como uma banda de nuvens convectivas que se estende em uma faixa ao longo da região equatorial (Cavalcanti et al., 2009).

É caracterizada por bandas de nuvens carregadas que se formam com o calor e a umidade elevada dos trópicos. A organização das áreas de instabilidade ocorre no encontro (convergência) dos ventos Alísios da direção nordeste, que sopram na região tropical no Hemisfério Norte, e dos ventos Alísios da direção sudeste que sopram do Hemisfério Sul também na região tropical (NEVES et al., 2012).

A ZCIT é um dos fenômenos meteorológico de escala global. As áreas de instabilidade deste sistema se formam na região tropical de todo o globo. Porém, sua atividade chuvosa depende da temperatura da água do mar (NEVES et al., 2012).

As áreas de instabilidade tendem a se deslocar sempre para a região onde a água do mar está mais quente. No caso do Brasil, a atividade chuvosa da ZCIT é muito dependente da temperatura da água do oceano Atlântico Norte e do Atlântico Sul (NEVES et al., 2012).

2.4.3 Características das variáveis ambientais na Amazônia

2.4.3.1 Temperatura do Ar

Em razão dos altos valores de energia solar que incidem na superfície, a temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul da região Norte (Rondônia e Mato Grosso), que sofre a ação de sistemas frontais. As médias anuais mostram temperaturas bastante elevadas na região central equatorial, com médias que ultrapassam os 26-28°C. A amplitude térmica sazonal é de 1-2°C, e os valores médios situam-se entre 24°C a 26°C. Em Belém do Pará, apresenta a temperatura média mensal máxima de 26,5°C em novembro, e a mínima de 25,4°C em março (CAVALCANTI ET AL., 2009).

2.4.3.2 Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

O acompanhamento contínuo das condições térmicas na camada superficial dos oceanos é de extrema importância para os serviços meteorológicos e para as pesquisas climáticas e oceânicas. Ocupando mais de 70% da superfície do globo terrestre, os oceanos exercem papel preponderante nas condições de tempo meteorológico e no clima do planeta, influenciando diretamente no balanço de energia superfície-atmosfera e no transporte de calor entre as latitudes altas e baixas.

A ocorrência de secas e/ou de períodos sazonais com excesso de precipitação em algumas regiões do Brasil são causados por fenômenos como El Niño/La Niña e Dipolo do Atlântico. Tais fenômenos são determinados pelas condições anômalas de temperatura nos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical, respectivamente. Outro fator relevante da temperatura da superfície do mar (TSM) é o fato de que a ela exerce fundamental importância na gênese, duração, intensidade e dissipação de ciclones tropicais e, também, no fluxo de umidade dos oceanos em direção à costa, fortalecendo ou enfraquecendo sistemas de escala local, como as brisas marítimas.

Outra importante contribuição dos oceanos, sob o ponto de vista climático global, é a sua condição natural de armazenamento de dióxido de carbono, sendo essa capacidade de retenção de gás carbônico inversamente proporcional à variação da sua temperatura nos diversos níveis de profundidade. Ou seja, oceanos mais quentes indicam menor capacidade de retenção do gás e maior liberação de carbono em direção a atmosfera, sendo o contrário também verdadeiro (INMET, 2017).

2.4.3.3 Precipitação

Na parte norte da bacia Amazônica, a distribuição da precipitação sazonal mostra uma heterogeneidade significativa. A parte meridional tem estações seca e úmida distintas, com ocorrência de máxima de precipitação no verão austral. A precipitação anual total mostra duas máximas localizadas, respectivamente, em torno da foz do Rio Amazonas e sobre a parte ocidental da bacia. A máxima de precipitação anual, localizada no noroeste da Amazônia com total anual de mais de 3.000 mm, está associada à convergência de fluxo de umidade de leste em baixos níveis, provavelmente resultado da presença e da concavidade dos Andes a oeste daquela máxima precipitação (Nobre, 1983).

A alta precipitação sobre essa região pode ser entendida como a resposta da flutuação dinâmica do centro de convecção quase permanente (Marengo e Hastenrath, 1993), em combinação com a grande quantidade de evapotranspiração local que contribui para a reciclagem da precipitação. A segunda máxima de precipitação localizada sobre a foz do Rio Amazonas foi associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Hastenrath e Heller, 1977) e circulações locais relacionadas às linhas de instabilidade que surgem ao longo da costa, principalmente no final da tarde, forçadas pela circulação de brisa marinha (Cohen et al., 1995).

Durante a primavera austral, a precipitação aumenta sobre a Bacia Amazônica, e uma banda NWSE se desenvolve, associando a convecção tropical no oeste da bacia à atividade de precipitação nos extratropicais. Na estação do verão austral, há uma máxima notável, centrada próxima a 10°S. Essa máxima se prolonga para o sudeste para formar a ZCAS. A maior parte da América do Sul tropical e subtropical recebe mais de 50% do seu total anual de precipitação no verão austral (Figuerola e Nobre, 1990) sob a forma de precipitação convectiva com forte variação diurna. Na Amazônia meridional, quantidades diárias de precipitação da ordem de 10 mm d⁻¹, em média, sobre vastas regiões, atingem mais de 30 mm d⁻¹ em episódios de precipitação de grande intensidade.

2.5 ESTUDOS SOBRE A HIDROLOGIA E A QUALIDADE DA ÁGUA

No estado do Pará, nos últimos anos, os parâmetros da qualidade da água têm sido monitorados e estudados com mais frequência, considerando a distribuição espacial-sazonal dos parâmetros. No presente estudo, foram destacadas as informações da literatura mais úteis ao presente propósito, além de estudos científicos da nossa região e de outras regiões que descrevem com clareza e servem como referência comparativa entre parâmetros comuns usados.

Em cada etapa do ciclo hidrológico, a água entra em contato com o meio em que ela se encontra e, naturalmente, incorpora, em sua composição, elementos existentes deste ambiente. Desta forma, a água que escoar na superfície e no subsolo passa a ter impurezas orgânicas e inorgânicas, sendo que tais substâncias caracterizam, qualitativamente, as águas (LARENTIS, 2004).

Carvalho et al. (2000) verificaram a existência de uma significativa relação entre o aumento da temperatura da água e dos sólidos suspensos com a condutividade elétrica

na água, que pode ocorrer a partir de reações desencadeadas na fauna aquática frente ao aumento da temperatura.

Maier (1987) verificou relação também entre temperatura e o teor de oxigênio dissolvido, este tende a diminuir pelo aquecimento durante o dia e aumentar pelo resfriamento no período noturno; além disso a fotossíntese da vegetação submersa também exerce grande influência na variação diurna do teor de oxigênio dissolvido. Segundo ainda este autor uma pequena diminuição no pH pode estar associada ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a conseqüente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água. Para este autor o pH nas águas dos rios brasileiros varia de neutro a ácido e pode se alterar ao longo do rio.

Carvalho et al. (2000) afirmam que com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido. Isso é causado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua.

Esteves (1998) diz que na maioria das águas naturais o pH é influenciado pela concentração de H^+ originado da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH, e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. Apesar de se inter-relacionarem as variáveis físico-químicas podem ser influenciadas do meio externo, como a ocorrência de precipitação.

Ainda segundo Esteves (1998) a condutividade elétrica, que depende da composição iônica dos corpos d'água, pode ser influenciada, também pelo volume de chuvas. Com baixa precipitação e predominância de rochas magmáticas na bacia de drenagem, a composição da água é, geralmente, determinada por produtos de intemperismo destas rochas. Com alta pluviosidade e predominância de rochas sedimentares, a composição iônica da água é determinada pela composição das rochas. Como a chuva é o principal agente regulador dos cursos de água, espera-se que ela seja também um importante variável a ser considerada em estudos envolvendo a qualidade da água de rios.

O regime de chuvas no Brasil apresenta sazonalidade marcante com estação seca e chuvosa em épocas diferentes do ano de acordo com a localização geográfica (Figuerola e Nobre, 1989). Além da variação mensal da chuva, seu ciclo diurno também varia espacialmente (Angelis et al., 2004) e isso pode afetar as concentrações das variáveis físico-químicas nos rios. Em ambientes onde a ação antrópica é marcante, a

qualidade da água é afetada não só por fatores naturais, mas também por impactos das atividades humanas.

Pinheiro (1987) encontrou valores de salinidade na baía do Guajará que variaram de 0,9 a 1 no período menos chuvoso e, no período mais chuvoso, as águas desta baía são doces devido à força da descarga do rio Amazonas que impede a entrada da cunha salina.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Descrição da área de estudo

3.1.1.1 Localização

Belém é a capital do Estado do Pará e uma das mais importantes cidades do Brasil e da Amazônia, possuindo uma população estimada de 1.381.475 habitantes (IBGE, 2010). O território de Belém possui 505 km² de área dos quais 34,6% corresponde à porção continental e 65,4% a porção insular, composta por um conjunto de 39 ilhas (PREFEITURA DE BELÉM, 2001).

A cidade de Belém está localizada na embocadura de um braço do delta Amazônico, na Baía do Guajará, próximo à linha do Equador, com 1°27'20" de latitude sul e 48°30'15" de longitude oeste. Á treze metros acima do nível do mar, às margens da Baía do Guajará e do Rio Guamá, distante 120 quilômetros do mar no estuário do Rio Pará. Tendo como limites geográficos a Baía do Marajó (ao Norte), os municípios de Ananindeua, Benevides e Santa Bárbara (a Leste), Rio Guamá e município de Acará (ao Sul) e Baía do Guajará e Baía do Marajó (a Oeste) (TEIXEIRA, 1998).

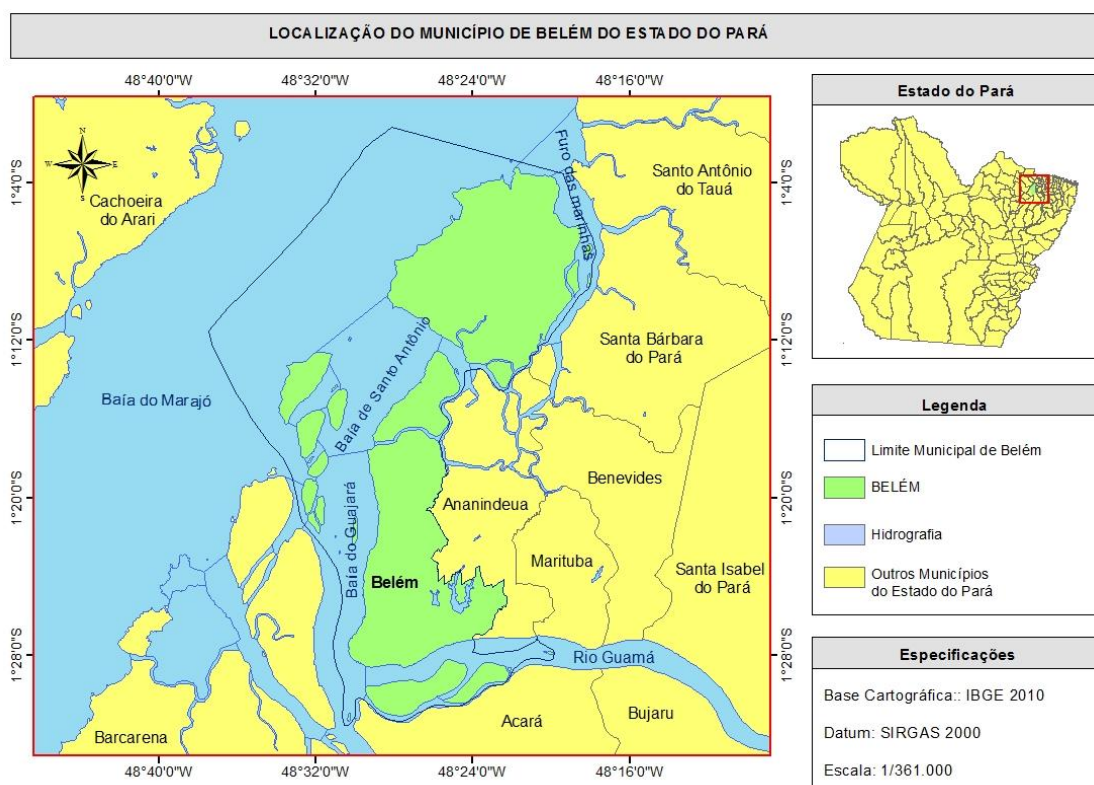
Entrecortado por cursos d'água e canais retificados que compõe as 14 bacias hidrográficas e devido aos processos geológicos de formação do município, este apresenta duas classificações de terrenos: de Terra-firme, que não sofrem inundações periódicas, com topografia que varia de 4 a 20 metros de altitude; e as várzeas, com níveis topográficos baixos, até 4 metros de altitude, áreas que sofrem inundações devido à influência das marés ou de índices pluviométricos elevados (PIMENTEL, 2012).

A Baía de Guajará possui zonas rasas, de aproximadamente 5 metros de profundidade, e também canais profundos, com cerca de 25 metros de profundidade (GREGÓRIO; MENDES, 2009). De acordo com este autor, a hidrodinâmica local é

controlada pela interação entre as correntes de maré e as descargas fluviais. Desta maneira, a baía de Guajará ou estuário do Guajará pode ser um corpo de água costeira semi-fechada com ligação livre com o oceano aberto, sendo que em seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental.

Na figura 01 abaixo, é possível visualizar toda a área estuarina da região metropolitana de Belém, assim como as regiões insulares próximas.

Figura 01- Localização da área de estudo.



Fonte: Autora (2018).

3.1.1.2 Caracterização da área

A região de Belém está localizada às margens da Baía do Guajará, na confluência com o Rio Guamá à aproximadamente 120 km do Oceano Atlântico, apresentando uma área de 719 km², com altitude média de 12 m. Sua principal característica fisiográfica, além da baixa altitude, é de apresentar inúmeros pequenos corpos de água, conhecidos regionalmente como furos e igarapés, os quais associados à baixa latitude condicionam à região, um ambiente climático quente e úmido.

As características climáticas da região de Belém se dá pelos principais mecanismos que explicam o regime das chuvas dentro do contexto de escala global que são: o resultado da combinação da atuação predominante da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, resultante da convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste, que é caracterizada por ventos fracos e precipitações intensas (VIANELLO; ALVES, 1991), das brisas marítimas, da penetração de sistemas frontais oriundos do sul do continente e da fonte de vapor representada pela cobertura vegetal da região.

Dentro do contexto mais local, pode-se dizer que as chuvas em Belém são resultantes das seguintes situações: de dezembro a maio, época mais chuvosa, a precipitação é originada pela ZCIT e pelos efeitos de mesoescala, como as linhas de instabilidades que se formam na costa Atlântica da Guiana e Pará, e propagam-se para o oeste como uma linha de cumulonimbus. Estas linhas originam-se em associação à brisa marítima e se formam no período da tarde; de junho a agosto, final do período chuvoso, as chuvas são provocadas por efeitos locais, como as brisas terrestres e marítimas e por Ondas de Este, vindas nas correntes dos ventos alísios, geralmente os do sudeste. Estas ondas são fenômenos que se formam no campo da pressão atmosférica, ao longo dos alísios, na faixa tropical do globo, deslocando-se de leste para oeste (VIANELLO; ALVES, 1991); de setembro a novembro, período de estiagem, a precipitação geralmente é provocada pelos fenômenos de mesoescala.

Belém se caracteriza ainda por apresentar temperaturas sempre altas, forte convecção, ar instável e alta umidade do ar favorecendo a formação de nuvens convectivas. As temperaturas altas estão associadas ao elevado potencial de radiação solar incidente, embora grande parte da energia seja convertida em calor latente de evaporação e outra parte convertida em calor sensível que é destinado ao aquecimento do ar. A forte convecção, a instabilidade e a alta umidade do ar favorecem a formação de nuvens convectivas, dando origem a uma grande incidência de precipitação na forma de pancadas, principalmente à tarde, situação característica de regime de chuva do tipo continental (NECHET, 1997).

Segundo esse autor, a frequente formação de nuvens do tipo cumulonimbus sobre Belém, favorece a ocorrência de vários tipos de trovoadas, cuja média anual está em torno de 165 dias. Esse tipo de fenômeno é produzido por nuvens cumulonimbus e se manifesta com descargas elétricas, chuvas intensas e ventos muito fortes e, em algumas situações, a trovoadas pode evoluir até o nível de tornado.

Já se tratando da hidrografia da região estudada, a baía está localizada em um ambiente altamente dinâmico, com fortes correntes de marés e com ondas geradas pelo vento com poder suficiente para propiciar a mistura das águas e ressuspensão dos sedimentos de fundos. No período de baixa pluviosidade, as águas ficam salobras devido à penetração da água marinha (RIBEIRO, 2004).

A superfície da água, mesmo em condições de ventos fracos, caracteriza um ambiente relativamente agitado, sobretudo pela ação das correntes de marés, com a presença de frequentes ondulações irregulares definindo um regime de fluxo turbulento (PINHEIRO, 2002).

A dinâmica da maré apresenta característica semidiurna como é observado pelos intervalos periódicos de aproximadamente 6 horas que separam a preamar da baixa-mar (BERNADI, 1987). Com a maré vazante e o vento geral (N-NE, mais forte as tardes) formam-se na baía ondas de até 1,5 m de altura (PINHEIRO, 1987; PEREIRA, 2001).

3.2 ETAPA DE CAMPO

Para o desenvolvimento da pesquisa foram definidos 05 pontos de coleta das águas superficiais distribuídos ao longo da orla de Belém, que compreende desde o ponto de captação da COSANPA até o Rio Guamá (Figura 02).

Figura 02- Localização dos pontos de coleta.



Fonte: (Autora, 2016)

Disponível em: <www.googleearth.com.br>. Acesso em: maio de 2016.

A orla de Belém foi dividida em 03 trechos, levando em consideração os portos situados nessa localidade. Cada trecho corresponde ao seu devido porto, sendo: Porto de Belém, Porto Miramar e Porto de Outeiro. No porto de Belém, foram escolhidos 02 pontos de coletas representantes, para que dessa maneira pudesse representar este trecho, o qual foi os pontos com as nomenclaturas **BEL.EXT-02** e **BEL.AS03**. Já no trecho do Porto de Miramar seguiu-se o mesmo raciocínio, foram escolhidos 02 pontos para representar este trecho: **MIR.AS-01** e **MIR.AS-04**. E por fim no Porto de Outeiro, foi escolhido apenas um ponto com a nomenclatura **OUT.AS-02** perfazendo um total de 05 pontos de coleta. Os resultados encontrados nesses pontos de coleta serão demonstrados em gráficos e tabelas.

A tabela 01 encontra-se as coordenadas geográficas dos locais de coleta das amostras de água na Baía do Guajará.

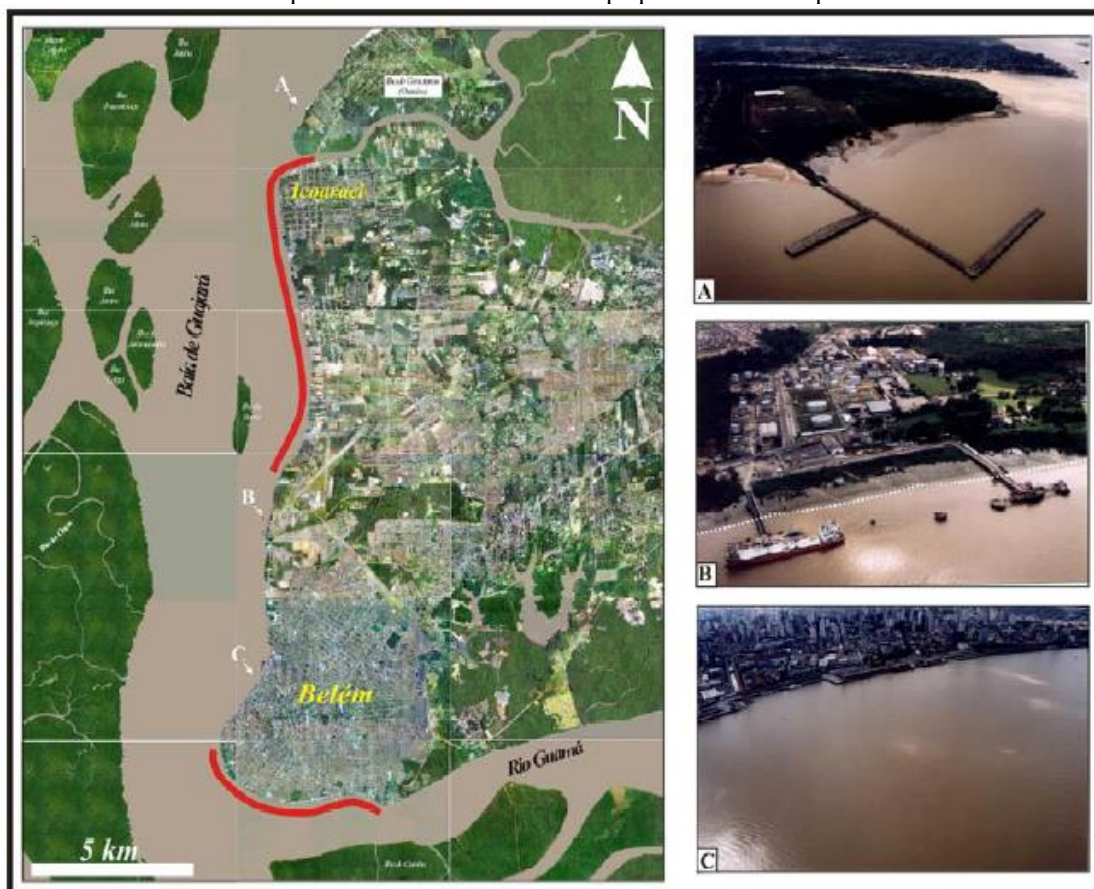
Tabela 01 – Coordenadas Geográficas dos locais de coleta de amostras das águas superficiais.

