

Avaliação da qualidade da água da baía do Guajará em Belém/PA

A água é um recurso vital que exerce importante papel para sociedade e meio ambiente. Entretanto, sua qualidade vem sofrendo prejuízos, devido ao crescimento desordenado da população, acompanhada da urbanização. A poluição da água pode advir de origem química, física e biológica, em que o lançamento no corpo hídrico de qualquer tipo destes poluentes pode alterar características da água e do sedimento e consequentemente impactar a biota aquática. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água da baía do Guajará por meio de medições dos parâmetros físico-químicos e microbiológico, conforme o período sazonal da chuva. As coletas ocorreram no ano de 2015, nos meses de março, junho, setembro e dezembro, correspondente ao período chuvoso e menos chuvoso da região amazônica. Nos períodos estudados, o volume precipitado foi acima da média das normais climatológicas no período chuvoso, e no período menos chuvoso foi abaixo da média. Nas análises química e microbiológica, as concentrações de nitrato, nitrito, cloreto e o pH, estão dentro do permitido pela Resolução do CONAMA nº357/05, classe II para águas doces. Entretanto, o parâmetro OD apresentou nos pontos PT01 CH (3,6 mg/L), PT02 CH (4,4 mg/L) e PT03 CH (4,1 mg/L), abaixo do permitido por essa resolução. Em todos os pontos a DBO (mínimo= 5,2 mg/L; máximo= 14,3 mg/L) constatarem valores acima do limite de referência do CONAMA nº357/05, além de elevadas concentrações de DQO (mínimo=12,5mg/L; máximo= 27,3mg/L) e alta CE (mínimo= 86,4 uS/cm²; máximo= 573,4 uS/cm²). A DQO e OD apontaram uma forte correlação negativa, em que o aumento da DQO está ocasionando a diminuição do OD na baía do Guajará. Na análise de coliformes termotolerantes, com exceção do PT04 do período chuvoso e menos chuvoso, todos os pontos apresentaram valores acima do permitido pelo CONAMA nº357/05. O comportamento desses parâmetros é correspondente ao aumento da matéria orgânica apresentada na região. Devido às práticas portuárias frequente na área analisada, e a concentração urbana que despeja efluente, principalmente de origem doméstica, sem pré-tratamento na baía do Guajará, que é agravado pelo período chuvoso. Isso pode gerar danos irreversíveis para o ecossistema aquático, prejudicando também a população que utiliza esse corpo hídrico para práticas de pescas e/ou recreação.

Palavras-chave: Qualidade da água; Contaminação; Esgoto doméstico.

Guajará bay water quality assessment in Belém/PA

Water is a vital resource that plays an important role for society and the environment. However, its quality has been suffering due to the disordered population growth, accompanied by urbanization. Water pollution can come from chemical, physical and biological origin, where the release into the water body of any of these pollutants can change water and sediment characteristics and consequently impact the aquatic biota. Thus, this work aimed to evaluate the water quality of Guajará Bay by measuring the physicochemical and microbiological parameters, according to the seasonal rain period. The collections took place in 2015, in March, June, September and December, corresponding to the rainy and less rainy period of the Amazon region. In the studied periods, the precipitated volume was above the average of the climatological normal in the rainy period, and in the less rainy period, it was below the average. In the chemical and microbiological analyzes, nitrate, nitrite, chloride and pH concentrations are within the limits allowed by CONAMA Resolution No. 357/05, Class II for freshwater. However, the OD parameter showed at points PT01 CH (3.6 mg/L), PT02 CH (4.4 mg/L) and PT03 CH (4.1 mg/L), below what this resolution allowed. At all points BOD (minimum = 5.2 mg/L; maximum = 14.3 mg/L) found values above the reference limit of CONAMA No. 357/05, as well as high COD concentrations (minimum = 12.5 mg/L; maximum = 27.3mg/L) and high EC (minimum = 86.4 uS/cm²; maximum = 573.4 uS/cm²). The COD and OD pointed to a strong negative correlation, where the increase in COD is causing the decrease in OD in Guajará Bay. In the analysis of thermotolerant coliforms, except for the PT04 of the rainy and less rainy period, all points presented values above those allowed by CONAMA nº357/05. The behavior of these parameters corresponds to the increase in organic matter presented in the region. Due to the frequent port practices in the analyzed area, and the urban concentration that discharges effluent, mainly of domestic origin, without pretreatment in Guajará Bay, which is aggravated by the rainy season. This can cause irreversible damage to the aquatic ecosystem, also harming the population that uses this water body for fishing and/or recreation.


Keywords: Water quality; Contamination; Domestic sewage.


Topic: **Uso de Recursos Naturais**


Received: **04/02/2020**

Approved: **05/03/2020**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Letícia Furtado dos Santos 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0057907745892434>
<http://orcid.org/0000-0003-0642-4077>
leticiafurtadosantos@gmail.com

Eduardo Ribeiro Marinho 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2214813622704219>
<http://orcid.org/0000-0002-9957-9555>
educnquimica2011@hotmail.com

Fernanda da Silva de Andrade Moreira 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6035076123931611>
<http://orcid.org/0000-0002-7426-1604>
fsamoreira@hotmail.com

Bruno Santana Carneiro
Instituto Evandro Chagas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6862606416163335>
brunocarneiro@iec.gov.br

Kelson do Carmo Freitas Faial 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5038449535463689>
<http://orcid.org/0000-0001-7094-4902>
kelsonfaial@iec.gov.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0034

Referencing this:

SANTOS, L. F.; MARINHO, E. R.; MOREIRA, F. S. A.; CARNEIRO, B. S.; FAIAL, K. C. F.. Avaliação da qualidade da água da baía do Guajará em Belém/PA. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.2, p.367-380, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0034>

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida, considerada como constituinte principal de todos os organismos vivos. A mesma exerce importante papel para sociedade e é usada de diversas formas, como abastecimento público e industrial, irrigação agrícola, produção de energia elétrica e para atividades de lazer e recreação (ALVES et al., 2008).

