

## QUALIDADE DAS ÁGUAS ESTUARINAS DO RIO PARÁ NA ZONA PORTUÁRIA DE VILA DO CONDE (MUNICÍPIO DE BARCARENA/PARÁ)

Danilo Patrick Moraes Ferreira <sup>1</sup> 

Bruno Santana Carneiro <sup>2</sup> 

Luís Carlos Amaral Marques <sup>3</sup> 

Maâmar EL - Robrini <sup>4</sup> 

### Destaques:

- Melhores Índices de Qualidades das Águas (IQA) foram mensurados na maré vazante.
- Teores mais elevados de Condutividade Elétrica ocorrem no período seco.

**Resumo:** O Complexo Portuário de Vila do Conde está situado nas imediações do rio Pará. Este trecho é caracterizado por morfologia rebaixada e planícies arenosas. O clima é tropical chuvoso de tipo Afi, com chuvas (média mensal de 336 mm), ventos do NE (média diária de 1,06 m/s<sup>-1</sup>), a meso-maré atinge 3,4 m de altura e correntes de até 1,8 m/s. O artigo tem por objetivo avaliar a qualidade das águas do rio Pará (Vila do Conde), utilizando o IQA. Realizou-se 5 campanhas de amostragem, duas no período chuvoso, uma no período de transição e duas no período seco, em 7 estações (nas imediações do Porto), nos instantes de vazante e enchente. Os procedimentos foram realizados de acordo com os métodos delineados no Guia nacional de coleta e preservação de amostras, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)* e *United States Environmental Protection Agency (US EPA)*. As variáveis permitiram inferir que, em média, as águas estuarinas apresentam melhores valores de IQA na maré vazante. Mensurou-se (média) menores e maiores concentrações de Coliformes Termotolerantes (CTT) (71 a 1559 NMP/100 mL<sup>-1</sup>) e Oxigênio Dissolvido (OD) (7,35 a 7,59 mg/L<sup>-1</sup>), respectivamente, também na maré vazante.

**Palavras-chave:** Porto de Vila do Conde; IQA no rio Pará; Barcarena; Estuário do rio Pará; Meso maré.

### QUALITY OF ESTUARINE WATERS OF PARÁ RIVER IN THE PORT AREA OF VILA DO CONDE (MUNICIPALITY OF BARCARENA/PARÁ)

**Abstract:** The Vila do Conde Port Complex is located in the surroundings of the Pará River. This stretch is characterized by low morphology and sandy plains. The climate is tropical wet (type Afi), with rainfall (monthly average of 336 mm), NE winds (daily average of 1.06 m/s<sup>-1</sup>), the mid tide reaches 3.4 m in height and currents of up to 1.8

<sup>1</sup> Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: danilomoraesferreira@outlook.com

<sup>2</sup> Pesquisador do Instituto Evandro Chagas (IEC). E-mail: brunocarneiro@iec.gov.br

<sup>3</sup> Analista de Projeto de Monitoramento de Qualidade de Água no Instituto Evandro Chagas (IEC). E-mail: luisc.marques@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor Titular da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: robrini@ufpa.br

m/s. The purpose of this study is to evaluate the quality of the estuarine waters of the Pará River (Vila do Conde), using WQI. Five sampling campaigns were carried out, two in the rainy season, one in the transition period and two in the dry period, in 7 stations (in the surroundings of Porto), at the moments of ebb and flow. The procedures were performed in accordance with the methods outlined in the National Guide for Sample Collection and Preservation, SMEWW and US EPA. The variables allowed to infer that, on average, estuarine waters present better values of WQI at low tide. Lower and higher concentrations of thermotolerant coliforms (TTC) (71 to 1559 MPN/100 mL<sup>-1</sup>) and dissolved oxygen (DO) (7.35 to 7.59 mg / L<sup>-1</sup>) were measured (mean), in the ebb tide, respectively.

**Keywords:** Port of Vila do Conde; WQI in the Pará river; Barcarena; Estuary of the Pará River; Mid tide.

## CALIDAD DE LAS AGUAS ESTUARINAS DEL RIO PARÁ EN EL PUEBLO DE LA ZONA DEL PUERTO DE CONDE (MUNICIPIO DE BARCARENA/PARÁ)

**Resumen:** El Complejo Portuario de Vila do Conde se ubica en las inmediaciones del río Pará. Este tramo se caracteriza por una morfología baja y llanuras arenosas cortas. El clima es tropical lluvioso tipo Afi, con precipitaciones (promedio mensual de 336 mm), vientos del NE (promedio diario de 1,06 m/s-1), la meso-marea alcanza los 3,4 m de altura y corrientes de hasta 1,8 m/s. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad de las aguas estuarinas del río Pará (Vila do Conde), utilizando el ICA. Se realizaron cinco campañas de muestreo, dos en la época de lluvias, una en el período de transición y dos en la época seca, en 7 estaciones (en las cercanías del Puerto), durante el reflujó y el flujo. Los procedimientos se realizaron de acuerdo con los métodos descritos en la Guía Nacional para la Recolección y Preservación de Muestras, SMEWW y US EPA. Las variables permitieron inferir que, en promedio, las aguas estuarinas presentan mejores valores de ICA en marea baja. Midieron concentraciones menores y mayores de CTT (71 a 1 559 NMP/100 mL<sup>-1</sup>) y OD (7.35 a 7.59 mg/L<sup>-1</sup>) (media), durante la marea baja, respectivamente.