PONTOS DE COLETA	LATITUDE (SUL)	LONGITUDE (OESTE)
BEL.EXT-02*	1°28'36.40"S	48°27'13.40"O
BEL.AS-03*	1°26'31.70"S	48°29'46.80"O
MIR.AS-01*	1°24'48.20"S	48°29'41.30"O
MIR.AS-04*	1°22'5.50"S	48°29'3.90"O
OUT.AS-02*	1°16'22.70"S	48°28'55.10"O

*Pontos de coletas que serão discutidas no trabalho; BEL.EXT-02: Ponto 02 extra do Porto de Belém; BEL.AS-03: Água superficial do Porto de Belém referente ao ponto 03; MIR.AS-01: Água superficial do Porto de Miramar referente ao ponto 01; MIR.AS-04: Água superficial do Porto de Miramar referente ao ponto 04; OUT.AS-02: Água superficial do Porto de Outeiro referente ao ponto 02.

Na figura 03 encontra-se a localização dos portos onde foram feitas as coletas (Porto de Belém, Miramar e Outeiro). O porto de Belém está localizado a margem direita da Baía. Localiza-se em frente à Doca do Ver-o-Peso, possuindo 500 m de comprimento por 500 m de largura. O terminal petroquímico de Miramar também se localiza a margem direita da Baía do Guajará e é composto por dois píeres. Já o porto de Outeiro também se localiza a margem direita da Baía, a cerca de 20 km do cais do porto de Belém e 15 km do terminal de Miramar, possui área de 425.000 m².

Figura 03- Mosaico de fotos (não georeferenciado) da cidade de Belém, com a localização do Porto de Outeiro (A), Porto de Miramar (B) e do Porto de Belém (C). As linhas vermelhas indicam a localização dos portos e terminais fluviais de pequenos e médios portos.



Fonte: (GREGÓRIO, 2008, apud Projeto Branpetro, 2001).

Considerando os riscos de lançamentos de efluentes sanitários e industriais através de pequenos rios, igarapés e furos a figura 04 mostra em detalhes esses canais de escoamento. E é através desses canais que os lançamentos de efluentes conseguem alcançar a Baía do Guajará sem nenhum tipo de tratamento prévio.

Figura 04- Detalhes da orla de Belém: Desembocadura do canal do Una (A), portos particulares de indústrias variadas (B), área marginal dos bairros arsenal e jurunas (C) e situação de baixa-mar no porto de “Custódio”.



Fonte: (GREGÓRIO, 2008 apud PROJETO AMILCAR MENDES, 2001).

As coletas ocorreram em Janeiro de 2014 a Dezembro de 2015 sendo realizadas mensalmente, com duração de dois anos.

3.3 AMOSTRAGEM

Foi realizado um planejamento de amostragem cuja finalidade determinar as atividades de coleta, preservação, manuseio e transporte das amostras, de forma mais precisa e validar a obtenção de todas as informações necessárias do local coletado.

A amostragem de água superficial foi do tipo simples e obedeceu a critérios de representatividade e homogeneidade (FILIZOLA et al., 2006). A homogeneidade é avaliada para se verificar como as características de qualidade dessa água oscilam no espaço e no tempo. Há dois tipos de variação, variação espacial e variação temporal.

A variabilidade espacial de maneira geral são os corpos de água superficiais que apresentam variações quanto às concentrações dos seus constituintes nos diferentes pontos de uma seção transversal, bem como ao longo do eixo longitudinal de deslocamento. Há ainda uma variação no eixo vertical, a qual é mais pronunciada em corpos d'água mais profundos.

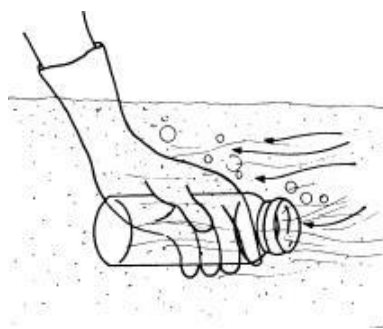
E a variação temporal são as concentrações dos constituintes de um corpo d'água pode ainda variar ao longo do tempo, num mesmo ponto, de forma aleatória ou cíclica em função das características das contribuições recebidas ou das variáveis meteorológicas. Em zonas estuarinas, por exemplo, a influência das marés provoca de forma cíclica profundas alterações nas características dessas águas. Desse modo obtêm-se uma amostra de água representativa daquele ponto do rio.

3.4 COLETA

A coleta aconteceu uma vez a cada mês, durante o período de 24 meses, iniciando em janeiro de 2014 a dezembro de 2015, de maneira a abranger dois momentos distintos, um período chuvoso e um menos chuvoso da região estudada. Em cada ponto de coleta foram realizadas duas amostragens de cada maré (enchente e vazante).

As amostragens de águas superficiais foram feitas por coleta manual, respeitando os procedimentos da NBR 9898. Os cuidados de assepsia, remoção da tampa do frasco juntamente com o papel protetor; com uma das mãos foi segurado o frasco pela base, mergulhando-o rapidamente com a boca para baixo, cerca de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água, para evitar a introdução de contaminantes superficiais (figura 05); após foi direcionado o frasco de modo que a boca fique em sentido contrário à corrente; no fim foi inclinado o frasco lentamente para cima para permitir a saída do ar e consequente enchimento do mesmo; após a retirada do frasco do corpo de água, foi também desprezado uma pequena porção da amostra, deixando um espaço vazio suficiente para permitir uma boa homogeneização da amostra antes do início da análise; foi fechado o frasco imediatamente, fixando o papel protetor ao redor do gargalo, e identificado adequadamente a amostra (no frasco e na ficha de coleta).

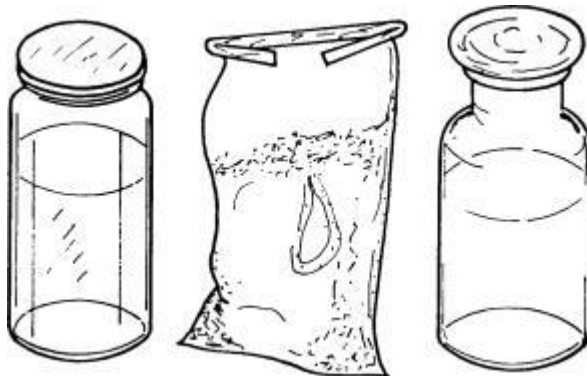
Figura 05- Coleta manual (águas superficiais).



Fonte: (NBR 9898, 1987).

A coleta de água foi efetuada em frascos de polietileno previamente lavados (Figura 06).

Figura 06- Recipientes para coleta de amostras



Fonte: (NBR 9898, 1987).

No local da coleta foram realizadas as leituras dos valores de pH, Temperatura, Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), Salinidade e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) das amostras, com uma sonda multiparamétrica da marca **HANNA** e do modelo: **HI-9829** (Figura 07).

Figura 07 – Sonda Multiparamétrica HANNA



Fonte: Google Imagens (2018).

Os pontos foram georeferenciados com o auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global) da marca Garmin Plus (Figura 08).

Figura 08 – GPS Garmin Plus



Fonte: Google Imagens (2018).

Os frascos coletados foram mantidos sobre refrigeração em uma caixa isotérmica com gelo ($<4^{\circ}\text{C}$), e na sequência encaminhados ao laboratório da Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas para determinação dos outros parâmetros. Ao chegar ao laboratório foi realizado o restante das análises: Cor real, Turbidez e DBO.

3.5 METODOLOGIAS UTILIZADAS

3.5.1 Metodologia das análises físico-química

As informações de qualidade de água foram obtidas por amostras feitas durante o período de 2014 e 2015 para as variáveis de Cor Real, Turbidez e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). O restante dos parâmetros foi realizado no momento da coleta (in loco) através de medidores portáteis. Esse equipamento é dedicado a medições com precisão e confiabilidade para uso em campo.

Os procedimentos obedeceram as recomendações descritas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) ou Procedures Manual HACH-Spectrophotometer do DR-3900 e o Manual da CETESB.

A metodologia analítica empregada para a análise dos demais parâmetros estudados é descrita na tabela 02:

Tabela 02- Metodologia analítica utilizada para analisar os parâmetros físico-químicos

PARÂMETRO	MÉTODO
pH (potencial hidrogênio iônico)	
Temperatura	
Condutividade elétrica	Método Potenciométrico – medidor multiparâmetro de campo, marca HANNA, modelo: HI-9829. Medição feita em “ <i>in situ</i> ”.
Oxigênio Dissolvido	
ORP (potencial redox)	
Salinidade	
Sólidos Totais dissolvidos	Método de espectrofotometria - espectrofotômetro de bancada de marca HACH, modelo: DR-3900 (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22st Edition, 2012. Método 2120 B.)
Cor Real	Método de espectrofotometria - espectrofotômetro de bancada de marca HACH, modelo: DR-3900 (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22st Edition, 2012. Método 2130 B)
Turbidez	Método manométrico - método por incubação de cinco dias a 20°C. Modelo: BOD TRAK I e II. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22st Edition, 2012. Método 5210 B.)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	

3.5.2 Metodologia dos dados de tábua de maré

Foram utilizados dados da tábua de marés do Centro Hidrografia da Marinha do Brasil para análise do regime hidrológico da baía do Guajará. A determinação da altura da maré foi obtida através dos dados referentes ao dia, hora e altura dos anos de 2014 e 2015 encontrados no próprio site da Marinha. Na figura 09, temos a informação disponibilizada no site da Marinha do Brasil para o Porto de Belém, foram utilizadas as informações desse Porto em virtude de ter mais proximidade com os pontos de coletas do presente estudo. O regime hidrológico anual foi analisado através da observação dos dados disponíveis do nível hidrológico obtido através dos dados da Estação Hidrológica de Belém do Serviço de Sinalização Náutica da Marinha. Através desses dados serão relacionados com os parâmetros físico-químicos.

Figura 09: Previsão da Tábua das Marés do Porto de Belém de 2014.

PORTO DE BELÉM (ESTADO DO PARÁ)			
Latitude: 01°26,2'S	Longitude: 048°29,6'W	Fuso: +03.0	Ano: 2014
Instituição: IAGS	100 Componentes	Nível Médio: 1.81 m	Carta: 00320
Lua	Dia	Hora	Alt.(m)
☾	WED 01/01/2014	06:43	0.2
		11:15	3.3
		18:34	0.3
		23:23	3.6
	THU 02/01/2014	07:36	0.1
		12:06	3.4
		19:36	0.2
	FRI 03/01/2014	00:11	3.6
		08:13	0.1
		12:47	3.4
		20:23	0.2
	SAT 04/01/2014	01:04	3.6
08:58		0.1	
13:30		3.4	
20:58		0.3	

(Fonte: Site da Marinha do Brasil, 2017).

3.5.3 Variabilidade de precipitação

A metodologia utilizada para a verificar os impactos da precipitação sobre a qualidade foi retirada de Silva et al. (2008) e apesar de existir uma longa série de dados de qualidade da água e saber que a Baía do Guajará é de importância estratégica para a

cidade de Belém, nenhum estudo focando os impactos da precipitação na qualidade da água dessa Baía foi realizado.

Os dados de chuva usados nessa pesquisa foram obtidos por meio de informações a partir dos dados coletados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) da estação meteorológica de Belém, o qual possui boa aproximação geográfica com os pontos de coleta. Para a análise climatológica das médias mensais e variabilidades interanuais foi considerado o período de 1986 a 2015 (30 anos de dados) e para as análises das influências da precipitação sobre os parâmetros físico-químicos da água foram utilizadas as precipitações diárias do dia de coleta no período de estudo (2014 e 2015).

A partir das informações de chuva avaliada pelo satélite elaborou-se a climatologia diária e o acumulado mensal da precipitação observada durante o período de 30 anos. Os valores mensais de precipitação dos pontos coincidentes com os locais de coleta de água foram inseridos na série temporal de qualidade da água. Para cada amostragem de água realizada foi retirada dados do INMET que demonstrem q quantidade de chuva daquele dia. Ou seja, para cada dia coleta foi observada os valores em milímetros (mm) de precipitação.

3.5.4 Tratamento dos dados

Foi utilizada uma metodologia modificada de Morales (2002) e Matos et al. (2011), para determinar o comportamento dos parâmetros físico-químicos em função da dinâmica da maré durante uma enchente e uma vazante contínua, no intervalo de tempo de 12 horas seguidas. Essa metodologia é válida para ecossistemas estuarinos, em especial rios ou igarapés que sofrem influência diária das marés.

Visando obter informações do comportamento de alguns parâmetros físico-químicos em relação a precipitação e do comportamento da maré no local, os resultados foram processados e comparados usando matrizes de correlação para verificar a relação existente entre essas variáveis.

Os resultados das variáveis físico-químicas e os dados de marés encontrados foram agrupados e organizados em um banco de dados de planilhas do EXCEL e foram submetidos a tratamento estatístico e produção de gráficos para melhor compreensão e visualização dos dados.

Nos estudos de qualidade de água em rios, usualmente são utilizados uma análise estatística descritiva, onde se determina para uma série de longos dados, a média, o máximo e o mínimo e assim comparados com a resolução vigente para descrição do comportamento estatístico do seu regime hidrológico.

Em relação às análises estatísticas, foi definido para este trabalho o estudo de correlação de Pearson para aplicação dos dados. Muitas vezes precisamos avaliar o grau de relacionamento entre duas ou mais variáveis. E através desta técnica é possível descobrir com precisão, o quanto uma variável interfere no resultado de outra. Por isso é fundamental importância à técnica associada à análise de correlação que representam uma ferramenta fundamental de aplicação para este trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões relativos à aplicação das metodologias descritas no capítulo 3, com informações sobre a análise estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos baseado na resolução do Conama 357/05. Além de informações sobre a relação entre precipitação pluviométrica nesta região, dados de maré e qualidade da água Baía do Guajará.

4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Foi realizada a princípio como parte de uma etapa fundamental para as discussões dos resultados, uma análise estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos encontrados mediante a avaliação da qualidade da água da Baía do Guajará. Os dados foram obtidos a partir de cinco pontos de coletas (BELEXT-02, BELAS-03, MIRAS-01, MIRAS-04 e OUTAS-02), divididos nas marés de enchente e vazante.

Nas tabelas 03 e 04, encontram-se os valores de média, máximo e mínimo dos parâmetros físico-químicos nos anos de 2014 e 2015, bem como o limite permitido para cada variável segundo a Resolução do CONAMA 357/05. Foram destacados em vermelho os valores que estão em desconformidade com a referida resolução.

De acordo com a resolução do CONAMA 357/2005, a Baía do Guajará pode ser enquadrada como água doce classe II, e este enquadramento determinar os limites aceitos para os parâmetros físico-químicos.

Tabela 03: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água nos cinco pontos coletados, no período de enchente nos anos de 2014 e 2015.

Parâmetros	Limite da Resol. CONAMA nº 357/05	BELEXT-02			BELAS-03			MIRAS-01			MIRAS-04			OUTAS-02		
	Classe II	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.
pH	6,0 a 9,0	6,57	8,34	5,44	6,44	7,81	4,49	6,60	7,81	5,75	6,63	7,85	5,71	6,63	7,90	5,42
Temperatura	Não faz referência (°C)	29,5	30,4	28,2	29,0	30,1	25,1	29,2	30,8	28,5	29,2	30,4	27,8	29,1	29,7	28,5
Ce	Não faz referência (µS/cm)	94	517	26	151	850	26	179	939	38	207	1256	24	494	3051	22
TDS	Até 500 (mg/L)	53	258	16	85	432	16	100	470	23	115	628	15	274	1525	14
Salinidade	Não faz referência (mg/L)	0,05	0,25	0,01	0,08	0,42	0,01	0,08	0,46	0,02	0,10	0,62	0,01	0,24	1,58	0,01
OD	Não inferior a 5 (mg/L)	4,58	7,28	0,00	5,38	7,90	3,07	4,98	7,16	3,13	5,28	7,64	2,98	5,86	7,80	3,24
Turbidez	Até 100 (UNT)	58	132	13	53	144	14	43	89	11	50	112	19	45	123	11
Cor Real	Até 75 (uH)	53	189	4	46	151	11	46	158	4	46	168	0	43	169	4
DBO	No máximo 5 (mg/L)	6,80	18,00	0,00	7,60	26,00	0,00	9,14	25,00	0,10	8,38	19,00	1,40	9,18	42,00	0,50

Méd.: Média; Máx.: Máximo; Mín.: Mínimo; pH: Potencial Hidrogeniônico; Ce: Condutividade Elétrica; TDS: Sólidos Totais Dissolvidos; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Tabela 04: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água nos cinco pontos coletados, no período de vazante nos anos de 2014 e 2015.

Parâmetros	Limite da Resol. CONAMA nº 357/05	BELEXT-02			BELAS-03			MIRAS-01			MIRAS-04			OUTAS-02		
	Classe II	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.
pH	6,0 a 9,0	6,66	8,90	4,17	6,44	7,92	5,51	6,57	7,82	5,76	6,72	8,04	5,63	6,90	7,97	5,91
Temperatura	Não faz referência (°C)	29,2	30,3	27,6	29,2	30,2	28,4	29,2	29,9	28,7	29,2	30,1	28,0	29,1	29,9	28,6
Ce	Não faz referência (µS/cm)	159	1057	28	173	1071	25	199	1260	34	223	1463	24	500	2819	25
TDS	Até 500 (mg/L)	89	528	17	96	535	14	111	630	21	125	731	15	280	1410	15
Salinidade	Não faz referência (mg/L)	0,08	0,52	0,01	0,08	0,52	0,01	0,11	0,62	0,01	0,11	0,73	0,01	0,26	1,45	0,01
OD	Não inferior a 5 (mg/L)	3,98	7,76	0,00	5,36	7,51	2,00	4,48	7,19	1,80	5,24	7,51	2,22	5,89	7,45	2,40
Turbidez	Até 100 (UNT)	67	122	8	56	124	4	49	102	6	53	128	4	47	111	4
Cor Real	Até 75 (uH)	48	193	0	44	135	10	44	118	10	45	139	2	43	101	9
DBO	No máximo 5 (mg/L)	10,16	35,00	0,00	6,65	26,00	0,00	8,20	21,00	0,00	6,90	16,00	0,00	7,02	29,00	0,00

Méd.: Média; Máx.: Máximo; Mín.: Mínimo; pH: Potencial Hidrogeniônico; Ce: Condutividade Elétrica; TDS: Sólidos Totais Dissolvidos; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Os valores do parâmetro de pH das amostras analisadas (enchente e vazante), apresentaram desconformidade com o Conama 357/2005 apenas em seus valores mínimos, com concentrações de pH na faixa ácida. O limite estabelecido para o pH se encontra na faixa de 6 a 9. Assim, nos valores mínimos pode se observar valores fora da faixa de aceitação. Porém, os valores de pH na faixa ácida podem ser considerados normais para águas da região amazônica, em virtude de que as águas podem ser classificadas como águas brancas amazônicas, caracterizadas por naturalmente apresentarem valores de pH na faixa ácida, segundo SIOLI (1984); ROSALES et al. (2002) e PASCOALOTO et al. (2012). Os valores de pH podem variar também em função das características geoquímicas da área, da presença de efluentes líquidos com elevada carga orgânica e presença de ácidos orgânicos.

A resolução do Conama 357/2005 define o limite aceitável para o parâmetro de turbidez o valor máximo de 100 UNT. Os resultados de turbidez deste estudo, em seus valores máximos, estão acima do valor permitido por esta resolução. Segundo Sioli (1984), este fato ocorre pois o parâmetro de turbidez é fortemente influenciado por presença de material particulado, abundante em região estuarina. Ainda segundo este autor em seu estudo, os valores de turbidez encontrados nas águas do Rio Guamá e da Baía do Guajará estiveram acima do limite permitido. De acordo com Rosales et al. (2002) e Pascoaloto et al. (2012), quando as águas superficiais se encontram com os valores de turbidez acima do valor permitido se deve ao fato de que os valores de pH estão abaixo de 6 (faixa ácida), devido a presença de material em suspensão representado por argilas, e conseqüentemente elevando também os valores de cor real.

Esta afirmação se comprova quando se observa os valores máximos encontrados para cor real, estes valores se encontram acima do permitido pela resolução. Os valores médios para o parâmetro de cor real, variaram entre 40 a 60 uH.

Na tabela 03, os valores máximos de TDS encontrados nos pontos MIRAS-04 e OUTAS-02 ficaram acima do limite permitido pela resolução. Na tabela 04, os valores máximos dos pontos coletados estiveram acima do limite permitido pelo Conama 357/2005. De acordo com os valores expressos de TDS nas tabelas, pode-se dizer que a água dessa Baía apresenta maiores valores de sólidos dissolvidos na maré vazante.

Os valores obtidos de condutividade elétrica são maiores na maré vazante, se comparados com os valores na maré enchente. Estes valores estão associados a quantidade de íons presente no corpo d'água. Sabe-se que se intensifica a transmissão

da corrente elétrica com o aumento de substâncias inorgânicas na água (PROSAB, 2006).

Pode se observar neste estudo que o comportamento de TDS sempre é metade que os valores de condutividade elétrica. Esteves (2011) relacionou diretamente o parâmetro TDS com a condutividade elétrica. Esses dois parâmetros apresentam comportamento iguais e são parâmetros bastante sensíveis e de grande utilidade na identificação de pequenas alterações nas características elétricas de corpos hídricos. A resolução do CONAMA 357/05 estabelece 500 mg/L como o limite permitido para TDS, mas não define limite para condutividade elétrica, o que significa que ainda que alterada este parâmetro, a água da Baía do Guajará encontra-se dentro do limite aceitável.

Observando os valores médios do parâmetro de OD, os pontos BELEXT-02 e MIRAS-01 encontram-se fora do limite permitido, pois o valor mínimo estabelecido pelo CONAMA 357/2005 para águas classe 2 é de 5 mg/L de oxigênio dissolvido, mostrando que os valores encontrados nesse estudo, estão abaixo da qualidade requerida para corpos d'água. O oxigênio dissolvido é um parâmetro importante na análise da qualidade ambiental do corpo hídrico e para a preservação das comunidades aquáticas (ESTEVES, 2011). Os valores baixos encontrados podem estar associados pela presença de matéria orgânica, o que diminui o oxigênio das águas. Dessa forma, o grau de degradação ambiental neste corpo hídrico é alto, uma vez que apresenta valores ínfimos de oxigênio, o que impede qualidade da vida aquática e estimula a atividade anaeróbia (VON SPERLING, 2014).