A qualidade da água vem sendo prejudicada com o passar do tempo, devido ao crescimento desordenado da população, acompanhado da urbanização e como consequência a ocupação de espaços urbanos inapropriados, para moradias com precário atendimento em sistemas de infraestrutura sanitária. Dessa forma, os corpos hídricos estão sofrendo grandes pressões devido esse crescimento e ocupação desordenada, em especial na Amazônia, haja vista que nessa região há uma forte influência das águas sobre a distribuição da população no território, por conta da característica logística que os rios sempre tiveram no local (MORALES et al., 2015; SANTOS et al., 2015).

A região amazônica ainda não apresenta problemas de disponibilidade hídrica em grande escala, devido sua baixa densidade demográfica aliada a um desenvolvimento econômico ainda exordial e a alta disponibilidade hídrica. Entretanto, a riqueza do bioma amazônico, sua fragilidade e interação com os ecossistemas aquáticos determinam um alto potencial de impacto sobre os recursos hídricos para grande parte das ações despertadas no espaço geográfico dessa região (BRASIL, 2018).

A contaminação da água pode ser originada de diversas fontes, em que são classificadas como fontes pontuais ou fontes difusas. As fontes pontuais são aquelas em que os poluentes são emitidos em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada, no qual é possível identificar um padrão médio de lançamento, como exemplo os efluentes urbanos, rejeitos industriais e de esgotos. Já nas fontes difusas, os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer um padrão médio de emissão, como exemplo, os aerossóis industriais, acidentes com produtos químicos ou combustíveis e cargas difusas urbanas e agrícolas. Em geral o dano ambiental que cada poluente pode ocasionar em um ambiente, vai depender das suas concentrações, do tipo de corpo hídrico que o recebe e dos usos da água (PERREIRA, 2004).

Sabe-se que todo corpo d'água pode estar suscetível a estas fontes de contaminação, mas nos ambientes estuarinos, em que ocorrem atividades portuárias, depósitos de resíduos industriais e urbanos, a situação é mais agravante, o que gera mais poluição e prejuízos ambientais (SILVA et al., 2012).

É necessário que haja um preciso monitoramento ambiental sobre regiões que estão sujeitas a qualquer tipo de poluição. Com intuito de adquirir o conhecimento, o acompanhamento e avaliação qualitativamente e quantitativamente das condições dos recursos ambientais, dos meios físico e biótico, buscando a recuperação, melhoria ou preservação da qualidade ambiental e auxiliando a implantação de políticas ambientais para garantir a conservação do corpo hídrico (BRASIL, 2009).

Existe uma legislação específica no Brasil, que é responsável em estabelecer limites dos fatores físico, químico e biológico para o controle da qualidade da água superficial, que é o Conselho Nacional do Meio

Ambiente (CONAMA), com a resolução nº 357 de 17 de março de 2005. O CONAMA delibera sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo condições e padrões de lançamento de efluentes (ANA, 2017).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água da baía do Guajará por meio das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológico, conforme o período sazonal da chuva, identificando assim, as principais fontes poluidoras que podem estar contribuindo para uma possível degradação deste manancial e avaliando os possíveis riscos acarretados para saúde da população.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A cidade de Belém, localizada no estado do Pará, é um município que possui uma extensão territorial de 1.059,458 km², com população estimada em 1.492.745 pessoas, densidade demográfica de 1.315,26 hab/km² e IDHM (índice de desenvolvimento humano municipal) de 0,746. A cidade exerce importante papel para a população e economia do estado, suas principais atividades econômicas envolvem o uso de recursos naturais (IBGE, 2019).

No entorno de Belém encontra-se a baía do Guajará, posicionada na margem direita do Rio Pará (Amazônia), sua localização está entre os paralelos 1°22'S e 1°30' S e os meridianos 48°25'W e 48°35'W, com cerca de 30 km de extensão e 4 km de largura. Recebe a contribuição hídrica e sedimentar de dois sistemas fluviais: rio Guamá e rio Acará. A deposição e dispersão do sedimento na baía é principalmente controlada pela baixa topografia, pelo grande aporte fluvial e atuação das correntes de maré (GREGÓRIO et al., 2009; MIRANDA et al., 2007).

A região em estudo desempenha grande importância econômica para o estado do Pará. Em sua margem direita ocorrer intensa atividade portuária, transporte, armazenamento e venda de petróleo em balsas (postos flutuantes), algo que fortalece a economia da região, porém deixa esse local mais suscetível a impactos ambientais (MIRANDA et al., 2007; GREGÓRIO, 2008). Diante do exposto, a pesquisa foi realizada na baía do Guajará (figura 1), nos determinados pontos: (figura 2, 3, 4 e 5).

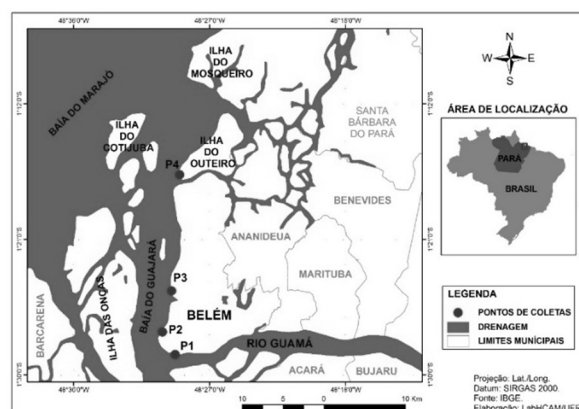


Figura 1: Mapa da localização da área de estudo, em que: P1, Porto Bom Jesus (PT01); P2, Porto Belém- Armazém três Companhia Docas do Pará (PT02); P3, Canal São Joaquim (PT03); P4, Outeiro (PT04). **Fonte:** IBGE (2007). Porto Bom Jesus (PT01) (figura 2): S01°28'41.8" W048°29'19.1".



Figura 2: Ponto 01, Porto Bom Jesus. **Fonte:** Georeferenciado Google Earth (2017). Porto Belém - Armazém três Companhia Docas do Pará (PT02) (figura 3): S01°26'58.0" W048°30'05.6".



Figura 3: Ponto 02, Porto Belém-Armazém três Companhia Docas do Pará. **Fonte:** Georeferenciado Google Earth (2017). Canal São Joaquim (PT03) (figura 4): S01°24'49.1" W048°29'41.0".



Figura 4: Ponto 03, Canal São Joaquim. **Fonte:** Georeferenciado Google Earth (2017). Outeiro (PT04) (figura 5): S01°16'16.3" W048°28'59.9".