**Palabras clave:** Puerto de Vila do Conde; ICA en el río Pará; Barcarena; Estuario del río Pará; Meso-marea.

## INTRODUÇÃO

A água é um natural indispensável para a sobrevivência humana e essencial para o desenvolvimento da maioria das nossas atividades (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2014).

As zonas portuárias possuem papel importante, tanto do ponto de vista econômico quanto geográfico, pois estes locais estratégicos estão próximos de polos industriais e são imprescindíveis na rota de escoamento de diversos produtos (ex: soja) (BEBIANNI *et al.*, 2015).

As atividades desenvolvidas nas áreas portuárias muitas vezes oneram os ambientes onde as mesmas estão localizadas (TROZZI; VACCARO, 2000). Relatam-se vários impactos ambientais nestas zonas, dentre eles estão, a

emissão de ruídos, despejo de substâncias orgânicas voláteis (ex: etanol) e poluição da água por óleos (ZOBBI, 2017). Estas consequências podem ser provenientes de atividades antrópicas que ocorrem nestas áreas, por exemplo, despejos acidentais de óleos, transporte de cargas, reparos de navio, operações de carregamento e abastecimento, estaleiros e emissões de águas residuárias (BOCCHETTI *et al.*, 2008).

Dependendo do tipo de contaminação, pode ocorrer o despejo inadequado de substâncias orgânicas (ex: matéria carbonácea, compostos fosfatados e nitrogênio orgânico) na biota aquática, eutrofização (enriquecimento de nutrientes), proliferação de bactérias aeróbias, consumo elevado de oxigênio dissolvido (OD) e mortandade de peixes (SMITH *et al.*, 2017). A perda de qualidade das águas nos estuários é, em regra geral, é uma forma de poluição da água (KARYDIS; KITSIOU, 2013). As causas do declínio da qualidade das águas estuarinas podem estar relacionadas a liberações de água agrícola (resíduos de água utilizada em irrigações), efluentes domésticos e industriais (ALEXAKIS, 2011; BROCKMEYER; SPITZY, 2011), alterando as propriedades físico-químicas e biológicas de água (KITSIOU; KARYDIS, 2011; KARYDIS; KITSIOU, 2013), e conseqüentemente, diminuindo as concentrações de oxigênio dissolvido (BREITBURG *et al.*, 2009).

Alguns acidentes em regiões portuárias podem ser citados: (i) Porto de Paranaguá (15/11/2004) - incêndio à bordo do navio Vicuña (Chile) ocasionou extravasamento de 5.000 m<sup>3</sup> de óleo combustível marítimo e 1.000 m<sup>3</sup> de metanol (CH<sub>3</sub>OH) nas águas da Baía de Paranaguá, afetando ecossistemas estuarinos e marinhos (ex: manguezais, marismas, praias e costões)(POFFO, 2011); Porto de Santos (16/02/2008) - problema técnico à bordo de um navio, em fase de abastecimento (óleo combustível marítimo) no Terminal de Exportação de Veículos, ocasionou extravasamento de cerca de 1.000 litros de óleo para as águas estuarinas; (iii) imediações do Porto de Vila do Conde – naufrágio da Balsa Miss Rondônia (2000), com 1.900 toneladas de óleo combustível (PAZ; FRÉDOU, 2011); (iv) naufrágio do navio Boiadeiro Haidar (2015), com carga bovina viva (RODRIGUES; SZLAFSZTEIN, 2013).

O Brasil possui um litoral de 8.694 km (CARVALHO, 2015), onde estão instalados 37 portos públicos. Estão inclusos nesta categoria os portos

administrados pela união, ou por municípios (funções delegadas), estados ou consórcios públicos. Inserido nesta realidade está o Complexo Portuário de Vila do Conde (Barcarena/Pará), o qual é tido como área estratégica por diversas características, como a sua grande extensão de frente acostável e fácil acesso fluvial e rodoviário. Dentro deste, o Porto de Vila do Conde, tem como função a operação com granéis minerais (maiores movimentações), granéis agrícolas, líquidos, carga viva, carga geral e contêineres (CDP, 2018).