Como pode ser observado nas tabelas 03 e 04, os valores de DBO da água da Baía do Guajará apresentam-se valores médios e máximos fora dos padrões em todos os pontos coletados. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um parâmetro importante para definir a qualidade da água superficial, pois representa a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica e retrata também de forma indireta o teor de matéria orgânica no corpo d'água. Na resolução do Conama 357/05 apresenta para a classificação de águas doces classe 2 o limite aceitável para DBO o valor máximo de 5 mg/L. Os elevados valores de DBO evidenciam grande quantidade de matéria orgânica presente, o que pode estar relacionado com os lançamentos de esgotos no corpo hídrico. A presença de alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água (VON SPERLING, 2014).

Após avaliação dos resultados dos parâmetros físico-químicos e de sua importância para a qualidade da água, realizou-se análise descritiva dos dados por meio da correlação de Pearson, a fim de demonstrar o grau de relacionamento entre as variáveis.

A correlação foi realizada entre os parâmetros físico-químicos, entre os parâmetros físico-químicos e a precipitação e também entre os parâmetros físico-químicos e os dados das marés. Neste tipo de tratamento estatístico, se a correlação for $r = 0$ significa que não há correlação entre as variáveis e, numa hipótese alternativa, quando $r \neq 0$, existe correlação. No caso de correlação perfeita r é igual a ± 1 , podendo ser positiva ($r = 1$) ou negativa ($r = -1$) (LIRA, 2004). Segundo este autor, ele classifica a correlação em perfeita ($r = 1$), forte ($1 > r \geq 0,75$), moderada ($0,75 > r \geq 0,5$), fraca ($0,5 > r > 0$) e inexistente ($r = 0$).

Nas Tabelas 05 e 06, destacam-se as variáveis que apresentam maior coeficiente de correlação positiva e negativa, estatisticamente significantes ($p < 0,05$) de probabilidade de erro pelo Excel, com intervalo de confiança de 95%, que é a significância mais utilizada para este tipo de estudo (MINGOT, 2005). Serão discutidas somente as correlações que apresentaram estatisticamente fortes e que obtiveram mais significância para os dados estudados.

Tabela 05: Análise de Correlação de Pearson para os parâmetros de qualidade da água, no período da maré enchente dos anos 2014 e 2015.

	<i>pH</i>	<i>Temp.</i>	<i>Ce</i>	<i>TDS</i>	<i>Sal</i>	<i>OD</i>	<i>Turbidez</i>	<i>Cor Real</i>	<i>DBO</i>
<i>pH</i>	1								
<i>Temp.</i>	0,230	1							
<i>Ce</i>	0,359	0,050	1						
<i>TDS</i>	0,374	0,052	0,995**	1					
<i>Sal</i>	0,357	0,039	0,995**	0,985**	1				
<i>OD</i>	0,107	-0,166	0,032	0,056	0,011	1			
<i>Turbidez</i>	-0,218	-0,130	-0,343	-0,353	-0,344	0,001	1		
<i>Cor Real</i>	-0,330	-0,295	-0,331	-0,336	-0,331	-0,071	0,327	1	
<i>DBO</i>	0,048	-0,126	-0,105	-0,110	-0,092	0,199	0,215	0,137	1

**Correlação muito forte; pH: Potencial Hidrogeniônico; Ce: Condutividade Elétrica; TDS: Sólidos Totais Dissolvidos; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Tabela 06: Análise de Correlação de Pearson para os parâmetros de qualidade da água, no período da maré vazante dos anos 2014 e 2015.

	<i>pH</i>	<i>Temp.</i>	<i>Ce</i>	<i>TDS</i>	<i>Sal</i>	<i>OD</i>	<i>Turbidez</i>	<i>Cor Real</i>	<i>DBO</i>
pH	1								
Temp.	0,162	1							
Ce	0,318	0,005	1						
TDS	0,336	0,010	0,995**	1					
Sal	0,332	-0,003	0,987**	0,980**	1				
OD	0,318	0,019	0,072	0,095	0,074	1			
Turbidez	-0,295	-0,039	-0,473	-0,486	-0,450	-0,059	1		
Cor Real	-0,348	-0,393	-0,376	-0,381	-0,401	-0,017	0,324	1	
DBO	0,061	-0,059	-0,219	-0,225	-0,229	-0,080	0,227	0,170	1

**Correlação muito forte; pH: Potencial Hidrogeniônico; Ce: Condutividade Elétrica; TDS: Sólidos Totais Dissolvidos; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Pode-se observar que o parâmetro de condutividade elétrica apresentou correlação forte com TDS (0,995) e salinidade (0,987). Assim como o parâmetro de TDS apresentou correlação forte com o parâmetro de salinidade (0,980), obtendo quase perfeição de relacionamento entre elas. Quando a correlação é forte, implica dizer que o grau de afinidade entre essas variáveis é bastante significativa.

Desta maneira, pode-se explicar que quando há um elevado valor de condutividade elétrica, também os valores de TDS e salinidade serão altas. Destacam-se os resultados parecidos entre as duas marés, enchente e vazante. Os outros parâmetros não obtiveram correlações significativas, positiva e nem negativa.

Cabe ainda ressaltar, que não houve nenhuma correlação significativa, tanto positiva como negativa, quando analisamos as variáveis de parâmetros físico-químicos e a precipitação, nas duas marés estudadas, enchente e vazante (Tabela 07 e 08):

Tabela 07: Análise de Correlação de Pearson para os dados de precipitação em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré enchente dos anos 2014 e 2015.

<i>Precipitação Diária (mm)</i>	
Precipitação Diária (mm)	1
pH	-0,041
Temp.	-0,190
Ce	-0,125
TDS	-0,112
Sal	-0,116
OD	0,004
Turbidez	-0,140
Cor Real	0,157
DBO	0,016

Tabela 08: Análise de Correlação de Pearson para os dados de precipitação em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré vazante dos anos 2014 e 2015.

<i>Precipitação Diária (mm)</i>	
Precipitação Diária (mm)	1
pH	-0,092
Temp.	-0,127
Ce	-0,117
TDS	-0,101
Sal	-0,097
OD	-0,071
Turbidez	0,039
Cor Real	0,212
DBO	-0,057

Analisando o grau de correlação entre os parâmetros físico-químicos e os dados das marés, ou seja, se uma variável influencia a outra, observa-se que não há nenhuma correlação significativa a serem discutidas visto e comprovadas que uma independe da outra para se estabelecer no meio (Tabelas 09 e 10):

Tabela 09: Análise de Correlação de Pearson para os dados de altura das marés em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré enchente dos anos 2014 e 2015.

<i>Altura da maré</i>	
Altura da maré	1
pH	0,278
Temp.	-0,361
Ce	0,140
TDS	0,125
Sal	0,145
OD	-0,100
Turbidez	0,150
Cor Real	0,089
DBO	0,072

Tabela 10: Análise de Correlação de Pearson para os dados de altura das marés em relação aos parâmetros de qualidade da água, no período da maré vazante dos anos 2014 e 2015.

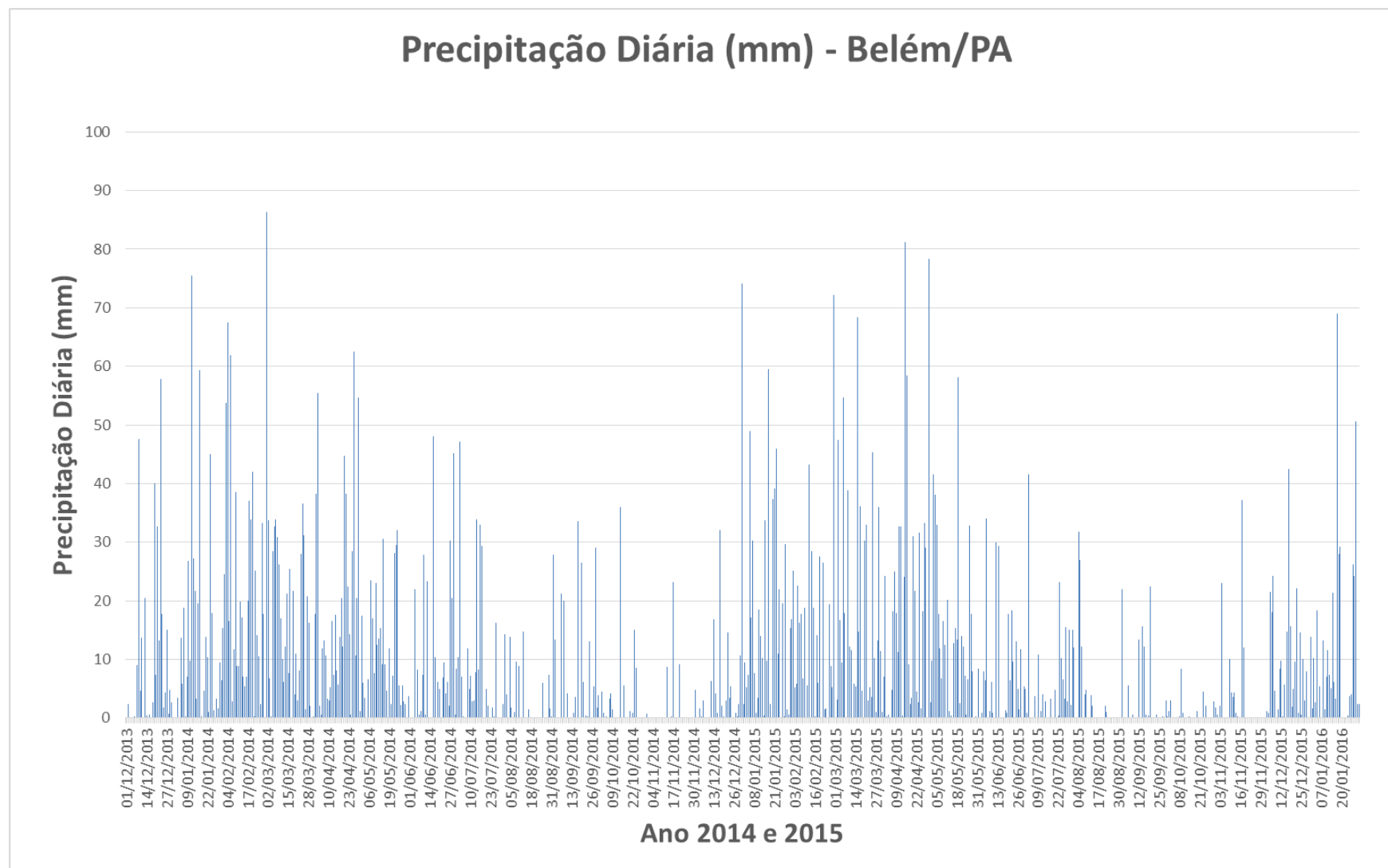
<i>Altura da maré</i>	
Altura da maré	1
pH	0,009
Temp.	-0,032
Ce	-0,029
TDS	-0,020
Sal	-0,066
OD	0,143
Turbidez	-0,185
Cor Real	-0,180
DBO	-0,116

4.2 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA

Esta etapa de apresentação dos resultados consiste em caracterizar a pluviometria da região estudada, de acordo com os dados coletados do site do INMET.

A climatologia da precipitação na cidade de Belém do Pará apresenta comportamento pluviométrico que evidencia o ciclo anual marcado por estação chuvosa, que ocorre nos meses de Dezembro a Maio, e estação menos chuvosa nos meses de Junho a Novembro. Na figura 10, observa-se o gráfico de precipitação diária desta região de estudo, no período de 2014 a 2015.

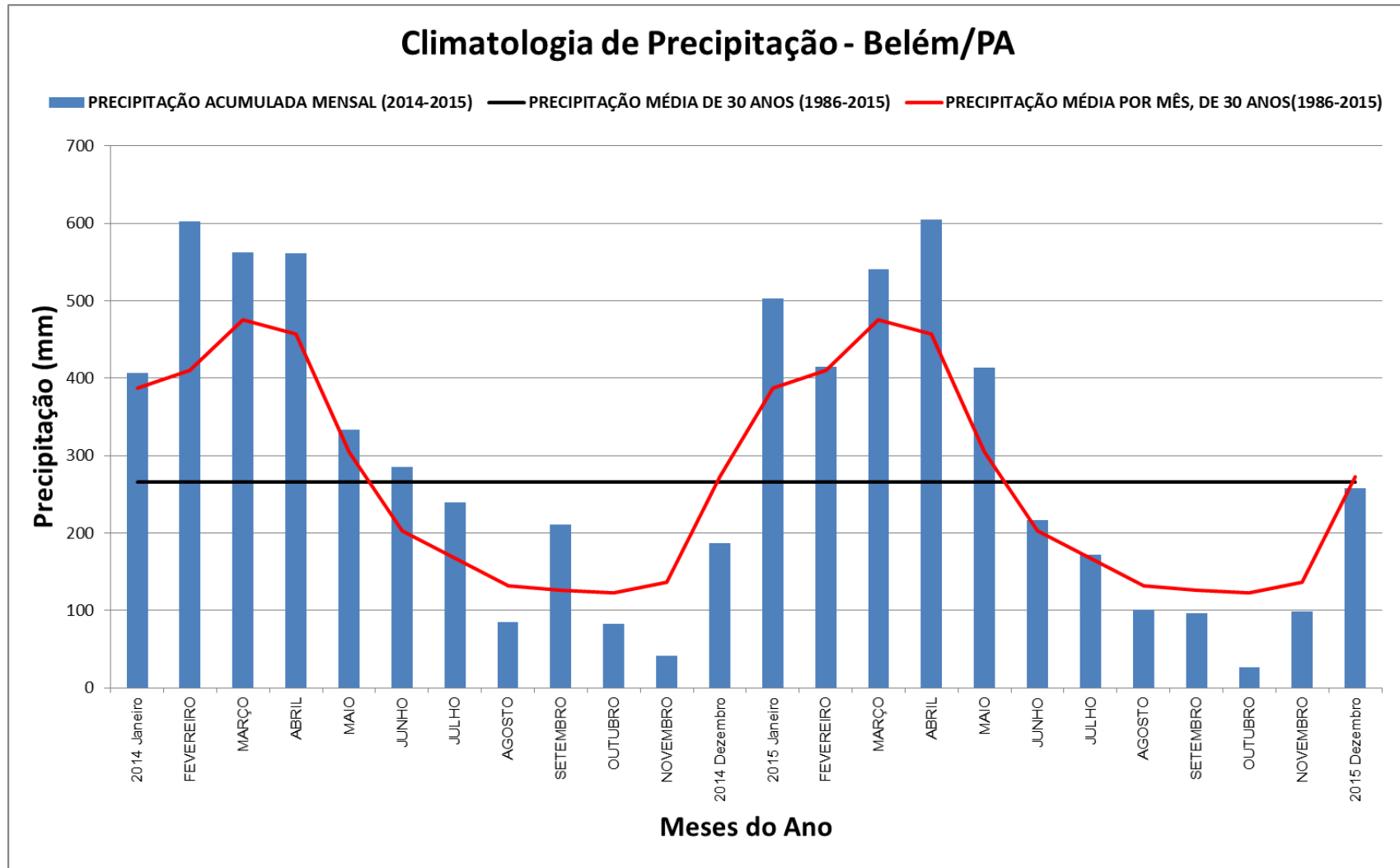
Figura 10 - Gráfico Precipitação Diária da cidade de Belém do Pará – 2014 a 2015.



Foi elaborado também para os dados de pluviometria da região um gráfico de climatologia de precipitação da cidade de Belém (figura 11), onde mostra a precipitação acumulada mensal nos anos de estudo de 2014 e 2015, a precipitação média de 30 anos (1986 a 2015) e a precipitação média por mês de 30 anos.

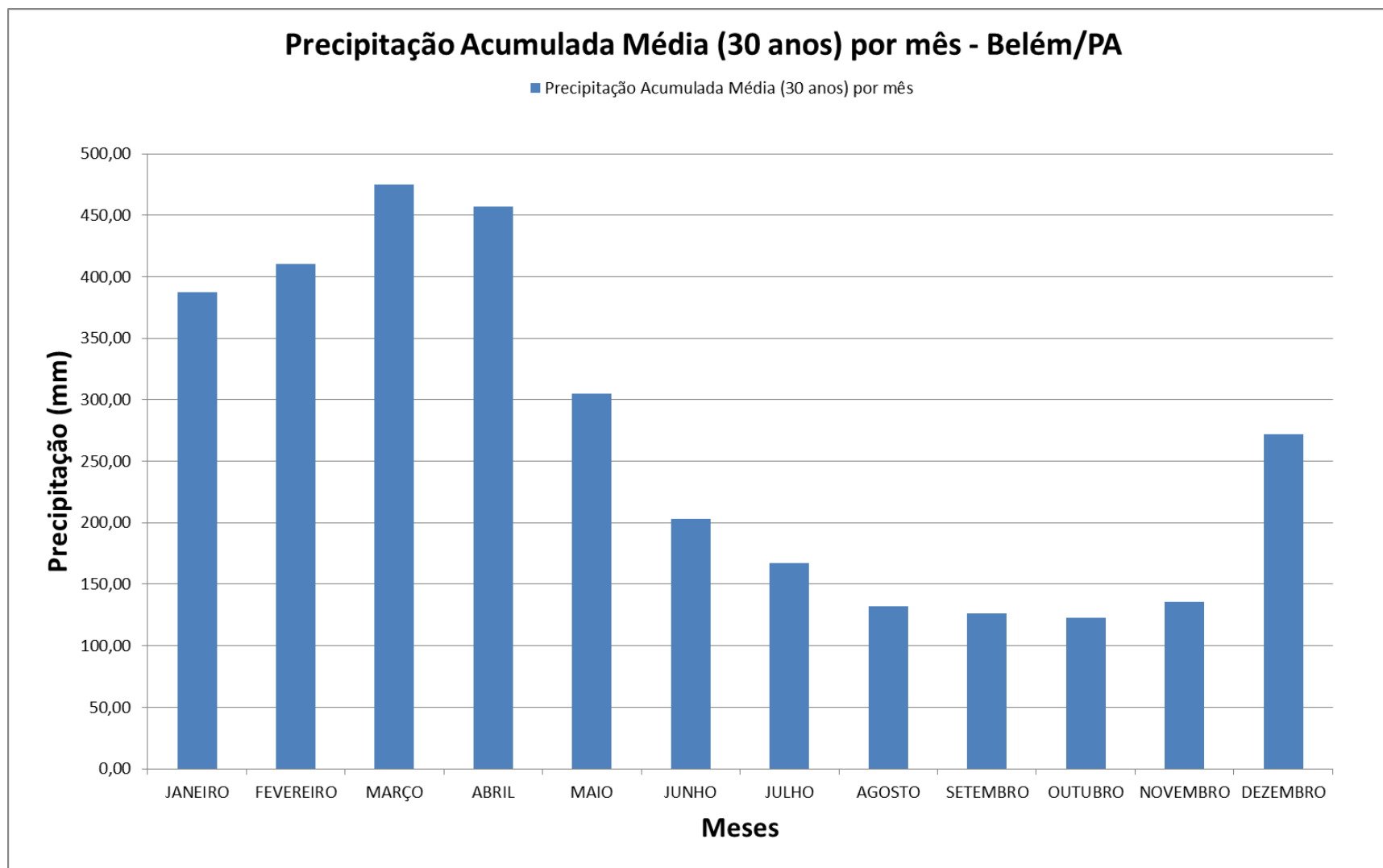
Primeiramente verifica-se que no período chuvoso (janeiro a junho) os valores acumulados desses meses se mantiveram acima da média de 30 anos, enquanto que os meses acumulados do período menos chuvoso (julho a dezembro) obtiveram valores abaixo da linha da média. Ainda sobre a figura 11, a linha vermelha mostra a média mensal de 30 anos para cada mês, demonstrando que mesmo nesses anos serem anos de El Niño fraco, a precipitação acumulada mensal foi superior a precipitação média por mês.

Figura 11 - Gráfico Climatologia de precipitação da cidade de Belém/PA.



Na figura 12, mostra as precipitações médias acumuladas mensalmente durante os 30 anos ocorridas na região estudada, a média do acumulado de 30 anos durante o período de janeiro a junho (período chuvoso), têm valores que vão de 374,3 mm a 305,3 mm, fazendo um total de 2006,4 mm de precipitação nesse período chuvoso, sendo que o período chuvoso é 34% maior que o volume de precipitação do período menos chuvoso. No período acumulado de 30 anos durante os meses de julho a dezembro (período menos chuvoso) os valores variaram entre 167 mm a 131,4 mm, fazendo um total de 679,3 mm de precipitação. Nesses anos de estudo, 2014 e 2015, foram anos que ocorreram o fenômeno El Niño, com uma intensidade fraca no ano de 2014/15 e em 2015/16 com uma intensidade muito forte, baseado no índice de niño oceânico. Os dados analisados nesse trabalho mostram que o evento de el niño de 2014/2015 provocou uma diminuição na temperatura, ocasionando um elevado valores de precipitação nestes anos, porém mais acentuado no ano de 2015 com um índice muito forte. A climatologia da precipitação observada nesse estudo está de acordo com trabalhos anteriores, como por exemplo, os de Figueroa e Nobre (1989).

Figura 12 - Gráfico Precipitação Acumulada Média Mensal em 30 anos, Belém/Pa.