Figura 5: Ponto 04, Outeiro. **Fonte:** Georeferenciado Google Earth (2017).

Clima

O clima da região Amazônica é definido como um clima quente e úmido, os gradientes de temperaturas do ar são muito pequenos, ocorrem nessa região intensa nebulosidade e precipitação convectiva, acontecendo durante todo ano uma grande incidência dos raios solares e variações da umidade (SANTOS et al., 2014).

Na Amazônia oriental, está localizado Belém, município do estado do Pará, que apresenta temperaturas sempre altas (devido ao alto potencial da radiação solar incidente), forte convecção, ar instável e alta umidade do ar contribuindo para formação de nuvens convectivas, dando origem a uma grande incidência de precipitação na forma de pancadas, principalmente à tarde. Geralmente, a formação de nuvens em Belém é do tipo cumulonimbus, favorecendo a ocorrência de vários tipos de trovoadas, com descargas elétricas, chuvas intensas e ventos muito fortes (BASTOS et al., 2002).

De dezembro a maio ocorre a época mais chuvosa, a precipitação é originada pela Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) 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. Tais linhas advêm em associação à brisa marítima e se formam no período da tarde. Durante o período de junho a agosto ocorre o final do período chuvoso, a precipitação é provocada por efeitos locais, como as brisas terrestres e marítimas e por Ondas de Este, vindas nas correntes dos ventos alísios, geralmente os do

Sudeste. Em setembro até novembro, período menos chuvoso, a precipitação normalmente é ocasionada pelos fenômenos de mesoescala (BASTOS et al., 2002; SANTIAGO et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2010).

Neste estudo foram utilizados os acumulados diários de precipitação (mm) dos anos de 2014, 2015 e 2016, respectivamente. Para comparação dos dados foram utilizadas as normais climatológicas da região metropolitana de Belém, correspondente aos anos de 1961 a 1990. Todas as informações foram obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Coleta

As coletas ocorreram no ano de 2015, nos meses de março, junho, setembro e dezembro. Correspondente aos períodos chuvoso e menos chuvoso da região amazônica.

Análise dos parâmetros físico-químicos

A temperatura da água (°C), Potencial Hidrogeniônico (pH) (U), Condutividade Elétrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (mg/L), foram determinados através da Sonda Multiparâmetros (Hanna, H1 9828) (Figura 6A). Já a Turbidez (mg/L), Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L), Nitrato (mg/L), Nitrito (mg/L), Amônia (mg/L) e Cloreto (mg/L) foram analisados através do Espectrofotômetro (Hach, DR 3900) (Figura 6B) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L) foi quantificada através da metodologia da Hach, na Incubadora (Ethik Thechnology, 411D) (Figura 6C).

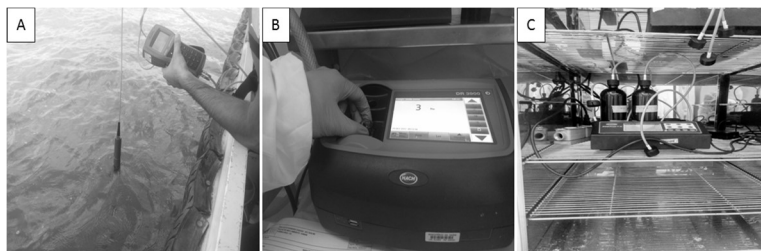


Figura 6: Análise dos parâmetros Físico-Químicos. (A) Sonda Multiparâmetros; (B) Espectrofotômetro; (C) Incubadora.

Análise microbiológica

Na análise microbiológica foi avaliado os coliformes termotolerantes, a metodologia foi baseada através do Manual Prático de Análise de Água. Utilizou-se a técnica do número mais provável (NMP) também conhecido como método de tubos múltiplos. Na primeira etapa, foram retirados assepticamente 25 mL de amostra e preparadas três diluições sucessivas (0,1; 0,01 e 0,001) e para cada diluição foram utilizados três tubos contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato de Sódio (LST) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram posteriormente incubados de 35 a 37°C por 24 horas (BRASIL, 2013). Em uma segunda etapa, os tubos positivos para VB foram transferidos para tubos contendo caldo com *Escherichia coli* (E.C.), meio confirmatório para coliformes termotolerantes (E.C.) e deixados em banho-maria de 44,5 a 45°C durante 24 horas.

A positividade do teste foi observada pela produção de gás no interior dos tubos de Durhan. Os resultados foram analisados em tabela do Número Mais Provável (NMP). Dos tubos positivos para o meio

E.C. alíquotas foram semeadas em placas de Petri, contendo meio de cultura ágar eosina azul de metileno (EMB) e posteriormente incubadas de 35 a 37°C por 24 horas. Por fim, a caracterização dos coliformes termotolerantes foi evidenciada pelo crescimento de colônias com centros enegrecidos e brilho verde metálico.

Os resultados apresentados nos parâmetros físico-químicos e microbiológico foram comparados com a Resolução nº 357, de 17 de março 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no qual a baía do Guajará se enquadra na classe II água doce (CONAMA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precipitação

Na análise da precipitação dos anos de 2014, 2015 e 2016, observa-se que os valores da precipitação (figura 07) média na cidade de Belém são maiores nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio período caracterizado como chuvoso, os meses de agosto, setembro, outubro, novembro, são os que apresentaram menor precipitação, sendo denominados como período menos chuvoso, já os meses de junho e dezembro, são designados como período de transição na região amazônica (MORAES et al., 2005).

Durante o período analisado, o volume precipitado foi acima da média das normais climatológicas no período chuvoso (figura 08), e no período menos chuvoso foi abaixo da média. Tal comportamento da precipitação durante os anos avaliados pode ter sido influenciado pelo evento El niño, que teve início em 2015 e perdurou até 2016, caracterizado por Varotsos et al. (2016) como um forte evento, tal fenômeno afeta a circulação atmosférica global e conseqüentemente altera a precipitação e temperatura do ar (PEREIRA et al., 2017).