A região estuarina nos entornos do Complexo Portuário Vila do Conde (Barcarena/Pará) já foi tema de algumas pesquisas: Influência da Sazonalidade sobre os Parâmetros Físico-Químicos das Águas do Furo do Arrozal - Barcarena (Pará)(RIBEIRO, 2018); Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, Pará (PIRATOBA *et al.*, 2017); Concentração de hidrocarbonetos alifáticos e metais pesados na zona portuária de Vila do Conde, Rio Pará (OLIVEIRA *et al.*, 2017); Biodiversidade e densidade de cianobactérias em uma região portuária e industrial no estuário amazônico, Pará (LEMOS, 2017); Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará (MEDEIROS *et al.*, 2016); Monitoramento da qualidade da água subterrânea de uma região de intensa atividade portuária no Pará (CARNEIRO *et al.*, 2015); Biodiversidade e densidade de cianobactérias em uma região portuária e industrial no estuário amazônico, Pará (GOMES, 2013).

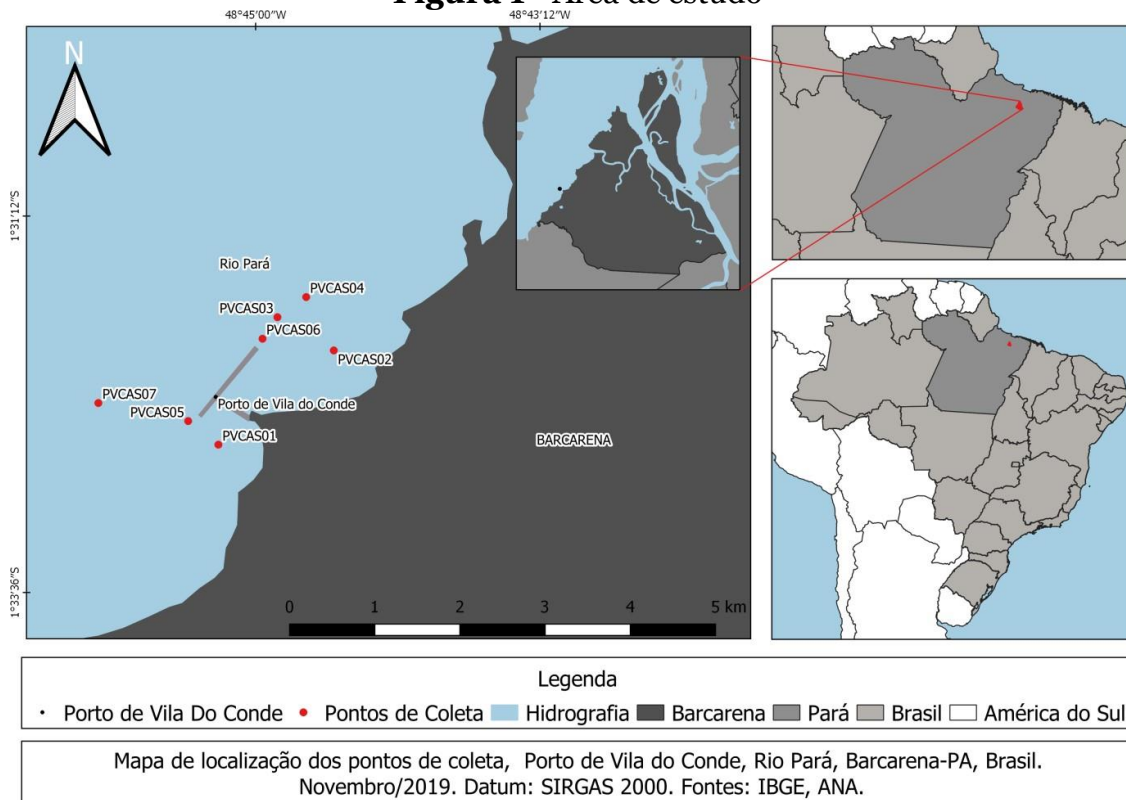
Este artigo tem por objetivo analisar a qualidade das águas estuarinas utilizando o Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas imediações do Porto de Vila do Conde (Barcarena, Pará).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de investigação**

A área de estudo (Figura 1) fica localizada no rio Pará, nas imediações do Porto de Vila do Conde (Barcarena), a 110 km de Belém. O acesso ao Porto é realizado através da rodovia PA.

Figura 1 - Área de estudo



Fonte: Elaborados pelos autores.