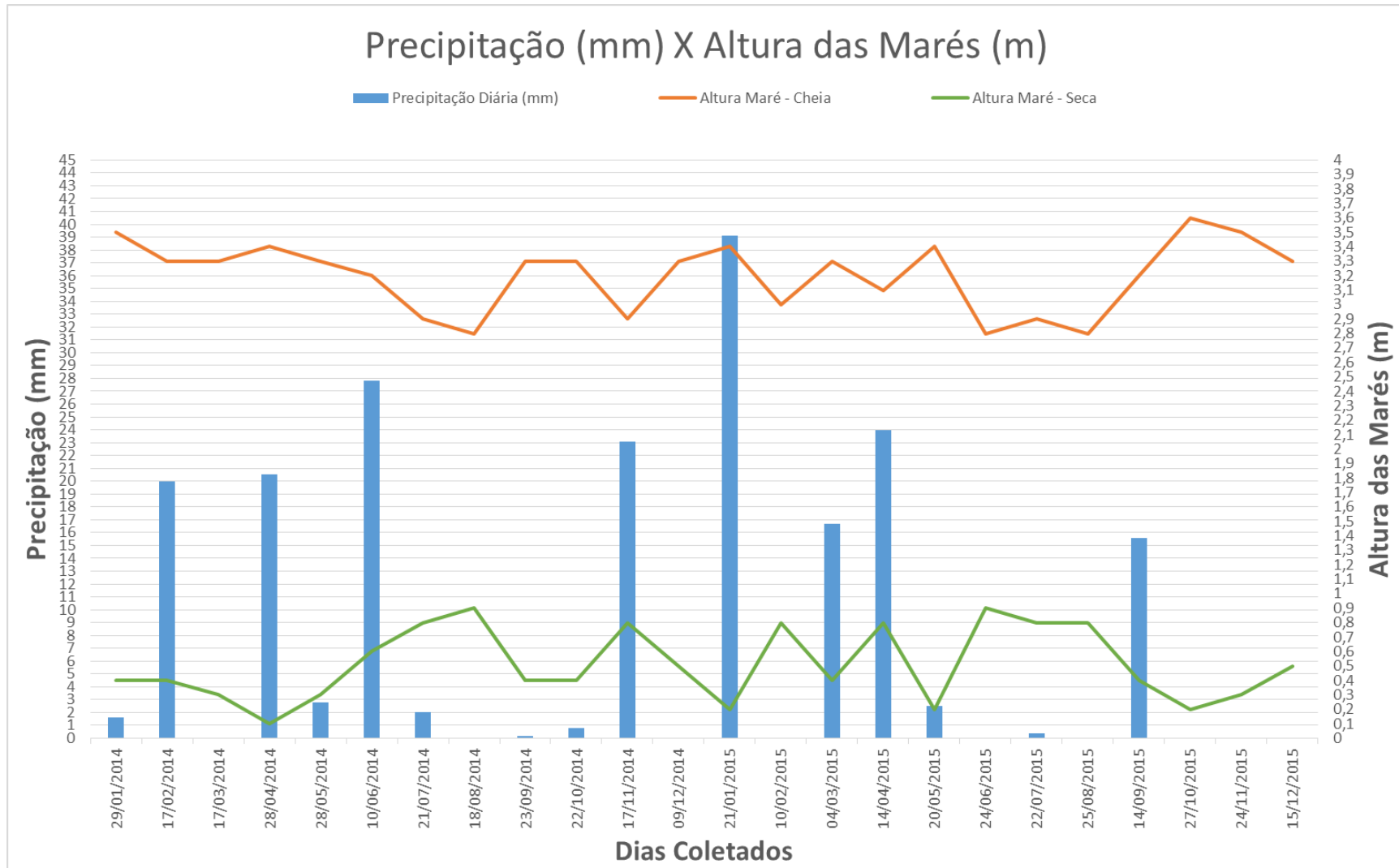
Na figura 13 observa-se a precipitação ocorrida nos dias de coletas, além de se verificar a relação que essas chuvas tiveram com o comportamento das marés nos dias de estudo. Já em relação ao regime pluviométrico, diversos estudos mostram como este vem sendo alterado. As variações naturais de chuva ou não nos dias de coleta, possibilita verificar se houve alguma influência na altura das marés. As mudanças no regime pluviométrico geram, dentre outros, a erosão de encostas, o assoreamento de rios e inundações, que podem ser intensificadas caso o evento seja coincidente às marés de sizíglia e a eventos de marés meteorológicas (NEVES; MUEHE, 2008). Tucci (2002) afirma que as alterações climáticas se refletem nas mudanças das variáveis representativas do clima, dentre elas a precipitação. No ciclo hidrológico, a distribuição da precipitação e da evapotranspiração, tanto temporal como espacialmente, é um importante variável que pode provocar, dentre outros, alterações nas vazões para uma bacia. Além disso, as alterações climáticas produzem alterações no ambiente da bacia alterando o ciclo hidrológico.

Diante deste contexto, a figura 13 demonstra as precipitações que coincidiram com os dias de coleta e respectivamente as alturas que as marés alcançaram. Em praticamente todos os meses, nos dias de coletas houveram precipitações, com exceção de março, agosto e dezembro de 2014. No ano de 2015, os meses que houveram precipitação coincidente com as coletas foram janeiro, março, abril, maio, julho e setembro.

No ano de 2014, o maior valor de precipitação encontrado foi no mês de junho com 27,8 mm e o menor valor foi no mês de setembro com 0,2 mm. Já no ano de 2015 o maior valor de precipitação encontrado foi no mês de janeiro com 39,1 mm e o menor foi no mês de julho com 0,4 mm.

Isso nos mostra que quando há um nível de precipitação elevado as alturas das marés tendem a se elevar, em contra partida na vazante elas secam. Quando não há precipitação em determinado dia, observa-se o oposto, as maiores marés tendem a diminuir enquanto que na vazante elas se elevam.

Figura 13 - Gráfico Precipitação (mm) X Altura das Marés (m).



Na tabela 11 apresenta registros das médias mensais da pluviometria de Belém, durante os anos de 1986 a 2015, onde se encontra detalhado os valores descritos, esses dados de quantidade chuva são expressos em milímetros (mm) por dia. O valor máximo encontrado de precipitação mensal nesses 30 anos, foi em 2012 no mês de março com o valor de 742,5 mm.

A Média dos meses ao longo dos 30 anos também foi a maior em março nesta região com o valor médio de 459,5 mm (tabela 12). O menor valor médio encontrado foi no mês de outubro com o valor de 122,4 mm (tabela 12).

Podemos observar durante os 30 anos os fenômenos correspondentes que ocorreram nesse período de estudo conforme a tabela 13. Nos anos de 1986 a 1987 observamos que houve fenomeno el niño moderado, nos anos seguintes 1988 a 1989 já houve fenomeno la niña forte, nos anos de 1991 a 1992, foi o fenomeno el niño forte que predominou chuvas intensas na região estuda. Se pode observar nos anos do estudo desta dissertação, que no ano de 2014 a 2015, tivemos um periodo de El niño fraco, indicando poucos indices de precipitação, já no ano de 2015 a 2016 se pode observar que já houve uma predominância da característica do fenômeno El niño muito forte influenciando deste modo no regime de chuvas.

Tabela 11- Média da Pluviometria mensal da região de Belém nos anos de 1986 a 2015.

Meses/Ano	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Jan	353	419	551	0	210	392	435	444	337	337	382	378	409	235	412	396	446	182	374	250	388	307	532	355	452	520	451	373	407	503
Fev	463	393	319	460	394	421	645	386	447	362	352	355	322	353	436	347	233	454	487	364	275	443	451	422	360	332	412	613	603	414
Mar	496	470	506	0	261	454	403	439	460	443	600	462	384	378	440	485	393	477	511	414	686	420	457	582	297	491	743	532	563	540
Abr	564	325	370	505	341	304	427	321	412	414	633	513	515	364	508	423	415	360	394	565	496	460	505	470	450	579	383	527	561	605
Mai	234	119	280	417	178	264	180	265	355	486	263	268	199	389	359	299	197	221	121	449	326	266	308	457	403	477	225	410	333	414
Jun	218	180	233	275	121	139	124	137	236	160	294	58	200	135	115	301	254	123	180	258	121	220	299	317	176	242	320	151	286	216
Jul	97	165	251	236	218	29	157	152	106	179	140	79	118	47	219	337	174	102	146	178	107	196	109	193	132	195	313	221	240	172
Ago	74	168	116	119	220	57	79	243	134	65	203	112	143	79	142	62	76	106	132	103	236	135	152	93	188	179	112	246	85	101
Set	152	91	220	257	85	28	122	118	120	103	135	48	89	130	147	146	95	172	132	142	156	97	110	134	96	60	197	110	211	97
Out	137	83	91	187	122	157	46	194	118	159	107	8	73	128	160	187	120	143	147	242	114	169	111	142	152	139	44	84	82	26
Nov	94	66	307	0	130	38	74	268	160	242	189	118	175	79	84	105	176	137	95	105	241	119	135	45	134	175	103	211	41	98
Dez	183	155	363	384	174	103	119	265	343	342	168	265	306	363	332	218	277	294	223	460	520	455	171	254	225	202	260	300	187	258

Tabela 12 - Média da pluviometria mensal dos 30 anos.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Média 30 anos	374,3	410,5	459,5	456,9	305,3	202,9	167,0	131,9	126,6	122,4	131,4	272,1

Tabela 13 - Fenômenos de El Niño e La Niña que ocorreram no período de 1986 a 2017 (32 anos).

El Niño				La Niña		
Fraco	Moderado	Forte	Muito Forte	Fraco	Moderado	Forte
	1986-87			2000-01		1988-89
2004-05	1994-95	1987-88	1997-98	2005-06	1995-96	1999-00
2006-07	2002-03	1991-92	2015-16	2008-09	2011-12	2007-08
2014-15	2009-10			2016-17		2010-11

Fonte: (Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm> (Site). Acesso em: 14 de março de 2018).

4.3 COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO

Esta seção descreve os resultados encontrados entre a relação de precipitação e os parâmetros físico-químicos em dois períodos de coleta (enchente e vazante), como não se detectou variação significativa entre os dois anos de estudo, optou-se por fazer uma avaliação em conjunto abrangendo dados dos anos de 2014 a 2015. O regime de chuvas parece influenciar alguns valores das análises realizadas de pelo menos 6 variáveis da qualidade de água amostrados, influenciando de acordo com a localização dos pontos e/ou possíveis impactos pontuais.

Com o objetivo de explicar a análise da influência da precipitação pluviométrica e não descartando as possíveis atividades antrópicas sobre a qualidade dos corpos hídricos, são apresentados, a seguir, os resultados do monitoramento hídrico realizado.

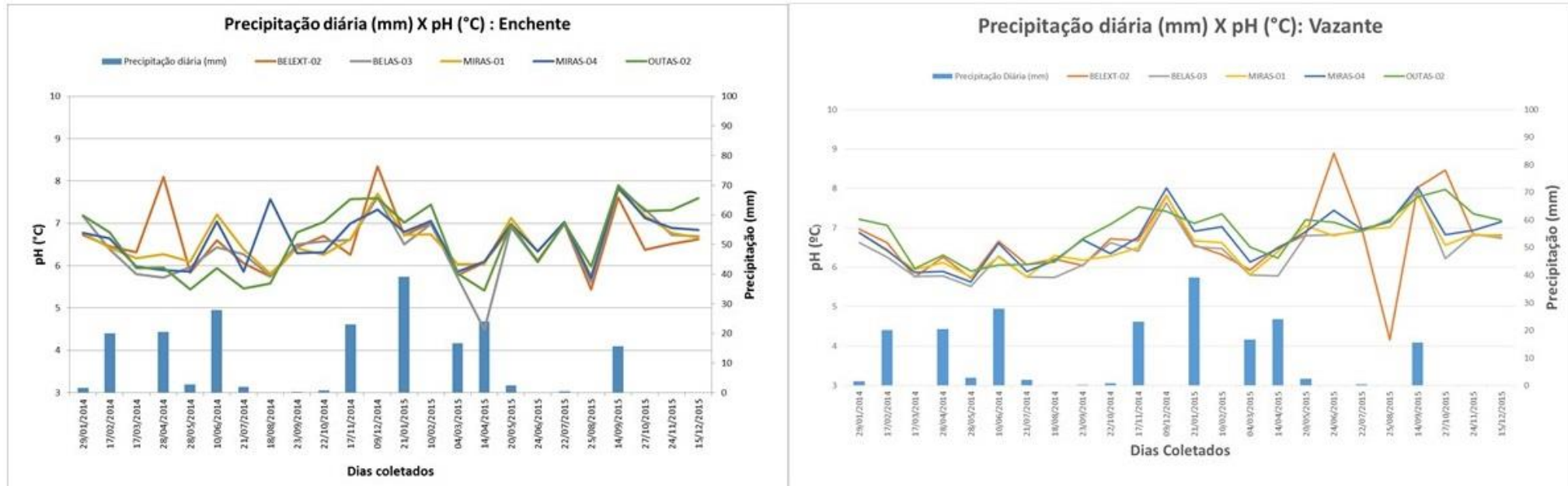
Os valores encontrados para o parâmetro pH, na maré enchente, variaram entre 4,49 a 8,34, e apresentaram linhas de tendência muito parecidas (figura 14a), com pH médio mantendo-se sempre acima dos 6, pode ser classificada como uma água que se encontra dentro dos padrões de basicidade, conforme a resolução do Conama 357/05. Foram encontrados os menores valores de pH nos meses chuvosos, respectivamente nos meses de março, abril e maio. Pode-se inferir que durante o período de chuva, esses valores tendem a serem mais baixos, devido a água da chuva conter teor de ácidos orgânicos e quando entra em contato com a água da Baía do Guajará, diminuem os valores de pH, tornando-os ligeiramente ácidos.

O fato de menores valores terem sido encontrados nesses meses, pode ser explicada também pelo fato dos esgotos de determinadas indústrias serem lançados na baía através de tubulações que finalizam em torno dessa distância, 50 a 100 metros.

Observa-se que o comportamento do pH na maré vazante (figura 14 b) são discretamente mais baixos que em relação na maré enchente (figura 14 a). Ao analisar os resultados encontrados nesse gráfico, nota-se que os valores oscilaram de maneira significativa, Esteves (1998) afirma que o pH é uma das variáveis ambientais consideradas mais importantes, mas também sendo como uma das mais difíceis de interpretar, o que se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo, não especificamente ao fato de ter havido chuva ou não que se deu provocações de

mudanças nesses valores. O estudo realizado de correlação entre essas duas variáveis demonstra o baixo índice de relação entre esses dois parâmetros estudado.

Figura 14 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e pH (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).



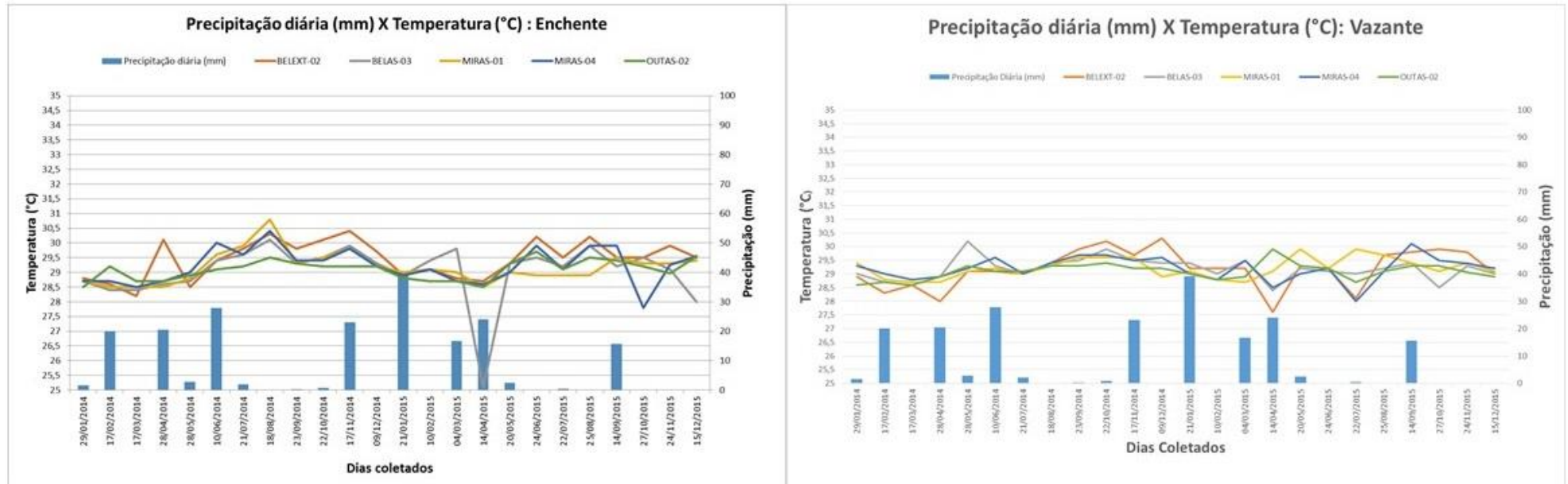
Analisando outra variável que sofre grande influência da precipitação é a temperatura que é uma variável de grande importância no meio aquático, pois influencia no metabolismo das comunidades, como produtividade primária, respiração dos organismos e decomposição da matéria orgânica (SANTOS et al., 2003).

As águas dos cinco pontos de coleta exibem variação de temperatura entre os valores de 28°C a 30,4°C (figura 15). Isso ocorre pela influência direta da radiação solar na lâmina superficial da água, pois com o aumento da profundidade tende a diminuir a penetração dos raios solares, decrescendo, portanto, a temperatura. Consta-se variação discreta de temperatura entre as marés enchente (figura 15 a) e vazante (figura 15 b), sendo menor a temperatura no comportamento da maré vazante (figura 15 b). Elevadas temperaturas aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases (exemplo o Oxigênio Dissolvido), e aumentam a taxa de transferência dos gases (VON SPERLING, 1995).

As temperaturas mais altas ocorreram no período menos chuvoso da região, já a média dessas temperaturas da água ficaram no valor de 29°C (figura 15). Na figura 15 a, vemos que no mês de abril de 2015 no ponto BELAS-03, no período ainda de chuva na região Amazônica, houve uma queda brusca da temperatura, constatando um pico muito abaixo da normalidade se comparado com os demais pontos de coletas, obtendo um valor de 25,1 °C. Esse valor pode ser interpretado da seguinte maneira, o regime de chuvas exerce uma grande influência sobre os rios desta região, e que por sua vez interfere nos resultados de temperatura das águas, modificando em especial o resultado do ponto de BELAS-03. Por ser um ponto próximo de vegetação, faz com que o sombreamento impeça a penetração de luz solar diretamente, levando a uma diminuição desta temperatura. Também colaborado com a precipitação deste dia.

A remoção da cobertura vegetal aumenta a entrada de radiação e pode promover aumento de temperatura em rios. O parâmetro temperatura, bem como o pH, pode sofrer interferência da estação do ano, da hora do dia, das atividades microbianas, da quantidade de matéria orgânica disposta no curso d'água, da cobertura vegetal presente na bacia e do tipo de solo da região.

Figura 15 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e temperatura (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).



Analisando os valores de condutividade elétrica, Horbe e Oliveira (2008) afirmam que representam medidas indiretas da quantidade de íons dissolvidos presentes na água, indicando aportes de soluções mais concentradas em elementos solúveis, possivelmente em consequência das características dos meios por onde percolam.

Pinheiro, Gomes e Falcão (2006) associam a concentração de sólidos dissolvidos na água com a condutividade elétrica, considerando que com o aumento dos íons dissolvidos em água, aumenta sua capacidade de conduzir corrente elétrica.

Outra afirmação de Prévost, Plamondon e Belleau (1999) diz que a condutividade elétrica é influenciada pela concentração de sais presentes na água. As atividades antrópicas, incluindo lançamento de esgotos são causas frequentes de aumentos de concentrações de sais, indicando o aumento na disponibilidade de nutrientes nessas bacias. No presente estudo estas condições foram observadas.

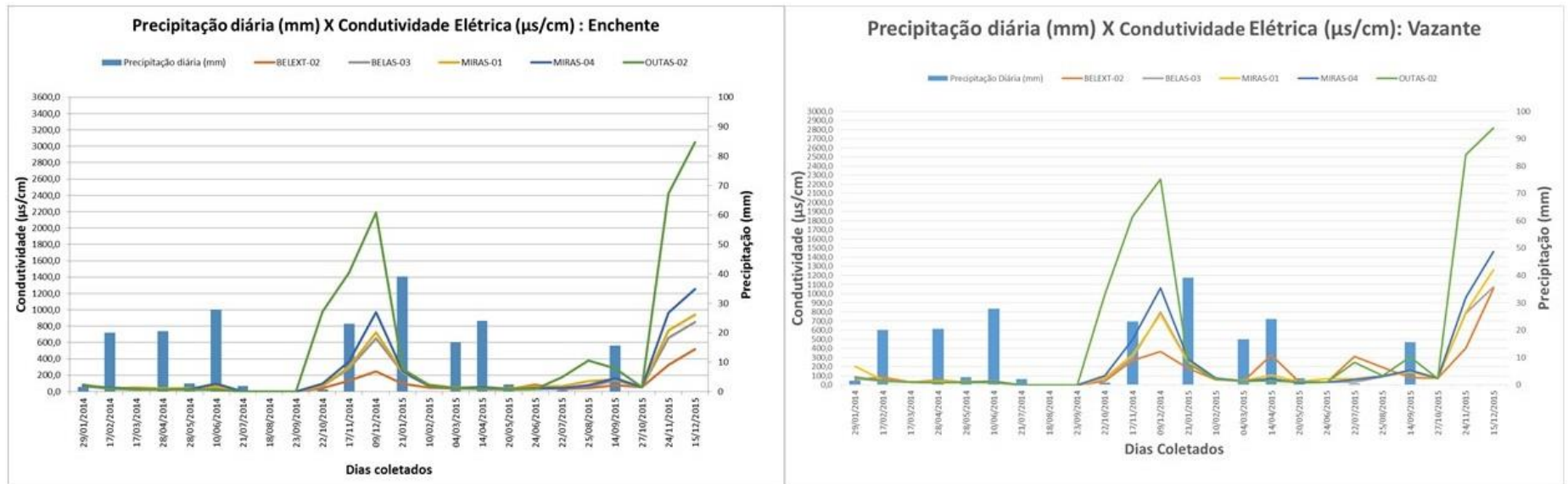
Os maiores valores de condutividade elétrica, TDS e salinidade foram encontradas nos pontos de coletas: OUTAS-02, MIRAS-04, MIRAS-01, BELAS-03 e por fim no ponto de BELEXT-02. A variação do comportamento dos valores médios desses parâmetros se deu da seguinte maneira: No ponto de OUTAS-02 o valor médio para condutividade foi de 494,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 273,69 mg/L para TDS e 0,240 mg/L de salinidade; No ponto de MIRAS-04 o valor médio para condutividade foi de 206,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 114,58 mg/L para TDS e 0,098 mg/L de salinidade; No ponto de MIRAS-01 o valor médio para condutividade foi de 178,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 99,89 mg/L para TDS e 0,083 mg/L de salinidade; No ponto de BELAS-03 o valor médio para condutividade foi de 151,37 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 84,54 mg/L para TDS e 0,075 mg/L de salinidade; No ponto de BELEXT-02 o valor médio para condutividade foi de 93,98 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 52,66 mg/L para TDS e 0,049 mg/L de salinidade. O comportamento da condutividade elétrica, TDS e da salinidade foram muito parecidas conforme pode-se observar na tabela 14:

Tabela 14- Valores médios para comparação entre os parâmetros de Condutividade Elétrica, TDS e Salinidade.