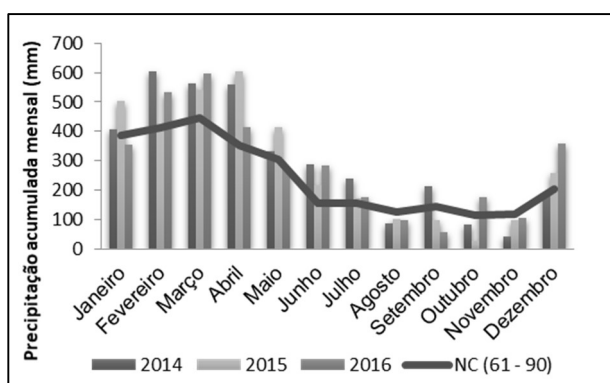


Figura 7: Precipitação acumulada mensal (mm) dos anos de 2014, 2015 e 2016 e as normais climatológicas (NC) na Região Metropolitana de Belém.

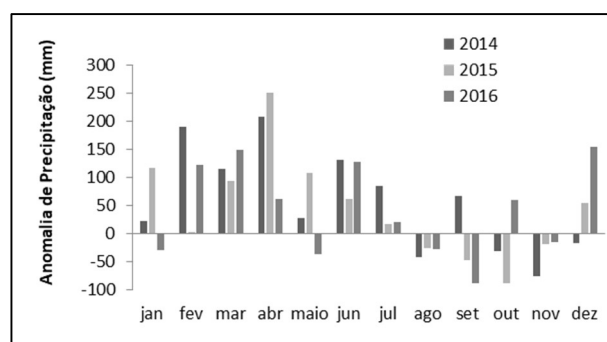


Figura 8: Anomalia de precipitação (mm) dos anos de 2014, 2015 e 2016, da Região Metropolitana de Belém.

Ao observar as anomalias de precipitação apresentadas na figura 8, nota-se que o período de dezembro a julho, caracterizado como período de maior precipitação na região amazônica, as anomalias apresentaram-se, em sua maior parte, positiva e durante os meses de agosto a novembro, a maioria das anomalias são negativas. Essas anomalias também são influenciadas pelo El niño.

Uma pesquisa realizada pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (Elat), do Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais (Inpe), prognosticou que o El Niño (2015-2016) como o terceiro mais forte desde 1950, depois de 1983 e 1998. No qual houve uma diminuição das chuvas na região Norte e Nordeste (TRENBERTH, 1997; INPE, 2015). Essas regiões sofreram intensamente com o período de estiagem no ano de 2015. Segundo Marengo et al. (2016) a seca do Nordeste do Brasil (NEB) desse período de intenso El Niño, foi a mais grave das últimas décadas, no qual teve impactos em muitos distritos da região do semiárido dos estados do NEB, prejudicando aproximadamente 9 milhões de pessoas.

Análises física, química e microbiológica.

Os resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológica foram comparados com a Resolução CONAMA nº357/05, Águas doces, Classe II. Entretanto, essa resolução não dispõe valores de referência para temperatura, CE e DQO.

A figura 9 exhibe os resultados da temperatura da água e turbidez. A temperatura da água apresentou pouca variação, com média de 29,0°C no período chuvoso e no período menos chuvoso com média de 29,5°C. Apesar desse parâmetro não ser estabelecido no CONAMA 357/05, é importante sua análise devido o mesmo refletir sobre as variações sazonais dos parâmetros físico químicos da água (VALLE JUNIOR et al., 2013).

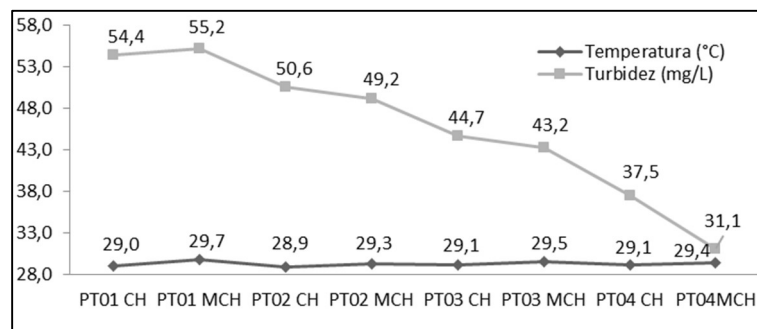


Figura 9: Valores de Temperatura da água (°C) e Turbidez (mg/L) registradas na baía do Guajará.

Ainda na figura 9, ao analisar o parâmetro da turbidez, obtivemos a maior turbidez no PT01 MCH com 55,2 mg/L e a menor no PT04 MCH com 31,1 mg/L.

Segundo Mendes et al. (2014), a turbidez deveria ser maior no período chuvoso, devido nesse período ocorrer um aumento dos sólidos em suspensão, o que contribui para elevação da turbidez. Porém, na pesquisa realizada, assim como nos estudos de Alves et al. (2012) e de Valle Junior et al. (2013), a maior turbidez foi obtida no período menos chuvoso, isso pode estar relacionado ao fato de nesse período ocorrer um maior processo de evaporação natural da água, algo que contribui para o aumento da turbidez (SILVA et al., 2008; NAIME et al., 2005).

Todos os valores de turbidez encontrados no estudo estão dentro do padrão aceito pela resolução CONAMA nº357/05, em que o valor máximo permitido é de 100 mg/L. Dessa forma, a turbidez não está interferindo no desenvolvimento da vida aquática, já que em quantidade pequena, a turbidez não afeta a fotossíntese da vegetação presente na baía do Guajará, pois não impede que o feixe de luz penetre na água (ABREU et al., 2015; CARVALHO et al., 2005).

Na figura 10, é apresentado os valores do potencial hidrogeniônico (pH), no qual se observa que o valor médio do mesmo variou de 6,2 a 6,9 no período chuvoso e de 7,1 a 7,6 no período menos chuvoso.

O regime de chuva influencia nos valores de pH, uma vez que com o aumento pluviométrico o pH tende a subir e aproximar da neutralidade, já que ocorre a maior diluição dos compostos dissolvidos. Logo, o aumento da chuva faz com que o volume de água se eleve e com que a acidez diminua. Entretanto, no estudo realizado aconteceu o inverso, no qual houve um pequeno aumento na acidez com o aumento da precipitação. Tal fato pode ser explicado pela elevação da matéria orgânica, originados por atividades portuárias e descarte de esgoto sem pré-tratamento na área de estudo, algo que aumenta os ácidos orgânicos na água, o que ocasiona a diminuição do pH (PIRATOBA et al., 2017; SILVA et al., 2008).