## Complexo portuário de vila do Conde

Em toda a margem do estuário do rio Pará, desde o Furo de Arrozal até a praia do Beja, têm-se vários portos e terminais de uso privativo, que são conectados ao canal de acesso do Quiriri para o Oceano Atlântico Sul. Entre estes, o Porto de Vila do Conde, o qual está delineado na figura 2, com profundidades entre 13 a 15 m, recebe uma média de 32 navios/mês. A zona portuária é organizada em três setores: (1) Área de atracação é formada por vários píeres, (2) Área de acesso é formada por duas pontes e (3) Área de estocagem, com tanques de óleo combustível e soda cáustica e pátios de contêineres (CDP, 2018). A bauxita e alumina (compostos a base de alumínio+10.000.000 toneladas) representam, 66 % do fluxo de mercadorias movimentadas. As demais cargas são carvão (657.753 t), soda cáustica (1.130.350 t), alumínio (506.862 t), óleo combustível (803.334 t), coque (803.334 t), manganês (155.249 t), boi vivo (245.755 t), ferro-gusa (140.980 t), madeira (240.548 t). As demais cargas representam aproximadamente 752.438 toneladas (5 % do total) (CDP, 2018).

**Figura 2 - Porto vila do Conde**



Fonte: Google Earth.

### **Amostragem**

Para avaliação da qualidade das águas estuarinas na área de investigação foram executadas coletas de amostras em Janeiro e Fevereiro (período chuvoso), Junho (transição) e Agosto e Setembro (seco) de 2018. As amostragens foram realizadas durante a vazante (intervalo de tempo durante o qual o nível de água é baixo) e enchente (intervalo de tempo durante o qual o nível de água se eleva), uma em cada ciclo. A área de estudo possui 7 estações de coleta (Figura 1).

### **Análises físico-químicas e microbiológicas**

Todos os procedimentos de amostragem foram baseados do Guia nacional de coleta e preservação de amostras (CETESB, 2011). Em contrapartida, as análises foram realizadas de acordo com metodologias estabelecidas (Tabela 1) no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) e *United States Environmental Protection Agency* (US EPA).

**Tabela 1** - Parâmetros físico-químicos, siglas, símbolos, métodos e unidades

Variável	Sigla/símbolo	Método	Unidade
<b>Potencial Hidrogeniônico</b>	pH	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4500-H <sup>+</sup> B	U
<b>Temperatura</b>	TEMP	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 2550 B	°C
<b>Salinidade</b>	SAL	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 2520 B	PSU
<b>Condutividade Elétrica</b>	CE	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 2510 B	µs.cm <sup>-1</sup>
<b>Sólidos Totais Dissolvidos</b>	STD	SMEWW 23 <sup>a</sup> Ed. 2510 A	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	OD	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4500-O G	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Turbidez</b>	TUR	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 2130 B	NTU
<b>Sólidos Totais em Suspensão</b>	STS	Método Fotométrico 8006 HACH®	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio</b>	DBO	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 5210 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>N-amoniacal</b>	N-NH <sub>3</sub>	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4110 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>N-Nitrito</b>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4110 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>N-Nitrato</b>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4110 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Sulfato</b>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4110 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Nitrogênio Total</b>	N	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4500 C	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Fosfato</b>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4110 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Fósforo Total</b>	P	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4110 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Sódio</b>	Na <sup>+</sup>	USEPA 9056 A	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Potássio</b>	K <sup>+</sup>	USEPA 9056 A	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Magnésio</b>	Mg <sup>+2</sup>	USEPA 9056 A	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Cálcio</b>	Ca <sup>+2</sup>	USEPA 9056 A	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Cloreto</b>	Cl <sup>-</sup>	SMEWW, 23 <sup>a</sup> Ed. 4110 B	mg.L <sup>-1</sup>
<b>Coliformes termotolerantes</b>	CTT	SMEWW, 23 <sup>o</sup> Ed. 9223 B	NMP.100 mL <sup>-1</sup>

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017).

### Análises estatísticas

Estudos estatísticos descritivos (média, máximo, mínimo, moda, mediana) correlação de Pearson e análises multivariadas (PCA) foram realizados utilizando o software Minitab18 (Minitab Inc.) e *Microsoft Excel* 2016.

## Índice de qualidade da água (IQA)

Em 1970, a “*National Sanitation Foundation*” selecionou 35 parâmetros para realizar avaliação da qualidade da água, entretanto, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), após diversos estudos, selecionou nove parâmetros considerados relevantes para avaliação da qualidade da água (pH, temperatura, sólidos totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), turbidez, coliformes termotolerantes, OD, nitrogênio e fósforo total) (FALQUETO, 2008). Esta adaptação e implementação do IQA se deu a partir de diversos estudos de especialistas de qualidade das águas, onde considerou-se as variáveis a serem indicadas, peso e condicionamento estabelecido para cada parâmetro, de acordo com uma escala (valores de rating) (CETESB, 2017).