	Condutividade e.	TDS	Salinidade
BELEXT-02	93,98 $\mu\text{S}/\text{cm}$	52,66 mg/L	0,049 mg/L
BELAS-03	151,37 $\mu\text{S}/\text{cm}$	84,54 mg/L	0,075 mg/L
MIRAS-01	178,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$	99,89 mg/L	0,083 mg/L
MIRAS-04	206,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$	114,58 mg/L	0,098 mg/L
OUTAS-02	494,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$	273,69 mg/L	0,240 mg/L

Ao analisar a figura 16, observa-se que durante o período menos chuvoso desta região os valores de condutividade elétrica estão bem elevados, ao contrário do período mais chuvoso, onde se nota valores bem baixos. Esse comportamento se repete nos dois anos de estudo de 2014 e 2015.

Figura 16 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) – Enchente (a) e Vazante (b).



Esse comportamento pode ser explicado que durante o período menos chuvoso da região, são meses de pouca pluviosidade, e por serem meses de pouco regime de chuvas, faz com que as águas do oceano atlântico penetrem com maior intensidade e consiga alcançar até um determinado ponto da Baía do Guajará, como exemplo do ponto de OUTAS-02. Este ponto sofre alteração maior se comparados com os demais pontos de coletas devido a sua localização estar mais próximo da foz. Os valores de condutividade elétrica começam a se elevar próximo ao mês de setembro e se estende a janeiro do próximo ano.

Uma outra forma de se justificar os elevados valores de condutividade elétrica, é que como as águas continentais estão mais presentes nesse período, conseqüentemente indica que há maiores quantidades de sólidos dissolvidos e de salinidade, desta maneira aumenta também os valores de condutividade elétrica.

Esta grande influência pode estar ligada a significativa quantidade de sal estar adentrando neste ponto coletado, fazendo com que tenha maiores valores de sólidos dissolvidos nessa água por conta da quantidade de sal presente neste período. Este é o ponto mais próximo de desague da Baía do Guajará, e justamente o ponto mais próximo de onde as águas do oceano chegam. Comparado com outros meses, podemos observar que na época mais chuvosa, o comportamento desses parâmetros tem uma queda muito brusca de valores, eles diminuem consideravelmente, por conta que em período chuvoso há uma maior pluviosidade, e com conseqüência maior diluição e dispersão dos valores desses parâmetros. Não houve uma diferença tão grande comparado entre as duas marés. Para Esteves (1998), a condutividade elétrica, que depende da composição iônica os corpos d'água, pode ser influenciada, também pelo volume de chuvas.

Assim como os resultados de condutividade, os resultados de sólidos dissolvidos, existiram grandes diferenças entre os resultados encontrados ao período chuvoso e ao período menos chuvoso (figura 17). Os maiores valores, para todos os pontos, foram observados no período menos chuvoso.

Correa (2005) afirma que este parâmetro é influenciado pelo acúmulo de solo e partículas minerais no leito do corpo hídrico, geralmente causado pela erosão de solos próximos ou pelo movimento do corpo d'água.

Com o período menos chuvoso os sólidos dissolvidos estão em maior concentração, pois nestes pontos são influenciados pela dissolução de materiais presentes no leito dos rios. E esta dissolução se dá por conta que no período menos

chuvoso há pouca pluviosidade, fazendo com que um arraste maior no leito do rio e consequentemente a isso gera um turbilhamento maior nessas águas. Fazendo que os sólidos estejam mais presentes. No período mais chuvoso esses sólidos tendem a estar em menor concentração devido que no período de chuvas as concentrações de sólidos dissolvidos estão sob maior diluição por conta das águas das chuvas.

A salinidade na Baía do Guajará é baixa no período mais chuvoso, não atingindo sequer valores superiores a 2 mg/L na boca do estuário (figura 18). Mesmo assim, esses valores conseguem deixar seus efeitos nos outros parâmetros aqui já citados.

Nos períodos chuvosos a salinidade é praticamente nula na baía do Guajará, já o período menos chuvoso podemos observar uma elevada na taxa de concentração presente nos pontos de coleta.

Figura 17 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e TDS (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

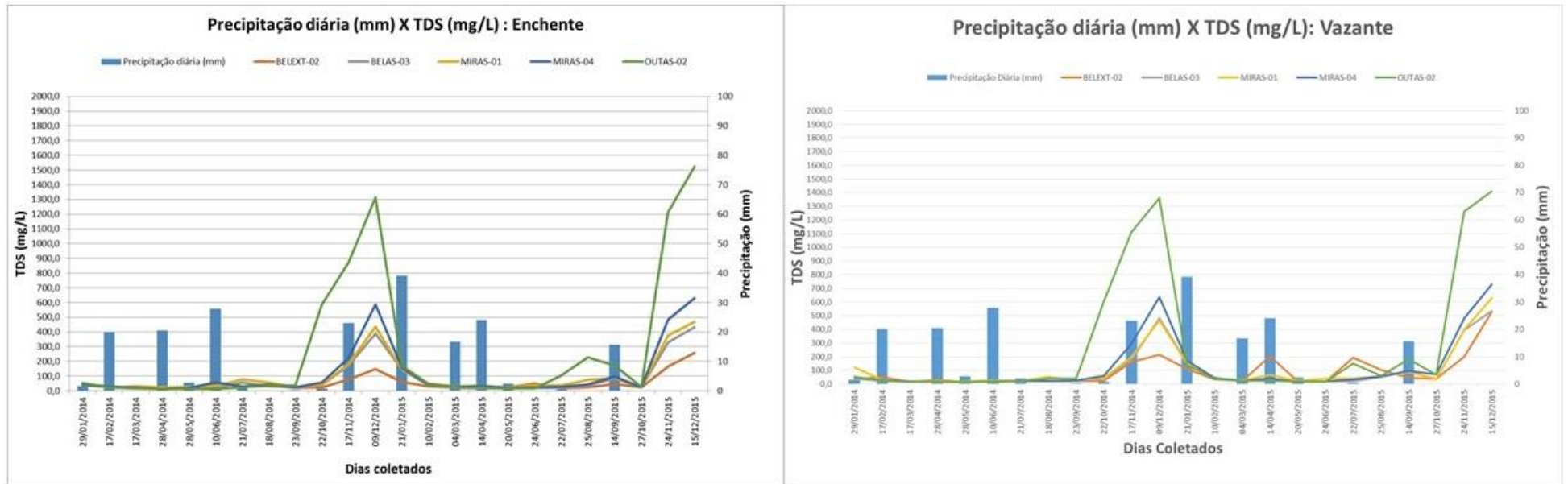
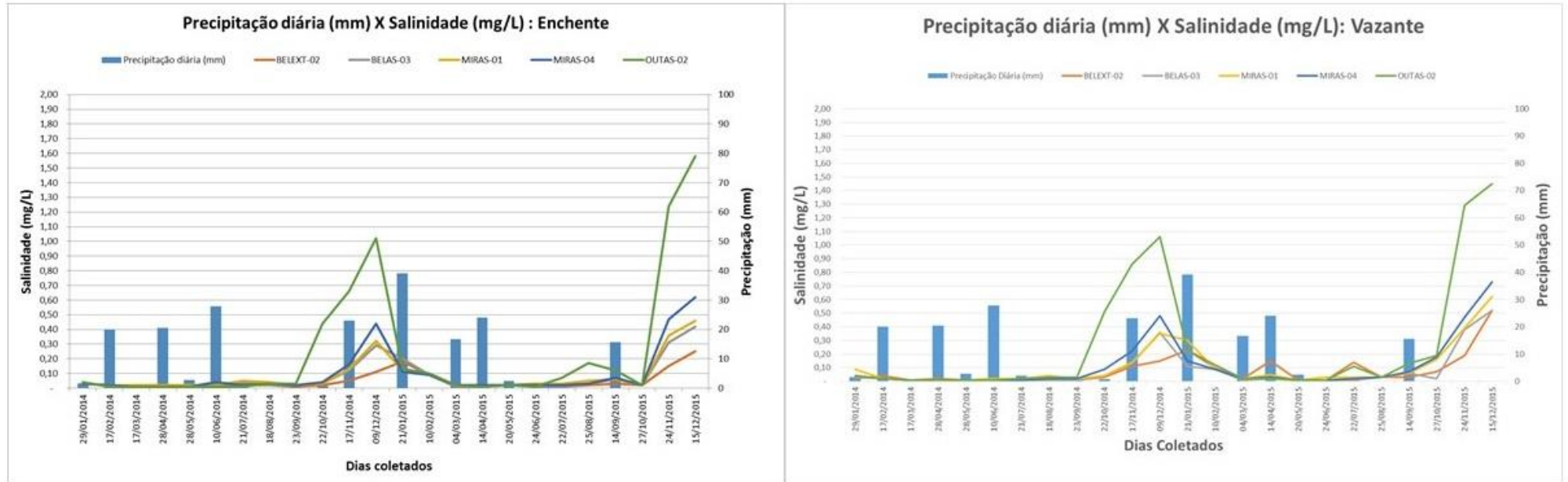


Figura 18 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e salinidade (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).



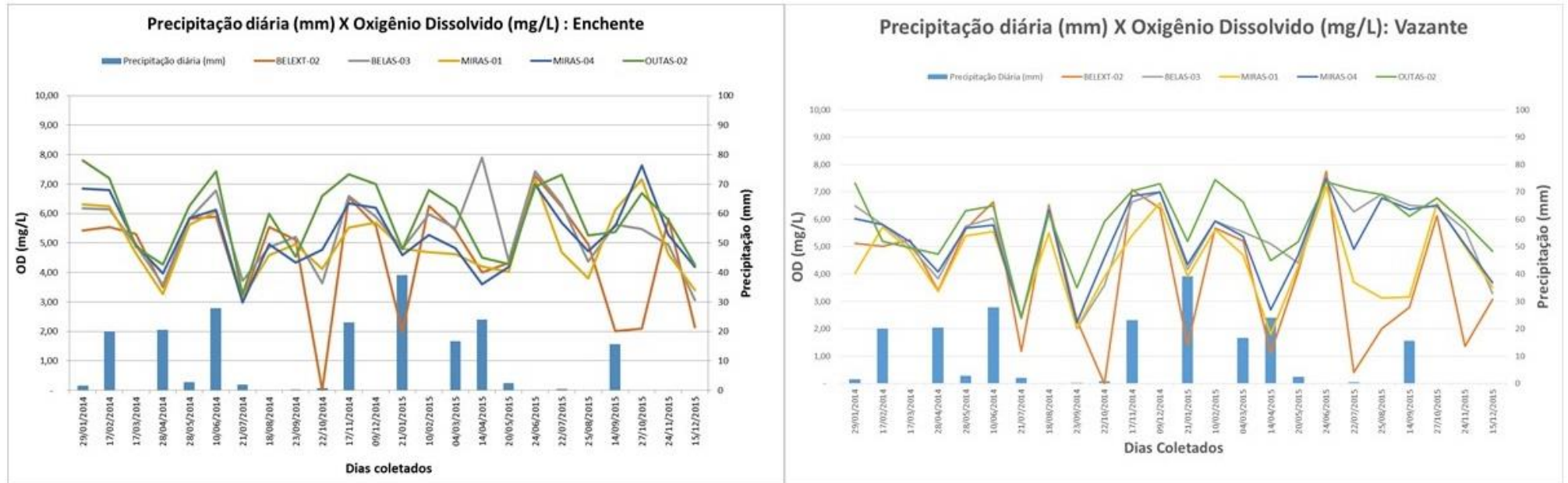
Na figura 19 são apresentados os resultados de monitoramento do parâmetro de OD. Nas duas marés coletadas os valores estiveram abaixo do limite mínimo estabelecido pela resolução do Conama 357/2005 que é 5 mg/L. Em todos os pontos de coleta, os valores de OD foram muito baixos, destaca-se em especial o ponto BELEXT-02, este foi um ponto que chamou mais atenção pelos baixíssimos valores de OD. Este ponto localiza-se em área urbana que contribui com lançamento de efluente sem nenhum tratamento, resultando na diminuição dos valores de OD.

Vale ressaltar que praticamente todos os meses foi obtido valores de OD abaixo do limite permitido. Fonseca e Salvador (2005), ao analisarem a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Bonito, Descalvado/SP, observaram a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido durante a estação chuvosa, em relação aos valores na estiagem (estação seca). Segundo os autores, esta constatação pode ser explicada pelo consumo de oxigênio pela matéria orgânica carregada da lavagem da superfície do solo pelas águas pluviais.

No presente estudo pode-se observar ao contrário do que estes autores concluíram, foi registrado maiores valores de OD durante o período chuvoso, provavelmente resultantes do aumento da vazão e, conseqüentemente do turbilhamento das águas do igarapé, gerando aeração e aumentando o teor de oxigênio dissolvido na água. O que ocorre é que durante o período de pouca pluviosidade, os níveis dos rios tendem a serem mais baixos, conseqüentemente sua vazão é mínima, concentrando maior número de poluentes, e diminuindo desta maneira os valores de OD, por este motivo vemos os picos muito baixos.

A vazão pode influenciar os valores de OD, dependendo das características físicas dos leitos dos córregos. Maiores vazões correspondem a maiores velocidades e maior turbilhamento da água, podendo ocasionar maior incorporação de OD no corpo d'água. Barroso (2006) encontrou em seu estudo menores concentrações de OD, para pontos apresentando maiores valores de temperatura. A temperatura da água nos cinco pontos de coleta está entre as mais altas observadas no monitoramento, podendo ter influenciado nos baixos valores de OD, comprovando tal fato.

Figura 19 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e oxigênio dissolvido (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

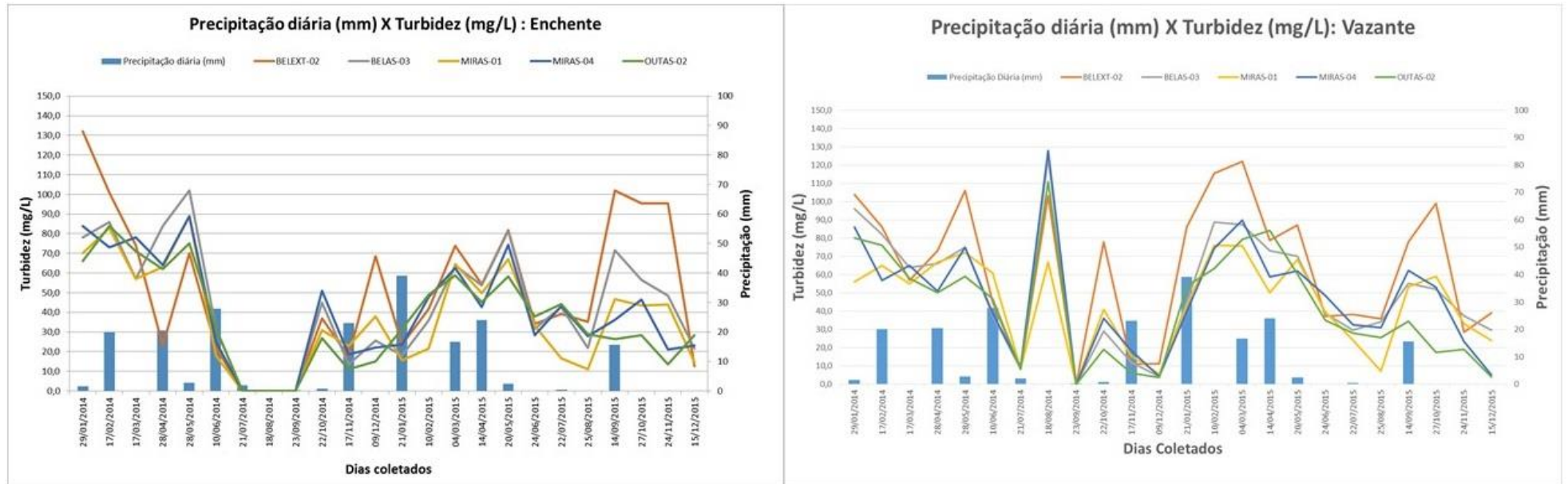


Analisando a presença de partículas em suspensão, que causam a turbidez, ou de substâncias em solução, relacionados com a cor, pode intensificar para o agravamento da poluição em corpos d'água. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização de fotossíntese, e conseqüentemente reduz a reposição de oxigênio.

Os resultados obtidos no monitoramento de turbidez mostram grandes diferenças entre valores observados nas coletas realizadas na estação chuvosa e menos chuvosa (figura 20), observa-se que no período mais chuvoso as concentrações de turbidez tendem a estar dentro limite estabelecido pela resolução do Conama 357/05, enquanto que no período menos chuvoso as concentrações de turbidez aumentam de forma bastante considerável. Nos meses com pouca pluviosidade observa-se a diferença entre a maré enchente (figura 20 a) em relação a maré vazante (figura 20 b). Os maiores valores foram encontrados em todos os pontos na maré vazante. Na figura 20 b, no período pouco chuvoso, vemos um aumento dos picos em todos os pontos, sendo maior os valores de turbidez em MIRAS-04, seguido do OUTAS-02, BELAS-03, BELEXT-02 e por fim, MIRAS-01.

Pode se dizer em relação a este fato que na estação menos chuvosa elas tendem a ultrapassarem o valor do limite máximo permitido pela resolução com picos bem altos, e principalmente quando se encontra na maré vazante, por conta que é quando os sólidos ficam mais concentrados devido à grande descarga ocorrendo neste lugar por conta da baixa-mar. Entretanto, é bastante curioso considerar que tanto os valores das médias na maré de enchente e vazante, elas não ultrapassam o valor permitido pela referida resolução.

Figura 20 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e turbidez (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

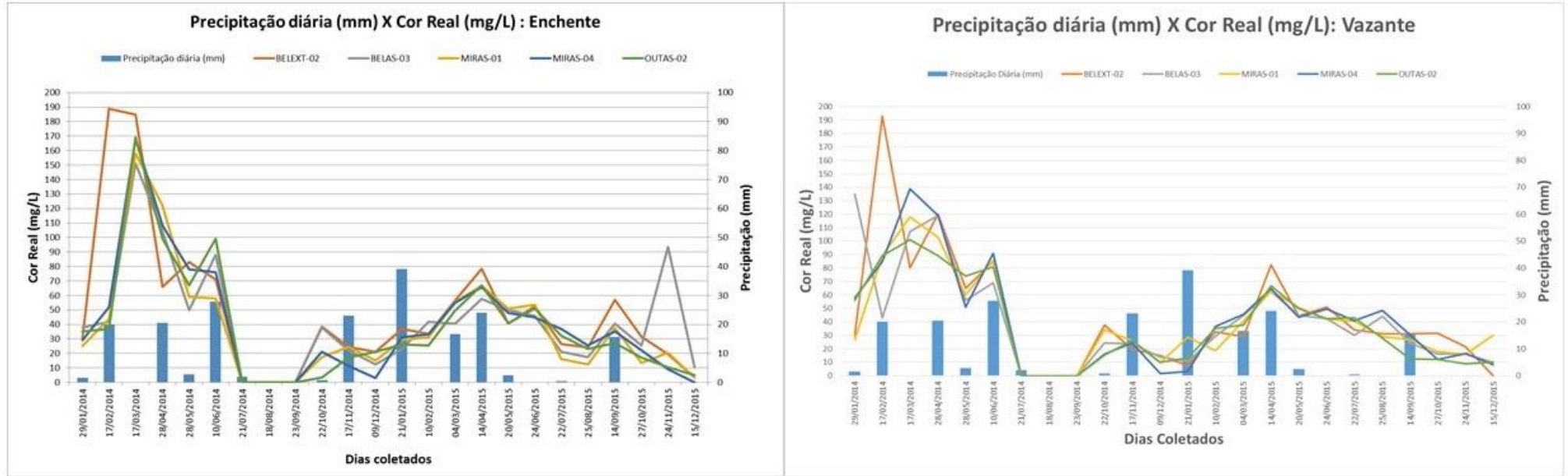


Na figura 21, observa-se o comportamento do parâmetro de cor real, é comum na região amazônica características de elevados valores de Cor.

Este parâmetro apresentou-se acima do limite máximo permitido pela resolução do Conama 357/2005 que é 75 uH. Em todos os pontos de coleta durante o período chuvoso da região (enchente e vazante) os valores foram altos. Nos outros meses, enquadravam-se dentro na resolução.

A Cor da água nesta região é influenciada principalmente por compostos inorgânicos e orgânicos (substâncias húmicas) presentes no solo, como óxidos de ferro (ou óxido de manganês), que apresentam características coloidais que alteram a cor da água mas não influenciam na Turbidez (BÁRBARA et al., 2010; CUNHA, 2013).