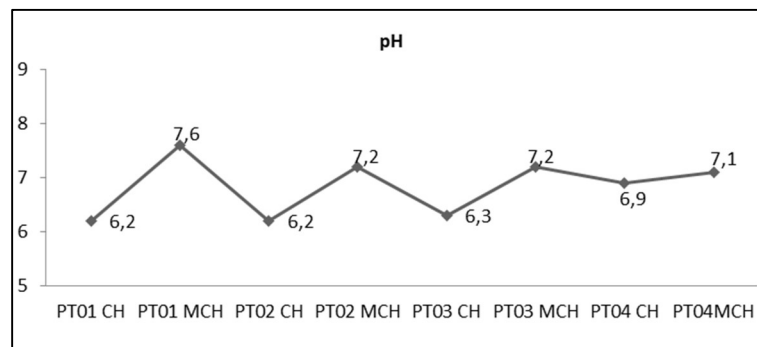


Figura 10: Média por ponto, do período CH e MCH, do pH da baía do Guajará.

Os pontos avaliados estão dentro dos valores de pH permitido pelo CONAMA nº357/05, que é de 6 a 9. Logo, os pH desses pontos não estão acarretando prejuízos para o meio aquático. É importante salientar, que é de suma importância que o pH fique dentro do padrão estabelecido, já que exerce influência nos ecossistemas aquáticos naturais devido seus efeitos influenciarem na fisiologia de diversas espécies (ESTEVES, 1998).

A média da Condutividade Elétrica (CE) (figura 11) apresentou valor máximo no PT03 CH com $573,4 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ e mínimo no PT02 MCH com $86,4 \pm 63,5 \mu\text{S}/\text{cm}^2$. Ao analisar o comportamento da CE nos períodos chuvoso e menos chuvoso, nota-se que em todos os pontos, com exceção do PT04, a CE se apresentou mais alta no período chuvoso.

Esteves (2011) afirma que a CE se apresenta frequentemente em menor valor no período chuvoso, devido ao aumento do fator de diluição dos íons. Entretanto, os valores desse parâmetro podem mudar com o lançamento de contaminantes, como os de esgoto doméstico, efluentes industriais e resíduos sólidos. Dessa forma, em ambiente em que as atividades antrópicas são constantes, a CE permanece sempre elevada, sendo agravada pelo período chuvoso, devido o maior arraste de contaminantes para a água, que esse período provoca (MORALES et al., 2015).

Ainda na figura 11, observa-se que o valor máximo dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foi encontrado no PT04 CH com $730,1 \text{mg}/\text{L}$ e o menor no PT02 MCH com $52 \text{mg}/\text{L}$. Todos os pontos em estudo apresentaram maior concentração desse parâmetro no período chuvoso. O PT04, foi o único ponto que não está dentro do permitido pelo CONAMA nº 357/05, em que o valor máximo aceitado é de $500 \text{mg}/\text{L}$.

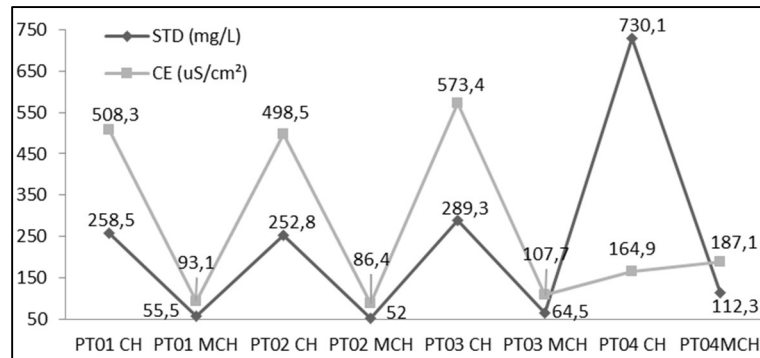


Figura 11: CE (uS/cm²) e STD (mg/L) na baía do Guajará.

Ao observar a CE e STD, nota-se que em todos os pontos, com exceção do PT04 para CE, os valores de CE e STD apresentaram seus valores máximos no período chuvoso. Isso por ser devido ao aumento da lixiviação, nesse período, dos sólidos dissolvidos para o corpo hídrico, ocasionando o aumento do potencial da transferência de cargas elétrica para o rio (PINTO, 2006). Na figura 12, são apresentados os resultados de Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

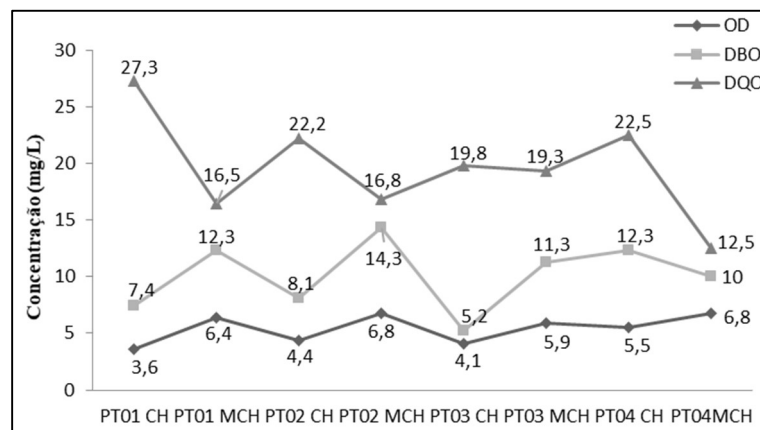


Figura 12: Média das concentrações por período de OD, DBO e DQO na baía do Guajará.

O Oxigênio Dissolvido (OD) apresentou sua máxima concentração no PT04MCH com 6,8mg/L e em menor valor no PT01 CH com 3,6mg/L. Nesse ponto que apresentou menor OD, ocorre intenso tráfego de embarcação por conta de atividades portuária, algo que pode ocasionar impactos diretos para qualidade da água (ANA, 2017).