O IQA é um método comumente utilizado para fazer classificação da qualidade de águas subterrâneas e superficiais, particularmente em rios, e tem desempenhado uma função cada vez mais importante na gestão dos recursos hídricos (Wu et al., 2018). O cálculo do IQA é feito utilizando a equação abaixo (CETESB, 2017):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

**IQA:** Índice de Qualidade das águas, um número entre 0 e 100;

**qi:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e;

**wi:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

em que:

**n:** número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A indisponibilidade de algum parâmetro supracitado inviabiliza o cálculo do IQA. Após a realização dos cálculos do IQA, realiza-se a classificação da qualidade das águas, a qual está em um intervalo que varia de 0 a 100 (tabela 2).



**Tabela 2 - Classificação**

<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2017).

## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INVESTIGAÇÃO**

### **Rio Pará**

O rio Pará é considerado um conjunto hidrográfico sem nascente própria e os seus principais formadores são: rios Araguaia, Tocantins, Capim, Acará, Moju, Guamá, Anapu, Jacundá, Pacajás e Araticum. Percebe-se forte influência das águas do rio Amazonas no rio Pará, as quais são trazidas pelo “furo” de Breves. Além disso, é perceptível elevação no grau de salinidade no rio Pará nas imediações de Vigia, São Caetano de Odivelas, Salvaterra e Soure (áreas de extensos manguezais) (TRINDADE; GORAYEB, 2005). Destaca-se que o rio Pará delimita a costa leste, sul e sudeste da ilha do Marajó e possui largura significativa (SOUZA, 2006).

### **Tipo de clima e parâmetros meteorológicos**

O clima da região é caracterizado como tropical chuvoso de tipo Afi, com baixas amplitudes térmicas e com chuvas ao longo do ano, entretanto, com variações pluviométricas no decorrer dos meses (PAZ *et al.*, 2011). A avaliação das medições diárias de temperatura ao longo de 2018 registraram o valor máximo, média e mínimo de 35,1, 26,7 e 21,7°C. (INMET, 2018). O período de maior pluviosidade está entre Dezembro a Maio, onde verificou-se em 2018 precipitações na faixa de 339 a 631 mm. Em contrapartida, o intervalo de Agosto a Novembro (período seco) apresenta índices que variam entre 107 a 315 mm. A região é significativamente úmida e, de acordo com Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os índices de umidade no ano de 2018 variaram de 37 a 93 %. Destaca-se também que a média deste parâmetro meteorológico foi de 61 % (INMET, 2018). O vento apresenta velocidade média de 1,0681 m/s, mínima e máxima de 0,0333 e 2,9667 m/s, respectivamente (INMET, 2018).

## **Aspectos geológicos e oceanográficos**

No município de Barcarena, somente os sedimentos do Cenozóico afloram, os quais são representados pelos sedimentos terciários (Mio-Pleistoceno) e Quaternário (Pleistoceno-Holoceno) do Grupo Barreiras. Este grupamento engloba grande parte da geologia na parte continental, enquanto os sedimentos da Formação do Pós-Barreiras e recentes (Quaternário) são dominantes na região insular do município, exceto na Ilha de São Mateus, e nas margens dos rios. Por outro lado, a Formação Pirabas ocorre na profundidade de 250 m nesta região (CDP, 2018).

Em virtude da sua localização, o Porto de Vila do Conde está protegido das ondas oceânicas, tendo influencia somente das ondas constituídas no rio. A altura máxima das ondas é de 0,84 m de amplitude com período de 3,5 s (CDP, 2018). A amplitude máxima da maré é de 3,4 m.

## **RESULTADOS**

### **Parâmetros físico-químicos**

Na área de investigação, os parâmetros abióticos estudados apresentaram variações sazonais (período de transição e seco). Dentre os períodos estudados, os valores máximos de pH foram medidos durante a transição, a temperatura da água, CE, STD, STS, Sólidos Totais, OD e Turbidez durante o período seco.

Sazonalmente, o pH variou entre ácido e alcalino (6,24 e 12,82) (Tabela 3), entretanto, a temperatura da água variou entre 30,30°C (período seco) e 28,32°C (chuvoso) (média de 29,31°C e variação máxima de 1,98°C), confirmando a homogeneidade térmica das águas tropicais. A CE variou entre 374  $\mu\text{s.cm}^{-1}$  (seco) e 49,00  $\mu\text{s.cm}^{-1}$  (chuvoso), o STD entre 239  $\text{mg.L}^{-1}$  (seco) e 31,36  $\text{mg.L}^{-1}$  (chuvoso) e o STS, entre 20,00  $\text{mg.L}^{-1}$  e 4,00  $\text{mg.L}^{-1}$  e os Sólidos Totais, entre 253,36  $\text{mg.L}^{-1}$  e 38,36  $\text{mg.L}^{-1}$ , no mesmo período (Tabela 3). A variação nas concentrações de OD foi bastante significativa nos períodos chuvoso (7,79 a 7,37  $\text{mg.L}^{-1}$ ) e transição (7,32 a 7,7,13  $\text{mg.L}^{-1}$ ), no seco, contudo, essa variação foi relativamente superior (7,90 a 7,19  $\text{mg.L}^{-1}$ ). A turbidez variou entre 22,10 UNT (seco) e 7,00 UNT (chuvoso).