Figura 21 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e cor real (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

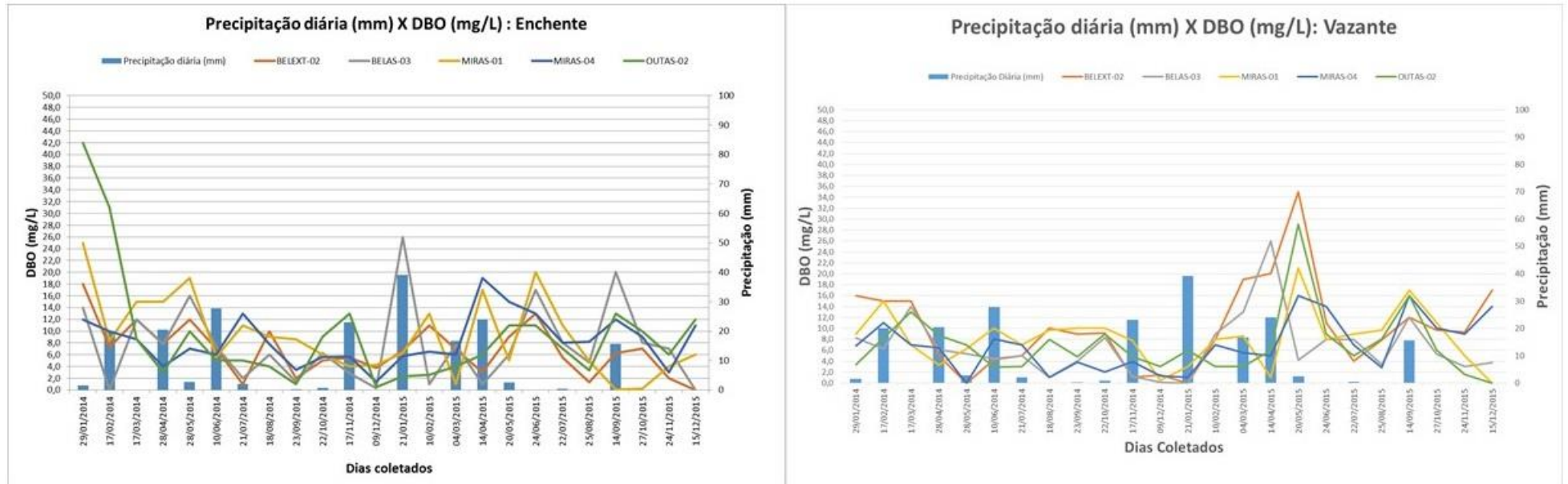


A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia. Sendo assim, as maiores concentrações de DBO normalmente são encontradas em áreas apresentando grandes concentrações de matéria orgânica, seja ela natural, ou lançada no corpo hídrico. A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial de consumo do oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996).

Ao analisar este parâmetro observa-se no ponto OUTAS-02 na maré enchente com o valor de 42 mg/L. Quando analisados a valores DBO médios observa-se que todos os pontos apresentaram valores superiores ao máximo permitido pela resolução do CONAMA para águas doces de classe 2.

O fato provavelmente seja decorrente do lançamento de cargas poluidoras provenientes de atividades próximas a orla de Belém, devido ao número muito grande industrias próximas dos pontos de coleta, além de lançamento de efluentes domésticos advindos da cidade que circunda a região. Pode-se concluir também que os valores maiores encontrados foram na estação menos chuvosa da região, conforme figura 22. Sugere-se que estes valores maiores encontrados na estação menos chuvosa decorre-se a princípio da carga poluidora estar em maiores concentrações por não haver diluição das grandes chuvas.

Figura 22 - Gráfico de relação entre a Precipitação (mm) e DBO (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).



4.4 COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM RELAÇÃO AS MARÉS

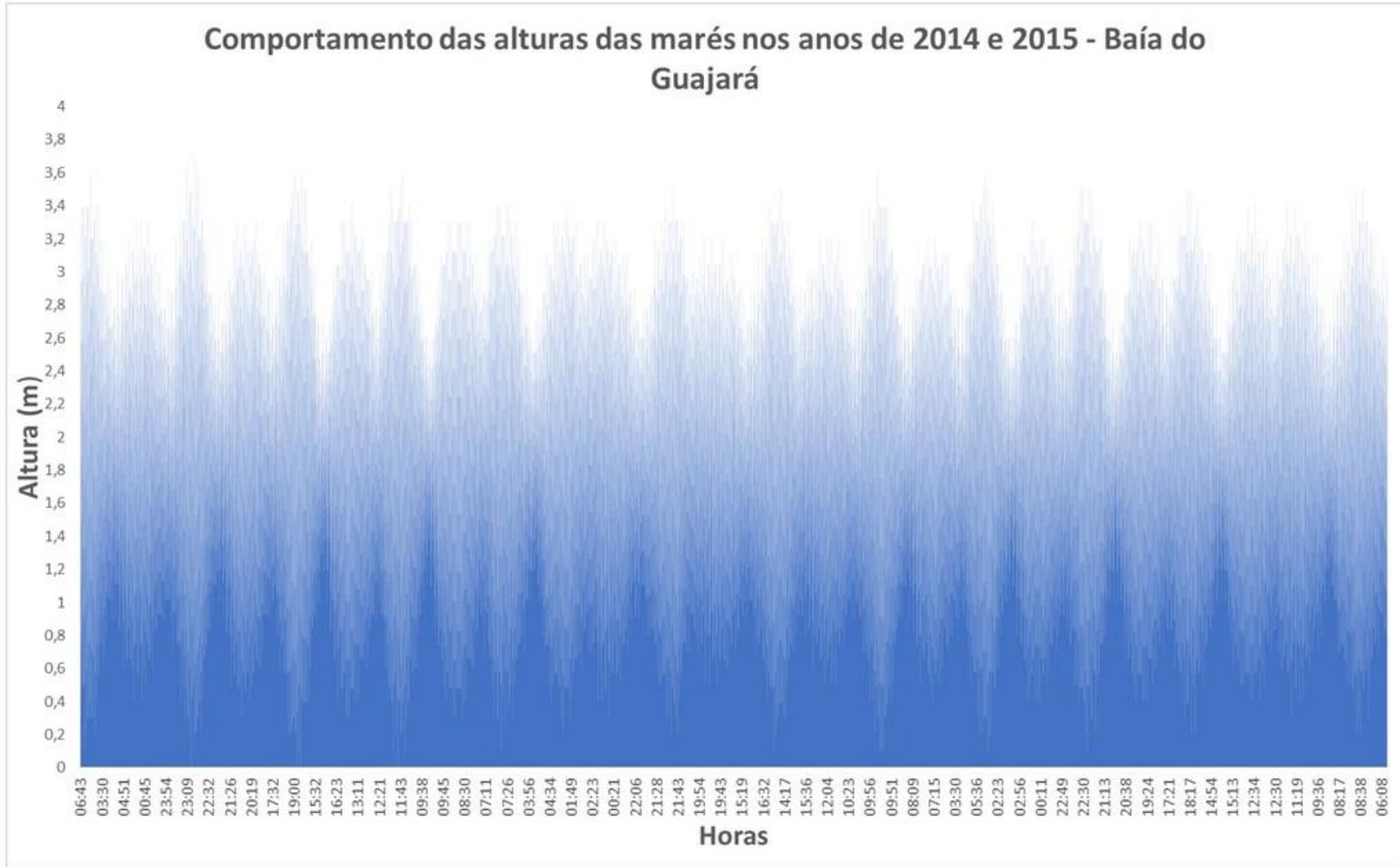
Estes resultados têm como objetivos principais o conhecimento do comportamento das marés da Baía de Guajará ao longo dos dois anos de estudo, bem como avaliar os efeitos causados nas variáveis físico-químicas locais, além de identificar qual variação ocorre em maior ou menor valor entre as duas marés.

Após a caracterização da pluviométrica da região, efetuou-se uma análise dos dados das marés. Com principal objetivo de entender o comportamento das marés e subsidiar as discussões de como esta variável desenvolve importância na relação com os parâmetros físico-químicos da Baía.

As variações nas vazões dos rios Acará, Guamá e Moju e seus afluentes são significativas durante o ano e estão relacionadas ao regime de chuvas a que a região está sujeita, obedecendo a alternância entre o período chuvoso e o menos chuvoso (PINHEIRO, 1987). Dados obtidos do site da marinha do Brasil nos anos de 2014 e 2015 demonstram que durante este período as vazões máximas (consequentemente pelas marés altas) ocorreram em março, abril e maio, período final da estação chuvosa, confirmando o estudo de Pinheiro (1987).

A figura 23, mostra o gráfico com as curvas de comportamento típico da maré ao longo dos anos de 2014 e 2015 que se apresenta na forma senoidal. Além disso, esse comportamento é representativo de corpos hídricos da região amazônica com influência da maré (MORALES, 2002).

Figura 23- Comportamento da altura maré da Baía do Guajará

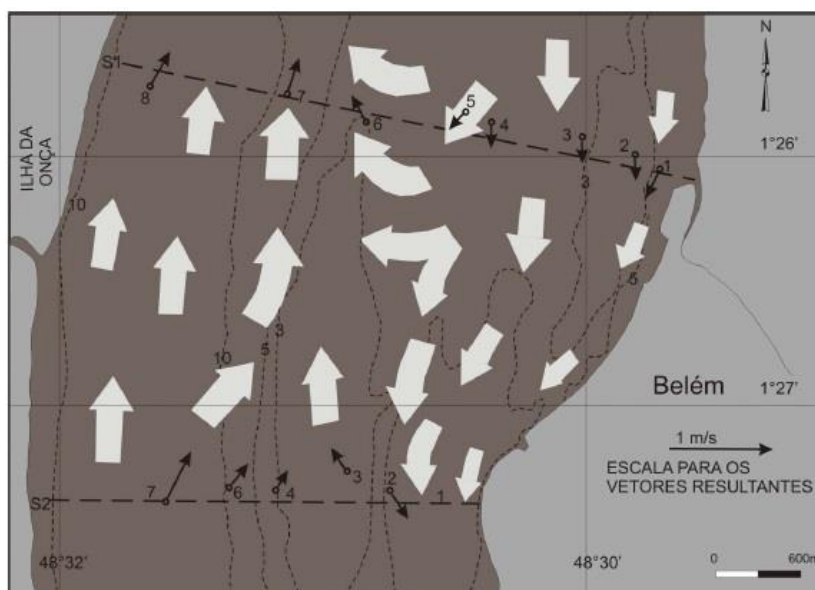


Durante o período de enchente, que dura cerca de 5 horas (PINHEIRO, 1987), as correntes de maré fluem para o sul da Baía de Guajará e no período de vazante, que dura cerca de 7 horas (PINHEIRO, 1987) as correntes de maré fluem para o norte da baía. Segundo PINHEIRO (1987), o atrito de fundo no estuário é responsável por esta acentuada assimetria nas curvas de marés.

Apesar da forte imposição das correntes de marés e do fluxo fluvial, as ondas geradas pelo vento representam um importante agente da dinâmica do estuário Guajará, propiciando a mistura das águas e a ressuspensão praticamente constante dos sedimentos de fundo nos bancos e margens (MOURA, 2007).

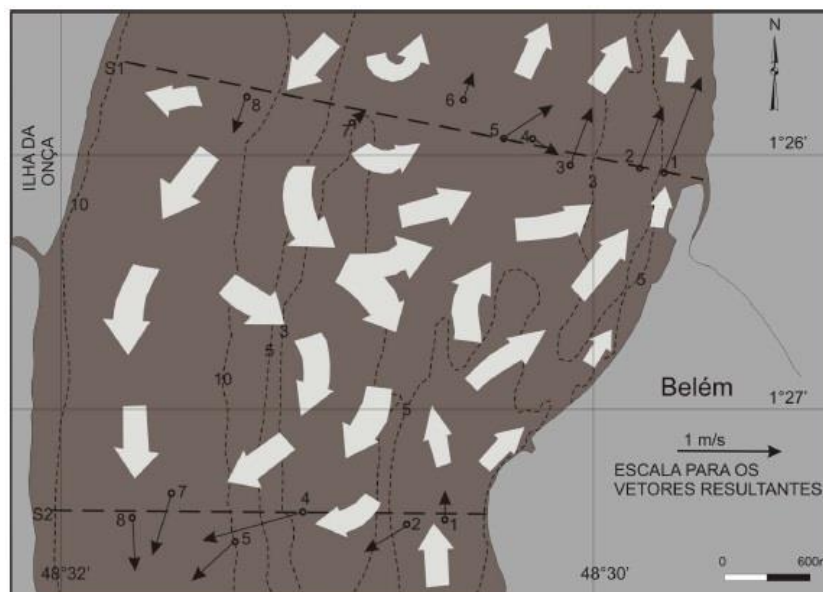
Mesmo em condições de ventos fracos, a superfície da água da Baía de Guajará é caracterizada como um sistema relativamente agitado, definindo claramente um regime de fluxo turbulento (MOURA, 2007). Na presença de ventos fracos, durante as chuvas fortes do período “chuvoso”, nas marés de quadratura e no estófo das marés de sizígia, pequenas ondulações são formadas na superfície da água na Baía de Guajará (PINHEIRO, 1987). A hidrodinâmica do estuário Guajará o caracteriza como um sistema de circulação uniforme, que no período entre a preamar e baixa-mar (Figuras 24 e 25) tende a ser homogêneo e com baixas concentrações iônicas na superfície (PINHEIRO, 1987). Nesse sistema de elevada energia hidráulica, a dinâmica das águas, a sazonalidade e, sobretudo, a entrada da maré salina provocam alterações nas propriedades físico-químicas dessas águas e na concentração das partículas em suspensão (CORDEIRO, 1987; PINHEIRO, 1987).

Figura 24 - Dinâmica das correntes de marés de sizígia, em superfície na Baía do Guajará – Enchente



Fonte: Pinheiro (1987).

Figura 25 - Dinâmica das correntes de marés de sizígia, em superfície na Baía do Guajará – Vazante



Fonte: Pinheiro (1987).

Essas dinâmicas das correntes de marés são importantes para se identificar como ocorre o encontro das águas fluvial e do mar, e que se estende rio acima até o limite da influência da maré.

Dentre os 9 parâmetros descritos, apenas 5 deles, parecem ter algum tipo de relação seja direta ou indireta com as variáveis de maré, sejam elas em sua altura máxima (cheia) ou em sua mínima (seca), elas são: Temperatura, condutividade elétrica, TDS, salinidade e turbidez.

Uma das características das águas continentais é a alta concentração de sólidos totais dissolvidos – TDS. O mínimo de TDS foi de 13,6 mg/L e o máximo de 1525 mg/L, este último valor detectado no ponto OUTAS-02, no dia 15 de dezembro de 2015, na preamar. Este aumento se deve a uma quantidade considerável de material em suspensão encontrado em suas águas. A outra característica de água continental é a presença de partículas suspensas que contribuem para turvação na água, essa particularidade se encontra na Baía do Guajará e na foz rio Guamá o que deixa suas águas barrentas. Mas durante o estudo, foi observado uma grande relação entre a condutividade elétrica, TDS e a Salinidade, o que comprova a interação entre as correntes oceânicas e as águas fluviais.

Um parâmetro que sofreu alteração em relação a maré foi o parâmetro da temperatura (figura 27) nos meses estudados. Em outros estudos de Marins et al. (2003), Freitas et al. (2006) e Eschrique et al. (2008), observaram a influência da maré

na variação temperatura e também em outros parâmetros (tais como: Oxigênio Dissolvido, clorofila a e Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos) em estuários tropicais.

Verificou-se uma diminuição da temperatura, onde a foz apresentou menores valores devido a característica térmica da água marinha, a qual é relativamente mais fria do que as águas fluviais (LIBES, 1992). Durante o estudo da temperatura das águas da Baía, observa-se em dado momento, no dia 14 de abril de 2015, nota-se que as águas chegaram em seu valor mínimo no ponto de BELAS-03 com 25,1 °C, podendo estar relacionada fortemente com essa afirmação de Libes (1992).

As variações da maré influenciaram moderadamente os valores de salinidade (figura 30) tanto na enchente como na vazante, o que pode ser explicado devido ao encontro das águas oceânicas com as águas fluviais, fazendo com que haja mistura em certos pontos, ocasionando levemente o aumento no valor deste parâmetro.

A maré não influenciou a variação tanto do OD quanto do pH, mostrando que os processos físicos de mistura e renovação com água mais oxigenada, geralmente proveniente do mar (WEBB et al., 1980), não foram responsáveis pela concentração destes parâmetros no período estudado, conforme pode ser observado na figura 26 e figura 31. Alguns autores em seus estudos afirmam que há uma influência da maré na variabilidade desses parâmetros. No entanto foi observado que esses autores realizaram apenas estudos de análises descritivas, não levando em consideração testes estatísticos, dos quais comprovam esta influência.

Este estudo é imprescindível para análise do comportamento das marés em relação aos parâmetros físico-químicos e demonstram que influenciam em apenas alguns parâmetros. Porém não chega alterar de forma significativa a qualidade da água.

As demais análises não foram discutidas devido as baixas relações encontradas sob o teste estatístico efetuado no item 4.1.

Figura 26 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e pH (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).

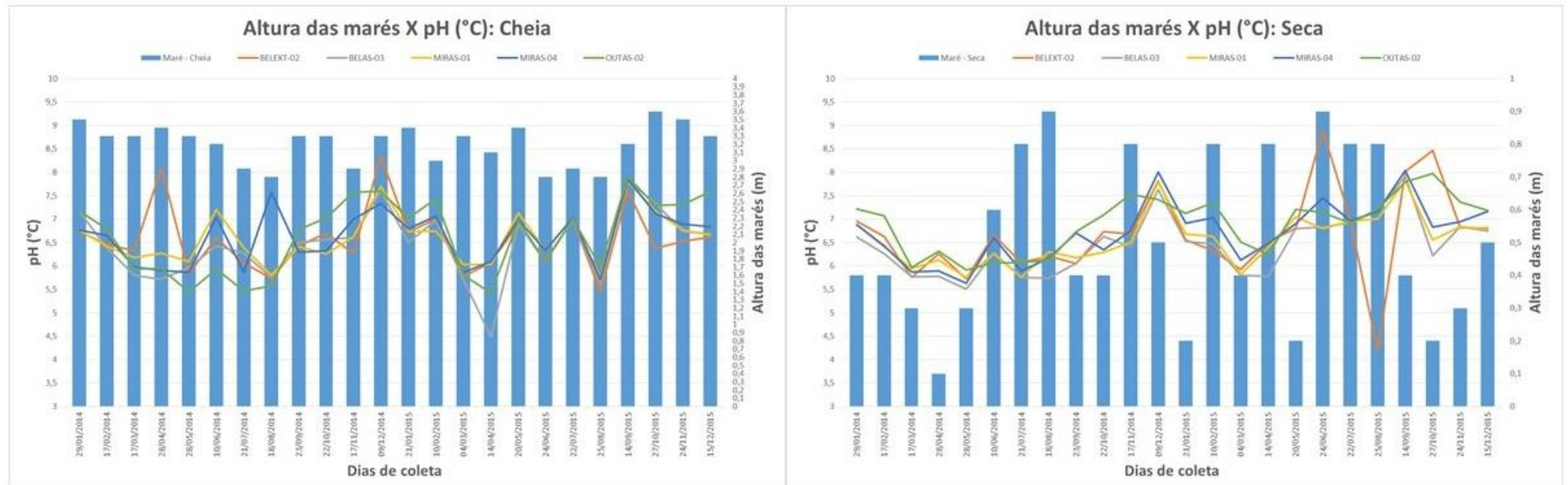


Figura 27 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e a Temperatura (°C) – Enchente (a) e Vazante (b).

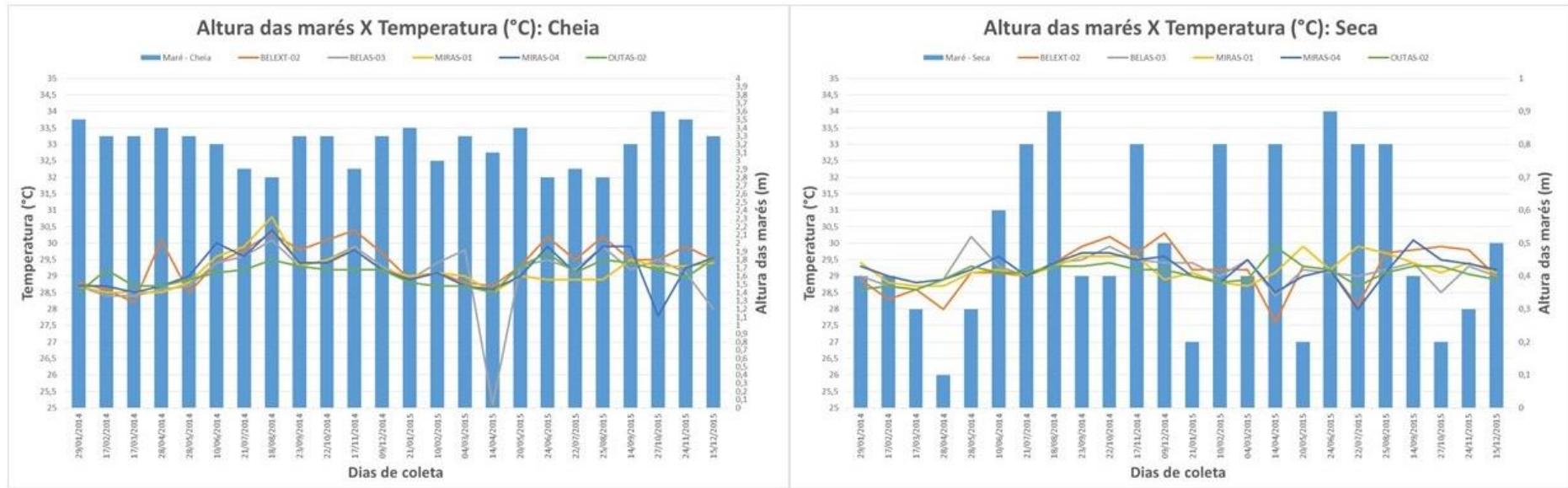


Figura 28 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) – Enchente (a) e Vazante (b).