Ao comparar os resultados de OD do estudo, com a Resolução CONAMA nº357/05, o período menos chuvoso apresentou valores dentro do permitido por essa resolução, que é ≥ 5 mg/L, porém em todos os pontos analisados do período chuvoso, com exceção do PT04, as concentrações ficaram abaixo do permitido. Segundo Valle Junior et al. (2013), isso ocorre devido ao período chuvoso provocar o aumento de nutrientes no rio, que é transportado pelo escoamento superficial, ocasionando excesso de matéria orgânica na água e consequentemente originando a diminuição do teor de oxigênio dissolvido.

Devido o oxigênio ser considerado como um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição, pois detecta impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica, chama-se atenção para todos os pontos em estudos, já que no período chuvoso os efeitos da poluição estão sendo intensificados e consequentemente prejudicando a biota aquática, haja vista que os baixos níveis de OD

ocasionam desequilíbrios ecológicos, podendo até causar a extinção dos organismos aeróbicos (SOUSA et al., 2016; NAIME et al., 2005; FIORUCCI et al., 2005).

Tanto a Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO), quanto a Demanda Química de Oxigênio (DQO) (figura 12) são importantes para identificar a quantidade de matéria orgânica no corpo hídrico, pois ambas apontam a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica presente na água, na qual a DBO é responsável para identificar a quantidade de oxigênio necessária para oxidação bioquímica, já a DQO é destinada a quantificar a oxidação química (PARRON et al., 2011).

Analisando a Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO) (figura 12) da baía do Guajará, observa-se que o menor valor encontrado foi no PT03 CH com 5,2 mg/L e o maior no PT02 MCH com 14,3 mg/L. Todos os pontos analisados, nos dois períodos (chuvoso e menos chuvoso) estão apresentando DBO acima do permitido pelo CONAMA nº357/05, que é de até 5 mg/L O₂.

Segundo o Portal da Qualidade das Águas (ANA, 2017), concentrações altas de DBO, em um corpo hídrico, são ocasionadas pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente por esgotos domésticos. Dessa forma, a DBO descreve diretamente o teor de matéria orgânica nos corpos d'água sendo uma indicação do potencial do consumo de oxigênio dissolvido. Com isso, observa-se na figura 12, que conforme a concentração de DBO vai se elevando o OD diminui. Valores altos de DBO encontrados no rio ocasionam a diminuição do teor de OD, algo que acarreta a mortandade de peixes e extinção de outros organismos aquáticos. (SANTOS et al., 2014).

Ao avaliar o parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) (figura 12), obteve-se o menor valor no PT04 MCH com 12,5 mg/L e o maior valor no PT01CH com 27,3 mg/L. Não há valor estabelecido na resolução CONAMA nº357/05 para DQO. Contudo, a análise de DQO é necessária para saber o conteúdo orgânico da baía do Guajará.

Na análise de correlação do OD com DQO (figura 13), observa-se que esses parâmetros possuem correlação entre si. Tal correlação é inversamente proporcional, ou seja, quando há um aumento da DQO ocorre o decréscimo de OD. Tal resultado corresponde com a correlação de Pearson, em que o coeficiente de correlação foi de -0,844 e $p = 0,008$ o que indica correlação significativa.

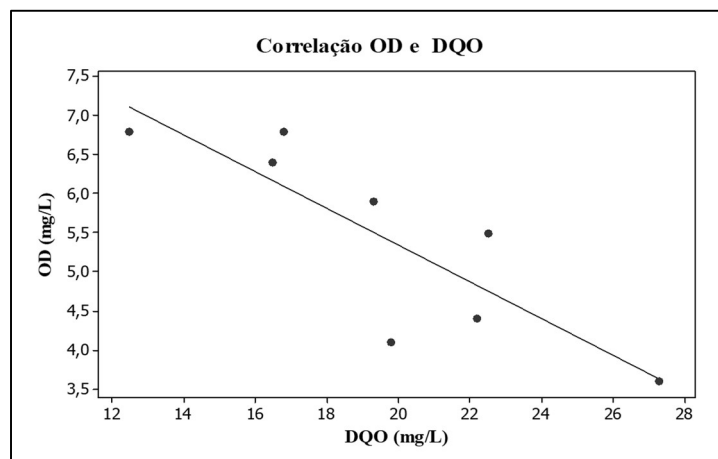


Figura 13: Correlação das concentrações do OD com as de DQO encontrados na baía do Guajará.

Quando avaliada as concentrações de nitrato (figura 14), a concentração mais baixa foi obtida no PT04 MCH com 0,4 mg/L e a maior no PT01 CH com 1,6 mg/L. Todos os teores de nitrato encontrado no estudo estão dentro do permitido pelo CONAMA nº357/05, no qual o valor limite é de 10 mg/L. Segundo Souto et al. (2006), em águas superficiais o íon nitrato ocorre geralmente em concentrações menores, podendo atingir níveis altos em águas subterrâneas.

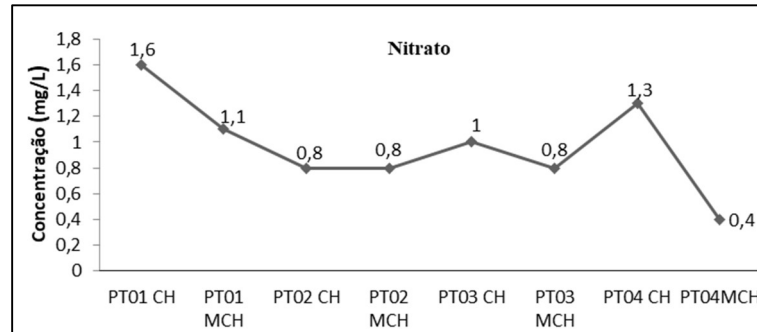


Figura 14: Média das concentrações por período de Nitrato na baía do Guajará.

É importante o controle da concentração de nitrato, pois em teor alto, ele pode acarretar prejuízos ambientais e trazer riscos para saúde da população, já que em pessoas adultas, a presença desse íon em água de consumo, pode ocasionar a deficiência de enzimas, e em crianças menores de um ano, o prejuízo é ainda maior, pois provoca a metemoglobinemia, conhecida também com “síndrome do bebê azul” (SILVA et al., 2014).

Na quantificação de cloretos na baía do Guajará, não foi encontrada concentração desse íon na região. Logo não houve excedência do valor estimado pela Resolução CONAMA nº357/05, que é de 250mg/L. É necessária a análise de cloretos constantemente na área de estudo, devido ele ser um indicador de poluição, que pode ser de origem antrópica ou geológica, através da lixiviação de rochas, esgotos domésticos e industriais (VASCONCELOS et al., 2011).