Os nutrientes dissolvidos variaram sazonalmente e as concentrações máximas dos nutrientes estudados ocorreram em geral, no período chuvoso e mostraram um decréscimo nos outros períodos (transição e seco), exceto para o DBO, Cálcio (seco) e N-amoniaco (transição). O cloreto teve a sua variação, entre 8,50 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso) e 1,01 mg.L<sup>-1</sup> (transição). O fosfato decresceu de 0,82 a 0,04 mg.L<sup>-1</sup>, entre o período chuvoso e seco e a sua variação sazonal foi de 0,78 mg.L<sup>-1</sup> (Tabela 3). O fósforo total decresceu também de 0,27 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso) a 0,00 mg.L<sup>-1</sup> (transição). O DBO teve uma grande variação, passando de 8,20 mg.L<sup>-1</sup> (seco) a 0,10 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso), com uma diferença de 8,10 mg.L<sup>-1</sup>. O CTT passou de 7.270,00 NMP.100 mL<sup>-1</sup> (chuvoso) a 7,40 NMP.100 mL<sup>-1</sup> (seco), com uma grande variação de 7.262,60 NMP.100 mL<sup>-1</sup>. O nitrogênio total e o nitrato não variaram muito 0,73 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso) e 0,00 mg.L<sup>-1</sup> (transição e seco) (Tabela 3).

O n-amoniaco e nitrito não variaram expressivamente, respectivamente de 0,03 mg.L<sup>-1</sup> (transição) a 0,00 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso/seco) e de 0,01 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso) e 0,00 mg.L<sup>-1</sup> (transição/seco). O sulfato variou entre 38,50 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso) e 0,45 mg.L<sup>-1</sup> (transição), com uma diferença de 38,05 mg.L<sup>-1</sup>. O sódio teve uma faixa de concentração de 28,20 mg.L<sup>-1</sup> a 0,83 mg.L<sup>-1</sup>. O potássio variou de 2,70 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso) a 0,49 mg.L<sup>-1</sup> (seco). A concentração de magnésio passou de 1,76 mg.L<sup>-1</sup> a 0,24 mg.L<sup>-1</sup> no período chuvoso, entretanto, o cálcio foi de 5,26 mg.L<sup>-1</sup> (seco) a 0,62 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso). A salinidade foi de 0,16 a 0,02, caracterizando esta área como Zona de Rio (estuário superior do rio Pará), sofrendo apenas a dinâmica dos efeitos das marés (Tabela 3).

### **Teste estatístico ANOVA**

Realizou-se o teste estatístico ANOVA fator 1, critério para comparação de médias. O nível de significância adotado para este teste foi  $\alpha = 0,05$ , no qual valores obtidos com  $\alpha > 0,05$  representam médias homogêneas (hipótese nula) e  $\alpha < 0,05$  médias heterogêneas (hipótese alternativa). Por intermédio deste teste, constatou-se que o período chuvoso apresentou teores homogêneos (hipótese nula) para CE ( $p = 0,235$ ), STD ( $p = 0,235$ ), OD ( $p = 0,305$ ), turbidez ( $p = 0,187$ ) e DBO ( $p = 0,104$ ). Executou-se também o mesmo teste para o período seco e identificou estes valores CE ( $p = 0,141$ ), STD ( $p = 0,141$ ), OD ( $p =$

0,797), turbidez ( $p= 0,414$ ) e DBO ( $p= 0,056$ ). Calculou-se as concentrações (médias) para CE, STD, DBO e turbidez em três grandes grupamentos, os quais são: período chuvoso (janeiro/fevereiro - primeiro grupamento), transição (junho/segundo grupamento) e seco (agosto/setembro - terceiro grupamento).