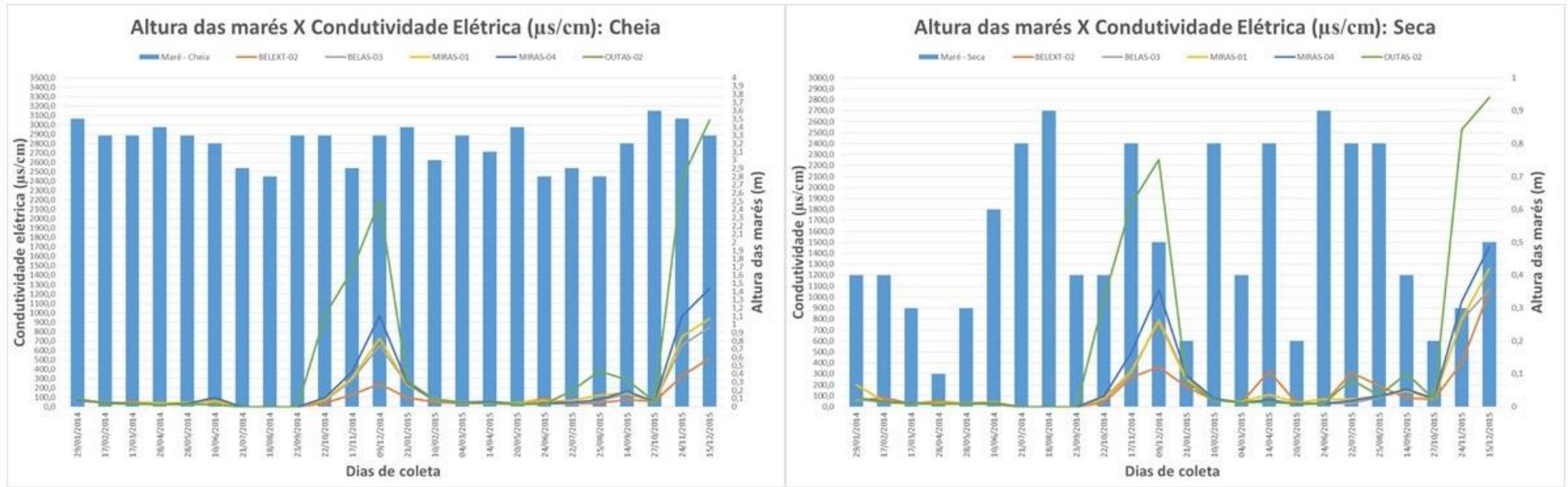


Figura 29 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e TDS (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

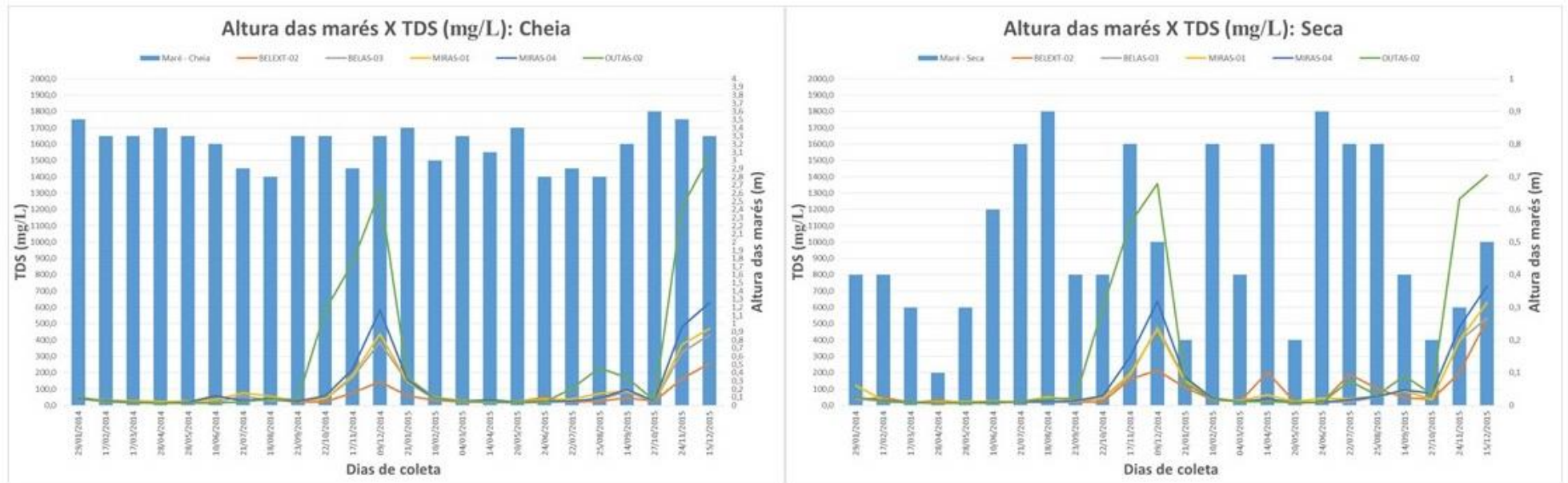


Figura 30 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e salinidade (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

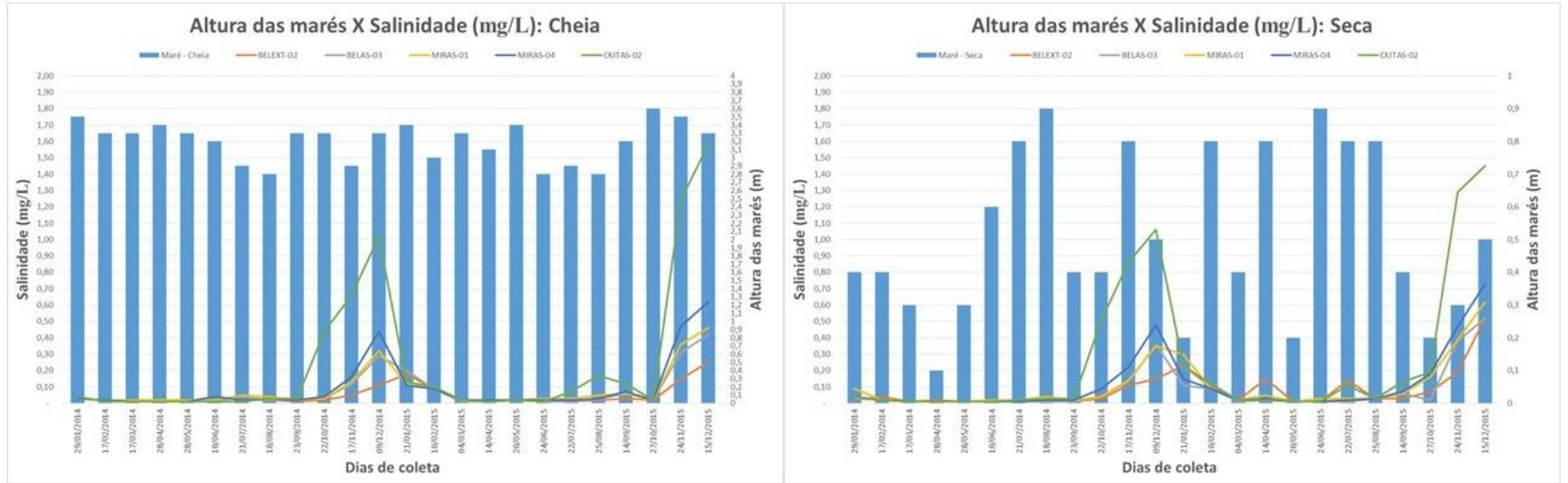


Figura 31 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e OD (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

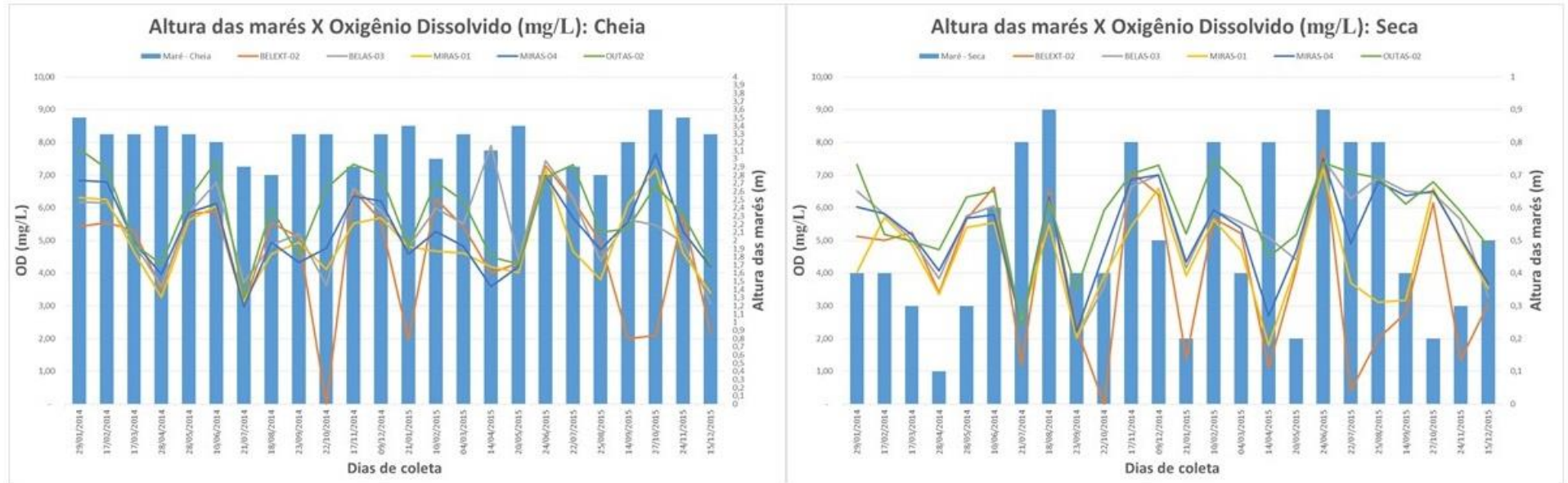


Figura 32 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e turbidez (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

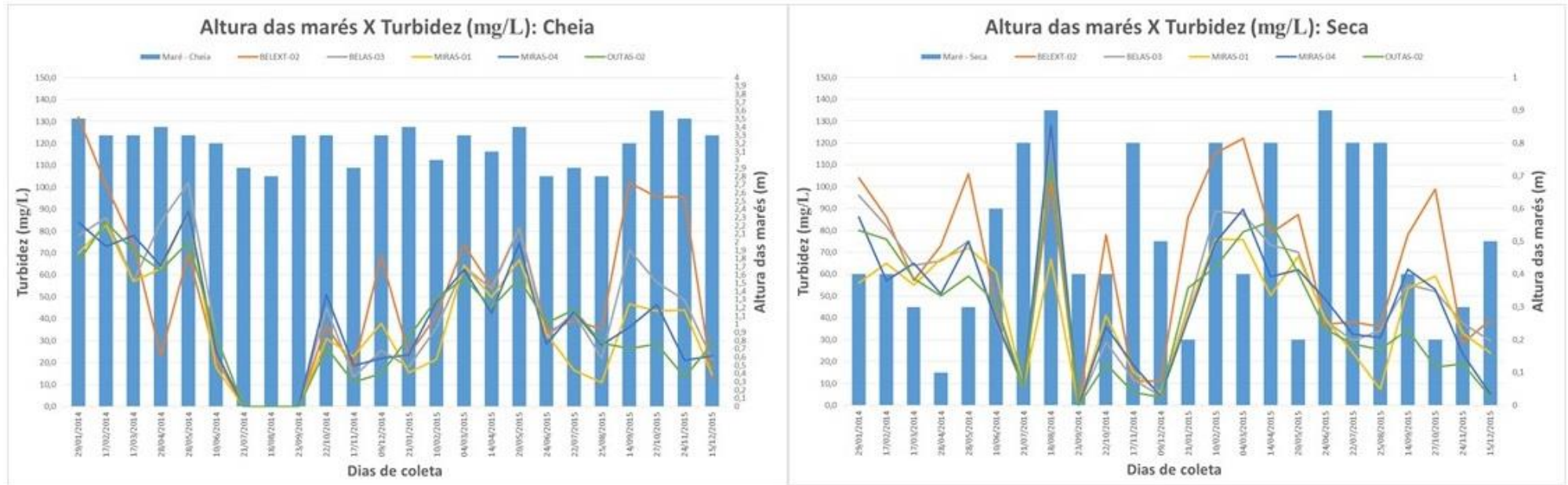


Figura 33- Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e cor real (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).

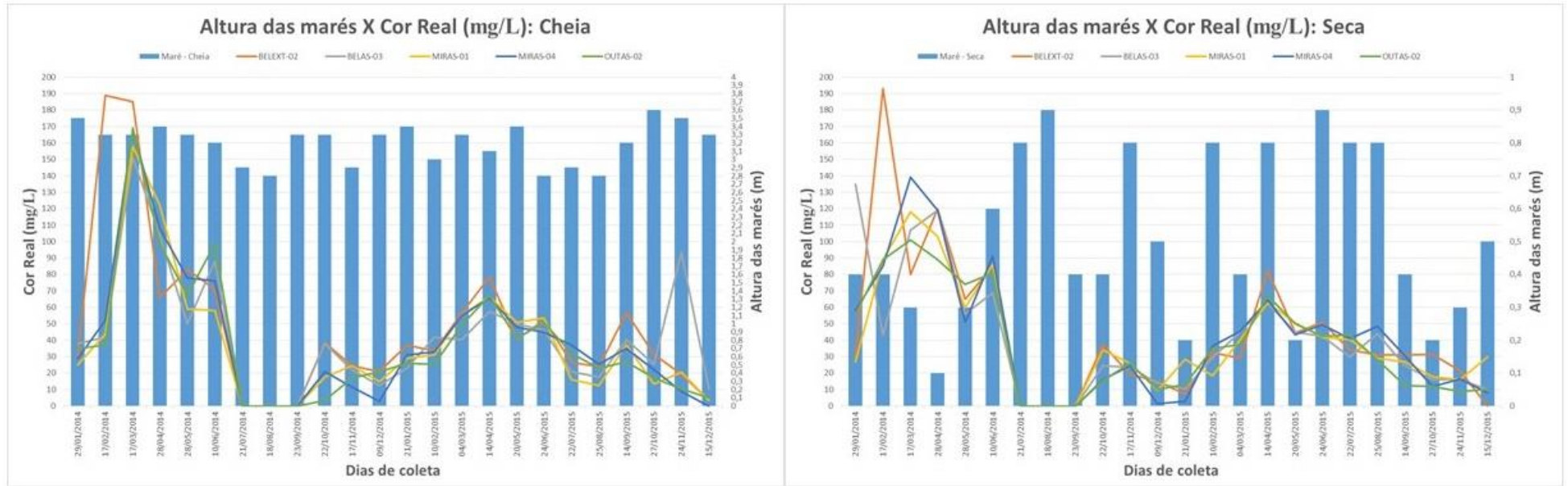
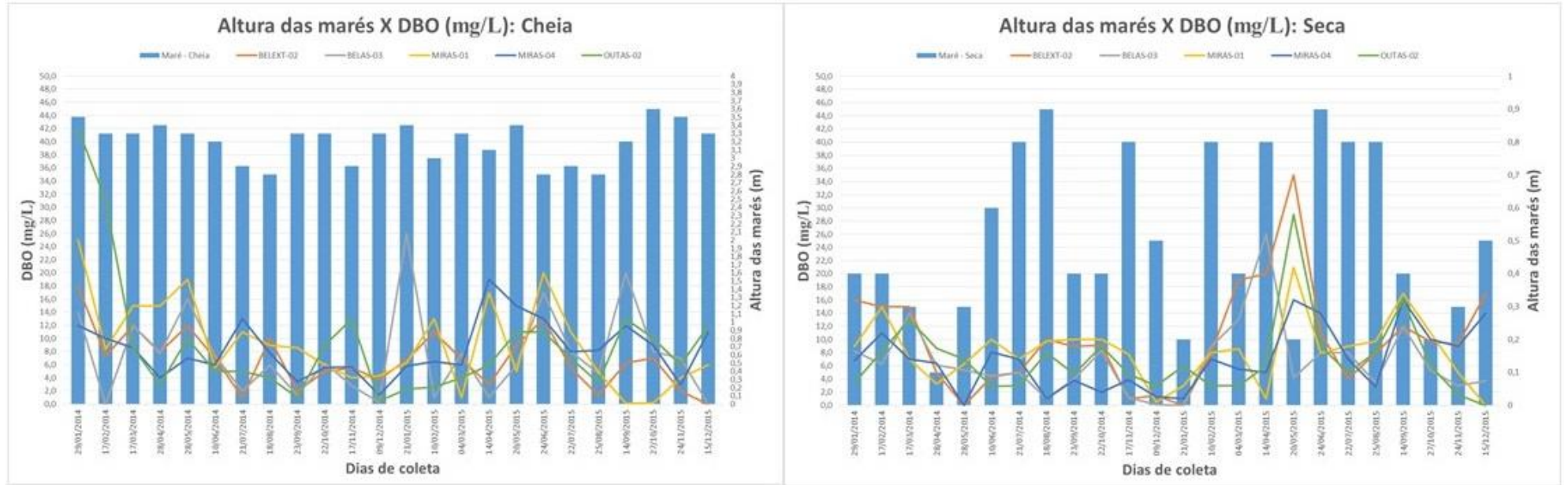


Figura 34 - Gráfico de relação entre Altura das marés (m) e DBO (mg/L) – Enchente (a) e Vazante (b).



5 CONCLUSÃO

Analisando o comportamento dos parâmetros físico-químicos estudados em relação à precipitação observa-se que o regime de chuvas influenciou seis dos nove parâmetros da qualidade da água discutidos, de acordo com os seus pontos de localização, os quais foram: pH, temperatura, condutividade elétrica, TDS, salinidade, OD e Turbidez.

Em relação ao pH foram encontrados os menores valores no período chuvoso desta região, nos meses de março, abril e maio. Podendo-se inferir desta maneira que quanto maior a precipitação, menor será os valores de pH, tornando as águas desta baía ligeiramente ácidas.

Outro parâmetro que houve modificações por conta do regime de chuvas foi a temperatura da água, os maiores valores são encontrados no período menos chuvoso, esse é um parâmetro que sofre grande influência da precipitação local levando a ser modificado dependendo da localização de seus pontos.

Os valores de condutividade elétrica, TDS e salinidade são influenciados fortemente pelo regime de chuvas. Foi constatado que durante os meses de maior pluviosidade esses parâmetros tendem a serem menores, em consequência de que quanto maior for a precipitação local, maior será a diluição afetando desta maneira a dispersão dos poluentes, já em comparação ao período de pouca pluviosidade esses valores tendem a estarem mais concentrados na Baía do Guajará o que demonstra maior aporte de valores de íons, aumentando desta maneira esses parâmetros, porém dependendo da localização dos pontos eles podem se apresentar em maiores ou menores valores.

A precipitação influenciou os valores de OD da seguinte maneira: durante o período menos chuvoso, os níveis dos rios tenderam a serem menos baixos e como consequência desta sua vazão é mínima, concentrando maior número de poluentes, diminuindo desta maneira os valores de OD. O contrário disto é quando temos o período mais chuvoso, ocorre maiores vazões o que correspondem a maiores velocidades e maior turbilhamento da água, aumentando desta maneira o OD no corpo d'água.

O parâmetro de turbidez sofreu influência por conta da precipitação, nos dias de maiores chuvas os valores de turbidez são menores por conta da dispersão que ocorre dos sólidos presentes nesta água, já nos dias de pouca chuva os sólidos tendem a estarem em maiores concentrações, levando os valores de turbidez serem maiores como encontrado neste estudo.

No que se refere ao comportamento dos parâmetros físico-químicos em relação as marés os resultados encontrados apresentaram influencia em apenas cinco dos nove parâmetros estudado, que são eles: temperatura, condutividade elétrica, TDS, salinidade e turbidez. A entrada da maré salina provocou alterações nas propriedades físico-químicas dessas águas e na concentração das partículas em suspensão. Uma das características das águas continentais são os altos valores de sólidos, devido a grande entrada de sal neste corpo d'água. O que se comprova que em alguns pontos como exemplo em OUTAS-02 a alta taxa desses parâmetros foram consideravelmente alteradas pelas características normais desta Baía. Outro parâmetro que sofreu influencia também por conta da entrada das águas marinhas foi a temperatura, perto da foz apresentou menores valores devido a característica térmica da água marinha, a qual é relativamente mais fria do que as águas fluviais.

O estudo estatístico de correlação de Pearson mostrou que não houve correlação entre as variáveis das alturas de marés com os parâmetros físico-químicos, assim também como não houve relação entre a precipitação e esses parâmetros. Mas foi encontrado correlação forte entre os parâmetros de condutividade elétrica, TDS e salinidade entre si. Demonstrando forte relacionamento e intimamente relação entre essas variáveis.