Na avaliação do nitrito, todos os valores para esse íon deram 0 (zero), com exceção do ponto PT01CH com 0,20 mg/L. Essa concentração está dentro do permitido pelo CONAMA nº357/05, em que delimita um limite de 1 mg/L de nitrito. Normalmente esse íon é encontrado em pequenas quantidades nas águas superficiais, devido ele ser instável na presença do oxigênio, advindo como uma forma intermediária (APDA, 2013).

Na análise dos coliformes termotolerantes (CT) (figura 15), o PT01 CH apresentou o maior valor, com 486775,0 NMP/100mL e o menor valor foi apresentado no PT04 MCH com 407,0 NMP/100mL. Com exceção do PT04 tanto do período chuvoso quanto do período menos chuvoso, todos os pontos ficaram fora do estabelecido pelo CONAMA nº357/05 que é de 1000 NMP/100mL. Através de tais resultados, intui-se que os pontos em estudo estão sofrendo poluição por esgoto doméstico, haja vista que os coliformes termotolerantes são indicadores dessa poluição antropogênica, já que são bactérias que ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente, tendo como representante principal a bactéria a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal (BRASIL, 2013).

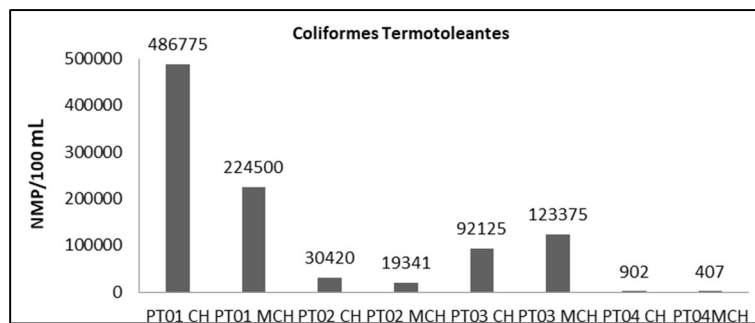


Figura 15: Análise dos Coliformes Termotolerante (NMP/mL) na baía do Guajará.

Apesar dessa bactéria não ser patogênica, sua presença em números elevados aponta para possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que provocam doenças de veiculação hídrica (ex: desintéria bacilar, febre tifóide, cólera). E isso prejudica diretamente a população que tem contato com a água da baía do Guajará, através de práticas de pesca e recreação (ANA, 2017).

Na avaliação geral dos pontos em relação aos parâmetros físico-químicos através da Análise dos Componentes Principais (ACP), obteve-se a porcentagem de explicação da variação dos dados de 77,8% (figura 16), com isso se observa a formação de três grupos, um no período menos chuvoso, outro no período chuvoso e o ponto P1CH. Esse ponto se diferencia dos demais pontos, devido seu destaque em relação a análise de coliformes termotolerante, pois verificou-se valores elevados de. Tal anomalia pode estar relacionada com a grande descarga de efluente nesse ponto, em que se agravou com o período chuvoso.

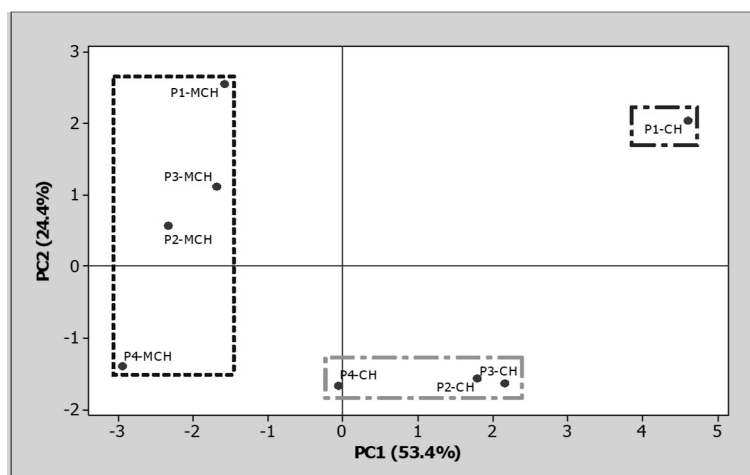


Figura 16: Análise dos componentes principais para os parâmetros físico-químicos dos pontos em estudo.

Segundo o levantamento de dados do Instituto Trata Brasil, o Brasil está entre os 10 piores países do mundo em relação ao saneamento básico. A situação é ainda mais agravante na região norte, em que apenas 16,4% dos esgotos gerados na região é tratado. E em Belém a taxa de coleta e tratamento de esgoto na cidade é de apenas 0,78%, colocando essa região entre as 20 piores cidades do Brasil nesse quesito. Ou seja, o sistema de esgoto da capital paraense é bastante precário e preocupante, haja vista que, principalmente nas regiões da periferia, o esgoto das casas é despejado em valas, córregos, nos rios e mesmo nas ruas. E isso gera graves problemas ambientais e para a saúde da população, já que podem provocar doenças que são transmitidas por meio hídrico ou pelo contato direto com o esgoto (BRASIL, 2018; IBGE, 2019).

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológico encontrados na pesquisa condizem

com a situação alarmante de saneamento básico de Belém, no qual aponta que a contaminação encontrada na baía do Guajará é proveniente do descarte de esgotos domésticos in natura, o que pode gerar danos irreversíveis para o ecossistema aquático e além de prejudicar a população que utiliza esse corpo hídrico para práticas de pescas ou recreação.

CONCLUSÕES

Os resultados da precipitação, demonstraram que durante o período chuvoso do ano de 2014, 2015 e 2016, a média da precipitação ultrapassou os das normais climatológicas. Tal fato pode ter exercido influência nos resultados dos parâmetros físico químicos da água, já que durante o período chuvoso do ano de 2015, o nível de contaminação na área de estudo foi elevado quando comparados com o período menos chuvoso. Isso está associado com o processo de arraste de matéria orgânica para o corpo hídrico, acompanhado do processo de lixiviação do solo que é intensificado pelo período de maior precipitação da região amazônica. Tais processos podem ser agravados pela atividade portuária que ocorre de forma constante na região em estudo. Além disso, a situação precária de saneamento básico da região metropolitana de Belém reflete fortemente na qualidade da água da baía do Guajará, devido o esgoto doméstico da região ser despejado de forma in natura nesse corpo hídrico. Isso afeta diretamente a biota aquática e da população, que usufrui desse local de estudo para práticas de esportes, lazer, pesca e turismo.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C.. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari. **Biota Amazônia**, v.5, n.2, p.119-131, 2015.