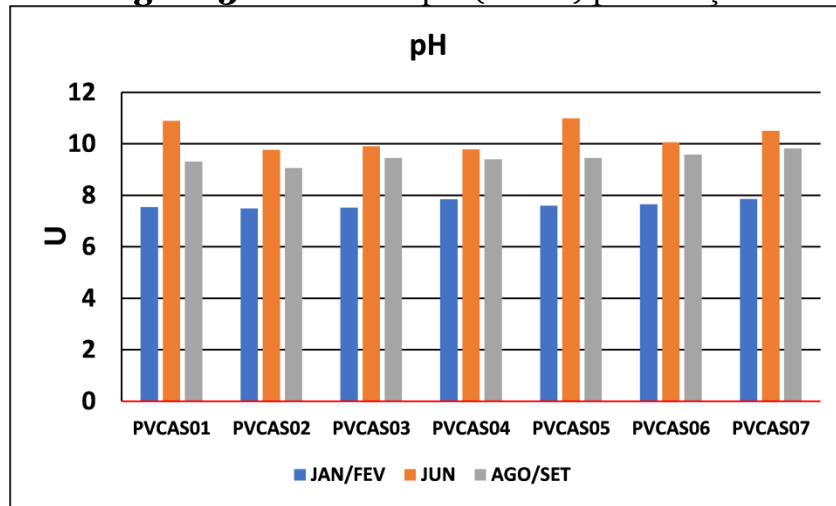
**Tabela 3** - Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos (por sazonalidade)

	Unidade	Período chuvoso (janeiro/fevereiro de 2018)				Período de transição (junho de 2018)				Período seco (agosto/setembro de 2018)			
		Máximo	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mínimo
<b>pH</b>	U	9,42	7,64	0,80	6,24	12,82	10,26	1,22	8,95	10,49	9,44	0,51	8,56
<b>Temperatura</b>	°C	30,26	29,12	0,47	28,32	30,08	29,52	0,31	28,86	30,30	29,58	0,33	28,95
<b>CE</b>	µs.cm <sup>-1</sup>	239,00	86,64	41,27	49,00	137,00	95,50	13,51	79,00	374,00	123,61	52,84	87,00
<b>STD</b>	mg.L <sup>-1</sup>	152,96	55,45	26,41	31,36	87,68	61,12	8,64	50,56	239,36	79,11	33,82	55,68
<b>STS</b>	mg.L <sup>-1</sup>	16,00	7,68	2,84	4,00	7,00	6,64	0,48	6,00	20,00	12,86	1,83	11,00
<b>Sólidos Totais</b>	mg.L <sup>-1</sup>	160,96	63,13	26,83	38,36	87,68	66,33	7,82	53,76	253,36	91,97	34,05	68,68
<b>OD</b>	mg.L <sup>-1</sup>	7,79	7,55	0,12	7,37	7,32	7,21	0,06	7,13	7,90	7,37	0,14	7,19
<b>Turbidez</b>	UNT	21,00	9,96	2,90	7,00	17,70	13,10	2,35	10,60	22,10	15,20	1,83	12,10
<b>Cloreto</b>	mg.L <sup>-1</sup>	8,50	3,89	1,81	1,42	3,63	2,01	0,58	1,01	8,39	3,74	1,82	1,33
<b>Fosfato</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0,82	0,34	0,23	0,09	0,39	0,39	0,00	0,39	0,30	0,16	0,08	0,04
<b>Fósforo Total</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0,27	0,11	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,05	0,02	0,01
<b>DBO</b>	mg.L <sup>-1</sup>	5,60	3,73	1,93	0,10	6,20	6,10	0,10	6,00	8,20	7,53	2,34	7,20
<b>CTT</b>	NMP.100 mL <sup>-1</sup>	7270,00	1515,05	2149,55	47,30	1553,10	254,51	380,82	45,00	365,40	121,23	98,70	7,40

Fonte: Elaborado pelos autores.

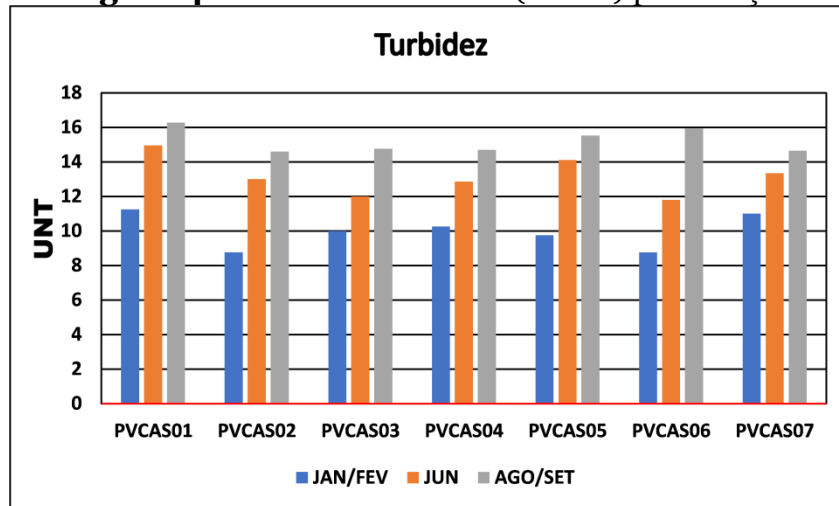
As maiores concentrações mensuradas, em média, para turbidez (22,10 UNT), Condutividade Elétrica (374  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), Sólidos Totais Dissolvidos (239,60 mg/L) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (8,20 mg/L) foram quantificadas no primeiro grupamento e estão delineadas na figura 4, 5, 6 e 7, respectivamente. A maioria dos pontos possuem concentrações mais elevadas para CE, turbidez, DBO, STD no terceiro grupamento. Verificou-se também, em média, pHs mais alcalinos no período de transição (figura 3).