REFERÊNCIAS

- ✓ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT/NBR: 9898 – *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro, junho, 1987.
- ✓ ABREU, Carlos Henrique Medeiros de. *Variações espaço-sazonais da qualidade da água e da hidrodinâmica em ecossistemas aquáticos sob impactos ambientais no baixo rio Jari – AP*. 2015. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2015.
- ✓ ALVES, F. (Org.). *A função socioambiental do patrimônio da união na Amazônia*. Brasília, DF: Ed. IPEA, 2016. 359p.
- ✓ ALVES, J. H. G. M. *Refração do espectro de ondas oceânica em águas rasas: aplicações à região costeira de São Francisco do Sul, SC*. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- ✓ AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19 th.ed. Washington, APHA, 1995. 1100p.
- ✓ ANGELIS, C.F.; MCGREGOR, G.R.; KIDD, C. A 3 year climatology of rainfall characteristics over tropical and subtropical South America based on tropical rainfall measuring mission precipitation radar data. *International Journal of Climatology*, v. ou n. 24, p. 385 – 399, 2004.
- ✓ BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; SIQUEIRA, E. Q. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP. *Revista de Biociências, UNITAU*, v. 16, n. 1, p. 57-72, 2010.
- ✓ BARROSO, G. F. *Development of an evaluation framework for sustainable bivalve aquaculture: a strategic plan approach in Espírito Santo, Brazil*. 2006. 229f. Ph.D. Dissertation – University of Victoria, Canadá, 2006.
- ✓ BARTHEM, Ronaldo B. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da Baía do Marajó, Estuário Amazônico. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ser. Antrop*, Belém, v. 6, n. 1, pag. 15-28, 1985.
- ✓ BERNADI, Wilson. *Análise corretométrica do rio Guamá próximo à desembocadura do Igarapé Tucunduba*. 1987. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. 1987.
- ✓ BOYD, C. E. *Water quality: an introduction: particulate matter, turbidity, and color*. 2. ed. Auburn, AL, USA: Spriger, 2000. doi: 10.1007978-1-4615-4485, issue 2, Chapter 6, 210-222p.
- ✓ BRANDÃO, José A. S. L.; FEIJÓ, Flávio J. Bacia da Foz do Rio Amazonas. *Bol. de Geociência da, PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v.8, n 1, p. 91-100, jan/março, 1994.

- ✓ BRITO, D. C. *Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água QUAL2KW em grandes rios: o caso do alto e médio Rio Araguari* – AP. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical), Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2008.
- ✓ BRITO, D. C. *Balço de carbono e modelagem de fluxos biogeoquímicos no contínuo do estuário amazônico*. 2013. 127 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.
- ✓ CANDELLA, R. N. *Estudo de casos de ondas no Atlântico Sul através de modelagem numérica*. Rio de Janeiro, 1997. 93 f. Tese (Mestrado em Engenharia Oceânica) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ✓ CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, v. 23, n.5, p. 618-622, 2000.
- ✓ CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA DIAS, M. A. F.; JUSTI, M. G. A. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 25-27, p. 75-93.
- ✓ CITEAU, J. et al. *Questions about the ITCZ migration over the tropical Atlantic, sea surface temperature in the Gulf of Guinea and the Flow of Senegal River*. In: CCCO Meeting. 1985, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1985.
- ✓ CITEAU, J.; BERGES, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. Position de la Zone de Convergence a 28° N et temperature de surface de l’océan. *Veille Climatique Satellitaire*, v.21, p. 3-7, 1988a.
- ✓ CITEAU, J.; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drought forecast over Sahelian area. *Ocean Atmosphere Newsletter*, v.45, p.1-3. 1988b.
- ✓ COELHO, P. A.; BATISTA-LEITE, L. M. A.; SANTOS, M. A. C.; TORRES, M. F. A. *O manguezal. Oceanografia um cenário tropical*. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia, Recife, 2004. p. 641-688.
- ✓ COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Qualidade das águas no interior de São Paulo*. 2009. Apêndice A. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e amostragem.
- ✓ CORDEIRO, C. A. 1987. *Estudo da salinização no estuário do rio Pará no trecho Belém – Mosqueiro*. 1987. 109f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1987.
- ✓ CORRÊA, F. M. Impactos antrópicos sobre a qualidade da água no Rio das Antas na área urbana da cidade de Anápolis – Goiás: Uma abordagem para gestão ambiental. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental da Universidade Católica de Brasília. 2005.

- ✓ COSTA, Lúcia Travasso da Rosa. Sedimentação Holocênica no Estuário do Rio Araguari - AP. 1996. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 1996.
- ✓ CUNHA, A. C. Revisão descritiva sobre ecossistemas aquáticos na perspectiva da modelagem da qualidade da água. *Biota Amazônia*, v. 3, p. 124-143, 2013.
- ✓ CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A.; SOUZA, J. A. NAZARÉ, A. S.; PANTOJA, S. Monitoramento de Águas Superficiais em Rios Estuarinos do Estado do Amapá sob Poluição Microbiológica. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, sér. Ciências Naturais*, Belém, v.1, n.1, pag. 191-199, jan-abr, 2005.
- ✓ CUNHA, A. C.; PINHEIRO, L. A. R.; CUNHA, H. F. A. *Modelagem e simulação do escoamento e dispersão sazonais de agentes passivos no rio Araguari: Cenários para o AHE Ferreira Gomes I - Amapá/Brasil*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, pag. 57-85, 2013.
- ✓ ESGOTOS são proteção aos mananciais. *O Liberal: Cad. Cidades*. 13 de jun. 2006. sem paginamento.
- ✓ ESTEVES, F. *Fundamentos de limnologia*, 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p: 826.
- ✓ ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.
- ✓ FAIRBRIDGE, R. W. The Estuary: its indentification and geodynamic cycle. In: OLAUSSON, E.; CATO, I (Ed.). *Chemistry and bioquemistry of estuaries*. N. York: Wiley, 1980. p. 1-36.
- ✓ FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. Precipitation distribution over Central and Western tropical South America. *Climanalise*, v. 5, n.6, p. 36-45, 1989.
- ✓ FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. *Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise de qualidade ambiental: solo, água e sedimentos*. Jaguariuna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006.
- ✓ FONSECA, H. S.; SALVADOR, N. N. B. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Bonito em Descalvado – SP. *Rev Inst Adolfo Lutz*, v. 64, n. 2, p.179-185, 2005.
- ✓ GALLO, M. N. *A influência da vazão fluvial sobre a propagação da maré no estuário do rio Amazonas*. 2004. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2004.
- ✓ GARRISO, T. *Fundamentos da oceanografia*. 7ª ed. Norte-Americana. 2ª ed. Brasileira. [S.l.]: Ed. Noveritis do Brasil, 2017.
- ✓ GEOPHYSICS STUDY COMMITTEE. Overview and recommendations. In: _____. *Estuaries, geophysics and the environment*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1995. p. 1-10.

- ✓ GHOLAMI, M. Identification and investigation of the seasonal variations of zooplankton in zarivar lake–kurdistan, Iran. *Marine Science*, Irã, v. 4, n. 1, p. 26-32, 2014.
- ✓ GODIN, G. The Propagation of tides up rivers with special considerations on the upper saint – Lawrence river. *Estuarine, coastal and Shelf Science*, v.48, p. 307-324,1999.
- ✓ GREGÓRIO, A. M. S. Contribuição à gestão ambiental da Baía do Guajará (Belém – Pará – Amazônia) através do estudo batimétrico e sedimentológico. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008, apud MENDES, A. C.(ES). *Projeto Amilcar Mendes*, São Luis/MA: Fundação rio Bacanga, 2001.
- ✓ HACH. Manual procedures: DR 3900 Spectrophotometer. Two Edition, Hach Company, Loveland, Colorado, 2012.
- ✓ HORBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. de S. Química de Igarapés de Água Preta do Nordeste do Amazonas - Brasil. *Acta Amazônica*, v.38, p.753-760, 2008.
- ✓ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, IBGE 2010.
- ✓ INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). *Belém: um estudo ambiental do Estuário Guajarino*. 1990. 154 p. (Relatório de Pesquisa, 17).
- ✓ INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTIwMQ==>>. Acesso em: dezembro de 2017.
- ✓ IPPEN, A. P.; HARLEMAN, D.R.F. *Tidal dynamics in estuaries*. In: IPPEN, A.P.(ed). *Estuary of coastline hydrodynamics*. NewYork, USA, Mc Graw Hill Book, 1966. chapter 10.
- ✓ KENNISH, Michael J. *Ecology of estuaries*. v. 1: physical and chemical aspects. Flórida: CRC PRESS, 1986a. 254 p.
- ✓ KENNISH, Michael J. *Ecology of estuaries*. v. 2: biological aspects. Flórida: CRC PRESS, 1986b.
- ✓ KNOX, George A. *Estuarine ecosystems: a systems approach*. Florida: CRC Press, 1986. 289 p.
- ✓ KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E. Aspectos quantitativos do fitoplâncton na área estuarina de Suape (Pernambuco). In: *Congresso brasileiro de plâncton*, 4., 1990, Recife. p. 55-60.
- ✓ KRUPEK, R. A.; BRANCO, C. C. Z.; PERES, C. K. *Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil*. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 30, n. 4, pag. 431-438, 2008.

- ✓ LARENTIS, D. G. *Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari/Antas – RS*. 2004. 159 f. Dissertações (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- ✓ LEADER, S.; KAZIMOVA, R. *Overview and recommendations*. 2011.p. 490-498.
- ✓ LIMA, R. 1956. *A Agricultura da Várzea do Estuário do Amazonas*. Pag. 19. (IAN – Boletim Técnico, no. 33).
- ✓ LIRA, S. A. *Análise de Correlação: Abordagem teórica e de construção de coeficientes com aplicações*. Curitiba, 2004. 209 f. Dissertações (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos, Universidade Federal do Paraná.
- ✓ LUCAS, E. W. N.; BARRETO, N. J. C; CUNHA, A. C. *Variabilidade hidrológica da Bacia do Rio Jari (AP): estudo de caso do ano 2000*. In: Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: IEPA, 2010. pag. 119-134.
- ✓ LUÍZÂ. M. E.; PINTO, MARIA L C; SCHEFFER. E. W O. *Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio taquaral, São Mateus do Sul-PR*. RA É GA, pag. 290-310, 2012.
- ✓ MAANE-MESSAI S.; LAIGNEL B. ; MOTELAY-MASSEI A.; MADANI K.; CHIBANE M. *Spatial and Temporal Variability of Water Quality of an Urbanized River in Algeria: The Case of Soummam Wadi*. Water Environ. Res. v. 82, n. 8, pag. 742-749, 2010.
- ✓ MACEDO, Jorge A. B. de. *Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas*. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. Conselho Regional de Química, 2003.
- ✓ Maier, M.H. 1987. *Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55" - 48°55"W; 22°30" - 21°55"S - Brasil): qualidade da água do rio principal*. Ciência e Cultura, 39(2): 164-185.
- ✓ MARTINELLI, et al. *Descarga de Sólidos Dissolvidos Totais do Rio Amazonas e Seus Principais Tributários*. Geochin-Brasil, v. 3, n. 2, pag. 141-48, 1989.
- ✓ MATTA. M. A. S. *Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil*. Tese (Doutorado em Geologia. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, 2002. pag. 292.
- ✓ MAZZEO, T. E. 1991. *Avaliação ambiental das vias de drenagem da região metropolitana de Belém (PA) quanto à distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fé, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn*. Belém, UFPa. 141p. (Dissertação de Mestrado)
- ✓ Mc NEELY; NEIMANIS, V. P.; DWYER, L. 1979. *Water Quality Soucerbook. A Guide to Water Quality Parameters*. Ottawa, Inland Water Directorate, Water Quality Branch. 89p.

- ✓ MENEZES, L. B. C., *Considerações biogeoquímicas de ecossistemas amazônicos: rios e lagos selecionados nas microregiões bragantina, do salgado, e guajarina*. 1999. 169f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém-PA, 1999.
- ✓ MEYBECK, M. e DE MARSILY, G. *The Seine in its Basin, Environmental Functioning of a Fluvial Anthropized System*. Elsevier, Paris, França 1998.
- ✓ MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297 p. ISBN 978-85-7041-451-9.
- ✓ MIRANDA, Luiz Bruner de; CASTRO, Belmiro Mendes de; KJERFVE, Bjorn. *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. São Paulo: Edusp, 2002. Pag. 411.
- ✓ MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. *Qualidade dos Recursos Hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: Avaliação de Caso em Relação aos Elementos Químicos e Parâmetros Físico-Químicos*. Ambi-Agua, Taubaté, v. 4, n. 2, pag. 72-95, 2009.
- ✓ NASCIMENTO, Fernanda Sousa do. *Dinâmica da distribuição dos poluentes metálicos e orgânicos nos sedimentos de fundo dos canais de drenagem de Belém-PA*. 1995. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica). Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 1995.
- ✓ NECHET, D. *Variabilidade diurna de precipitação em Belém-PA: aplicação em planejamento a médio e longo prazo*. Boletim Climatológico. Presidente Prudente, SP, v.2, n.3, pag.223-227, jul. 1997.
- ✓ NEVES, C. F., MUEHE, D. *Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira*. In: Parcerias Estratégicas: Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação. Brasília, DF, n. 27: 217 - 296, 2008.
- ✓ NEVES, D. G; CUNHA, A. C.; SOUZA, E. S.; BARRETO, A.C. L. *Modelagem climática regional durante dois anos extremos de precipitação sobre o Estado do Amapá*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, pag. 569-578, 2012.
- ✓ NITTROUER, Charles. A. *An Introduction to the Geological Significance of the Sediment Transport and accumulation on the Amazon Continental Shelf*. Marine Geology, v. 125.pag. 177-92. Abril, 1995.
- ✓ NORIEGA, C. E. D. *Influência hidrológica e grau de poluição dos rios pirapama e Jaboatão no estuário a Barra das Jangadas (PE-Brasil): ciclo temporal*. Recife 2004, 162 f. Dissertação. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2004.
- ✓ OLIVEIRA, A. S.; NOBRE, C. A. *Interactions between frontal systems in South America and tropical convection over the Amazon*. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology, n. 2. p. 56-59, 1986.
- ✓ *O El Niño e Você - o fenômeno climático* - Gilvan Sampaio de Oliveira. Editora Transtec - São José dos Campos (SP), março de 2001.

- ✓ PASCOALOTO, D; DA SILVA, M; BRINGE, S. 2012. *Qualidade da água dos recursos hídricos na sede do município de São Gabriel da Cachoeira, AM*. IN: Projeto FRONTEIRA - Desvendando as fronteiras do conhecimento na região amazônica do alto rio negro. 350 p. 2012.
- ✓ PEREIRA, I. C. B.; Rodrigues, T. E.; Garna, J. R. N. F.; Souza-Filho, P. W. M. *Reconhecimento da cobertura vegetal da várzea do rio Guamá (Pará) a partir de imagens de sensores remotos*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, v. 1, n. 1, pag. 209-220, jan/abr. 2005.
- ✓ PEREIRA, Kátia Regina Brito. *Caracterização geoquímica de sedimentos de fundo da orla de Belém – Pará*. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em geologia e Geoquímica) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2001.
- ✓ PHILANDER, S.G.H. *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. Academic Press, 1990, 293 pp.
- ✓ PIMENTEL, M. A. S. et al. *A ocupação das várzeas na cidade de Belém: causas e 10 consequências socioambientais*. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, pag. 34 – 45, 2012.
- ✓ PINEDA, J.; SANCHEZ-ARCILLA, A.; JIMENEZ, Y. J. *Pan para mejorar la gestion costera*. Gestion de sistemas oceanograficos del Pacifico Oriental. pag. 427-431. 1997.
- ✓ PINHEIRO, Fábio Glayson Reis. *Avaliação dos riscos de contaminação dos aquíferos livres da bacia do Tucunduba /Belém (PA)*. 2002. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2002.
- ✓ PINHEIRO, L. S., GOMES, M. L., FALCÃO, T. O. *A influência dos processos estuarinos na morfodinâmica e vulnerabilidade a erosão da prainha de Aquiraz (CE)*. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia, Brasil, 10p., 2006.
- ✓ PINHEIRO, Roberto Vizeu Lima. *Estudo Hidrodinâmico Sedimentológico do Estuário Guajará – Belém (PA)*. 1987. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e geoquímica) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 1987.
- ✓ PMB, Prefeitura Municipal de Belém. *Plano Estratégico Municipal para Assentamentos Subnormais*. Parte II: Diagnóstico Institucional do Município de Belém-Pará. Belém: SEGEP, 2001.
- ✓ PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. *Gestão de bacias hidrográficas*. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, pag. 43-60, 2008.
- ✓ PRÉVOST, M.; PLAMONDON, A.P.; BELLEAU, P. *Effects of drainage of a forested peatland on water quality and quantity*. In: Journal of Hydrology. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V. n.214. p.130-143. 1999.
- ✓ PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. PROSAB. *Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive o desenvolvimento de tecnologias de tratamento*

para esse fim. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 427 p, 2006.

- ✓ Relatório de Impacto Ambiental - Rima do Terminal Pesqueiro Público de Belém – Pará. Ecosistema Consultoria Ambiental Ltda. agosto/2008. Curitiba/Pr. Disponível em <<http://www.sema.pa.gov.br/download/RIMA%20TPP%20Bel%C3%A9m.pdf>>. Acesso em: 17/01/2017.
- ✓ RIBEIRO, K. T. S. *Qualidade Sanitária da Água e Saúde Humana em Áreas de Influência de Duas Bacias Hidrográficas no Município de Belém*. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciências / Desenvolvimento Socioambiental) Belém, UFPA: 2003.
- ✓ RIBEIRO, Karla Tereza Silva. *Água e saúde humana em Belém*. Belém: Cejup, 2004. Pag. 280. (Coleção Megam)
- ✓ RIXEN, T.; BAUM, A.; SEPRYANY, H.; POHLMAN, T.; JOSE, C.; SAMIAJI, J. *Dissolved oxygen and its response to eutrophication in a tropical black water river*. Journal of Environmental Management, v. 91, n. 8, pag. 1730-1737, 2012.
- ✓ ROSALES, J.; VARGAS, O.; RODRIGUES, M. (2002). “*Hydrography and ecohydrology of the Guiana Shiel Ecoregion*” in *Anais do Guayana Shiel Conservation Priority Setting Workshop*, Paramaribo, Abr 2002. Disponível em <http://www.guianashield.org>, acesso em 10 janeiro 2018.
- ✓ SALATI, E.; MARQUES, J. *Climatology of the Amazon region*. In: SIOLI, H. (Ed.) *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1984.
- ✓ SÁNCHEZ, E.; COLMENAREJO, M. F.; VICENTE, J.; RUBIO, A.; GARCÍA, M. G.; TRAVIESSO, L.; BORJA, R. *Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution*. Ecological Indicators, v. 7, n. 2, pag. 315–328, 2007.
- ✓ SANTOS, E. S. *Modelagem Hidrodinâmica e Qualidade da Água em na Foz do Rio Araguari-AP*. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Amapá/UNIFAP, 2012.
- ✓ SANTOS, S. A. M.; SHIAVETTI, A., DEBERDT, A. J. *Qualidade da água. Estudos de bacias Hidrográficas – Uma estratégia para a educação ambiental*. 2ª Ed. São Carlos, 2003.
- ✓ SCHAEFFER-NOVELLI, Y, COELHO JÚNIOR, C. TOGNELLA-DE-ROSA, M. *Manguezais*. Série Investigando. Editora Ática. 2002. Pag. 56.
- ✓ SCHAFER, A. *Fundamentos da ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 533p.
- ✓ SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. *Assessment of Surface Water Quality Using Multivariate Statistical Techniques: A Case Study of Fuji River Basin, Japan*. Envir. Model. Softw., 22, pag. 464-475, 2006.

- ✓ SHRIVASTAVA, A. K.; SWAROOP, J.; JAIN, N. *Effect of seed on BOD exertion*. Indian Journal of Environmental Health, v. 42, n. 2, pag. 75–78, 2000.
- ✓ SIOLI, H. *Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region*. Amazoniana. v.1, p.74-83, 1984.
- ✓ SONDA Multiparamétrica HANNA Disponível em: <<http://www.googleimagens.com.br>>. Acesso em: janeiro de 2018.
- ✓ SOUSA, E. B.; PAIVA, R. S. MELO; N. F. A. C.; RAMOS, C. A. R.; PALHETA, G. D. *Composição e distribuição espacial do microfitoplâncton da plataforma continental norte: costa do estado do Pará (PROSPEC XXII, Revizee-2001)*. I Congresso Brasileiro de Oceanografia e XIV Semana Nacional de Oceanografia. pag. 118, 2004.
- ✓ SUDAM. 1984. *Atlas climatológico da Amazônia brasileira: Projeto hidrologia e climatologia da Amazônia*. Belém. Pag. 125.
- ✓ TEBBUTT, T. H. Y. *Principles of Water Quality Control*. 5. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. Pag. 279.
- ✓ TEIXEIRA, I. S. *Um Modelo de Evidências sobre Riscos Ambientais para a Gestão Pública em Belém do Pará fundamentado na Auditoria Interna e Ambiental*. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Florianópolis, UFSC: 1998.
- ✓ TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).
- ✓ TUCCI, C.E.M. *Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. Estudo preparado como contribuição da ANA – Agência Nacional de Águas para a Câmara Temática sobre Recursos Hídricos do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas*. 2002. Acesso em: 05 de fevereiro. 2018. Disponível em: <www.ana.gov.br>
- ✓ UDEIGWE, T. K.; WANG, J. J. *Biochemical oxygen demand relationships in typical agricultural effluents*. Water, Air & Soil Pollution, v. 213, n. 1-4, pag. 237–249, 2010.
- ✓ UVO, C. B.; NOBRE, C. A. *A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil*. Parte I: A posição da ZCIT no Atlântico equatorial. Climanálise, São José dos Campos, v. 4, n. 7, p. 34–42, 1989.
- ✓ VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. *Meteorologia e aplicações*. Viçosa: UFV, 1991. Pag. 449.
- ✓ VIEIRA, Ivanzir. *Frequência, constância, riqueza e similaridade da ictiofauna do rio Curua-Uma, Amazônia*. Rev. Brasil. de Zoociências. Juiz de Fora, v 2, n 2, p. 51-76, 2000.
- ✓ VIGIL, K. M. *Clean water: an introduction to water quality and water pollution control*. Oregon State University Press Corvallis, 2003. 181 p.

- ✓ VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- ✓ VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1995. 240 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).
- ✓ WALISER, E. W. C.; GAUTIER, C. A Satellite-derived climatology of the ITCZ. *Journal of Climate*, v. 6. p. 2162-2174, 1993.
- ✓ WARD, N. D.; KEIL, R. G.; MEDEIROS, P. M.; BRITO, D. C.; CUNHA, A. C.; DITTMAR, T.; YAGER, P. L.; KRUSCHE, A. V.; RICHEY, J. E. Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River. *Nature Geoscience*, v. 19, p. 1-8, 2013.