ALBUQUERQUE, M. F.; SOUZA, E. B.; OLIVEIRA, M. C. F.; JÚNIOR, J. A. S.. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, v.6, n.6, 2010.

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E.; TAVARES, C. R. G.; FILHO, E. E. S.; CARNIEL, A.. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v.30, n.1, p.39-48, 2008.

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

ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de Qualidade**. ANA, 2017.

APDA. Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de água. **Comissão Especializada da Qualidade da Água**. APDA, 2013.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; NECHET, D.; SÁ, T. D. A.. **Aspectos Climáticos de Belém nos Últimos Cem Anos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

BRASIL. **Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais**: Licenciamento Ambiental. Brasília: MMA, 2009.

BRASIL. **Porto de Belém**. Belém: Companhia Docas do Pará, 2017.

BRASIL. **Manual prático de análise de água**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Previsão de Raios para o Verão de 2015/2016**. Release ELAT nº 38. INPE, 2015.

BRASIL. Instituto Trata Brasil. **Acesso à Água nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil**: Desafios e Perspectivas. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2018.

BRASIL. Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil 2019 (SNIS 2017)**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2019.

CARVALHO, F. T.; VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A. L.; NEGRISOLI, E.; CASTRO, R. M.. Influência da Turbidez da Água do Rio Tietê na Ocorrência de Plantas Aquáticas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.2, p.359-362, 2005.

CONAMA. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente. **CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: CONAMA, 2005.

ESTEVEZ, F. A.. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

- ESTEVES, F. A.. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B.. Oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, n.22, 2005.
- GREGÓRIO, A. M. S.; MENDES, A. C. Batimetria e sedimentologia da baía de Guajará, Belém, estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.5, n.9, 2009.
- GREGÓRIO, A. M. S.. **Contribuição à gestão ambiental da Baía de Guajará (Belém -Pará - Amazônia) através de estudo batimétrico e sedimentológico**. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Belém/Pará**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M.. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, p.49-54, 2016.
- MENDES, L. S.; FERREIRA, I. M.. Influência da Sazonalidade na Qualidade da Água Bruta no Município de Ituiutaba –MG. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Hygeia, v.10, n.19, p.97-105, 2014.
- MIRANDA, A. G. O.; MENDES, A. C.. **Evolução Batimétrica da Baía de Guajará, Belém/PA**. ABEQUA, 2007.
- MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H.. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**, v.35, n.2, p.207-214, 2005.
- MORALES, G. P.; SANTOS, L. F. M.; FERREIRA, Y. A.; JÚNIOR, O. C. D.; VERA, M. A. P.. Análise dos parâmetros físico-químicos da água em função do comportamento da maré: um estudo de caso no Igarapé Tucunduba, Belém/PA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.22, p.177, 2015.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Região Hidrográfica da Amazônia**. MMA, 2017.
- NAIME, R.; FAGUNDES, R. S.. Controle da qualidade da água de Arroio Portão/RS. **Pesquisas em Geociências**, v.32, n.1, p.27-35, 2005.
- PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PERREIRA, C. M.. **Manual de procedimentos de amostras e análise físico-química de água**. Embrapa Florestas, 2011.
- PERREIRA, R. S.. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.1, n.1, p.20-36, 2004.
- PINTO, B. V.; GODOY, J. M.; ALMEIDA, M, C.. Características químicas e físico-químicas de águas subterrâneas do Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14. **Anais**. 2006.
- PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G.. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.12, n.3, 2017.
- SANTIAGO, A. V.; RIBEIRO, V. C.; COSTA J. F.; PACHECO, N. A.. Variabilidade e intensidade das Chuvas em Belém-Pa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 17. **Anais**. Guarapari: SESC Centro de Turismo de Guarapari, 2011.
- SANTOS, M. L. S.; HOLANDA, P.; PEREIRA, I.; RODRIGUES, S.; PEREIRA, J. A. R.; MESQUITA, K.. Influência das Condições da Maré na Qualidade de Água do Rio Guamá e Baía do Guajará. **Boletim Técnico Científico Cepnor**, v.14, n.1, p.17-25, 2015.
- SANTOS, S. R. Q.; BRAGA C. C.; BRANDÃO T. L. O.; BRITO, J. I. B.; SANTOS A. P. P.. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n.3, p.615-627, 2014.
- SILVA, O. R.; GOMES, M. B. M.. Impactos das atividades portuárias no sistema estuarino de Santos. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v.2, n.2, p.2318-3233, 2012.
- SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V.. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v.38, n.4, p.733-742, 2008.
- SILVA, L. C. M.; BROTTTO, M. E.. **Nitrato em água: ocorrência e consequências**. São Paulo: Faculdades Oswaldo Cruz, 2014.
- SOUSA, S. S.; SILVA, W. S.; MIRANDA, J. A. L.; ROCHA, J. A.. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú – MA. **Ciência e Natura**, v.38 n.3, p.1615-1625, 2016.
- SOUTO, M. A. M.; OKADA, M. M.; OKADA, I. A.; DOVIDAUSKAS, S.. A determinação de nitrato em águas por espectrofotometria UV: usos e precauções. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.65, n.1, p.66-69, 2006.
- TRENBERTH, K. E.. The Definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, n.12, 1997.
- VALLE JUNIOR, R. F. V.; ABDALA, V. L.; GUIDOLINI, J. F.; SIQUEIRA, H. E.; CANDIDO, H. G.. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Rio Uberaba – MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.14, n. 5, p.1-11, 2013.
- VAROTSOS, C. A.; TZANIS, C. G.; SARLIS, N. V.. On the progress of the 2015–2016 El Niño event. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.16, p.2007-2011, 2016.
- VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F.. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.6, n.2, p.305-324, 2011. DOI: <http://doir.org/10.4136/ambiagua.202>