**Figura 3 - Valores de pH (média) por estação**



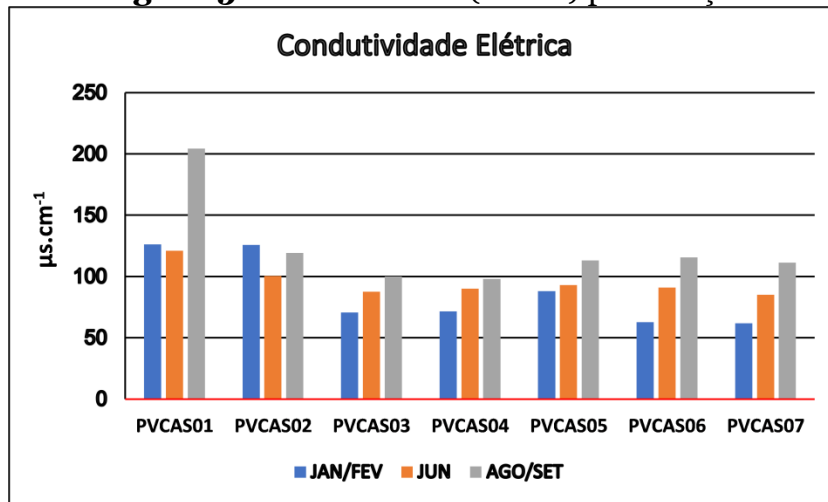
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 4 - Valores de turbidez (média) por estação**



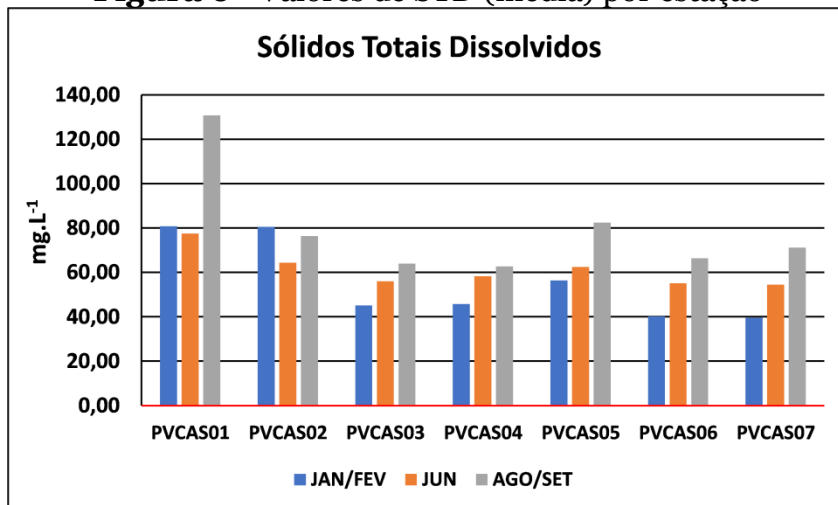
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 5 - Valores de CE (média) por estação**



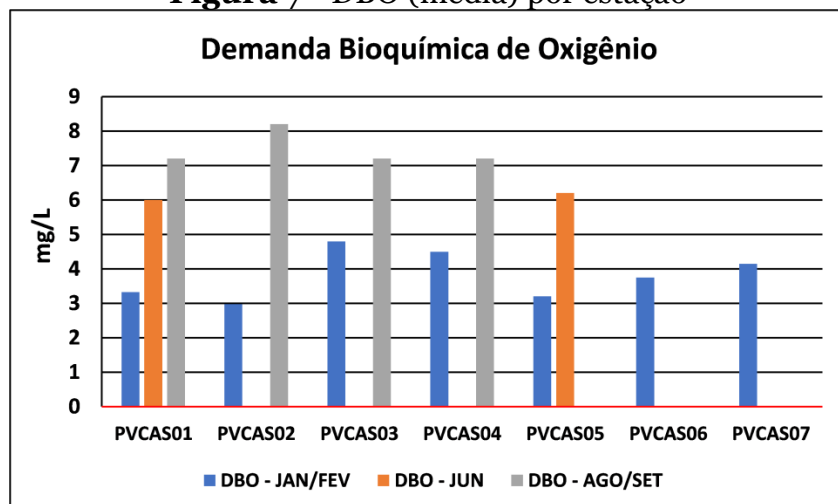
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 6 - Valores de STD (média) por estação**



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 7 - DBO (média) por estação**

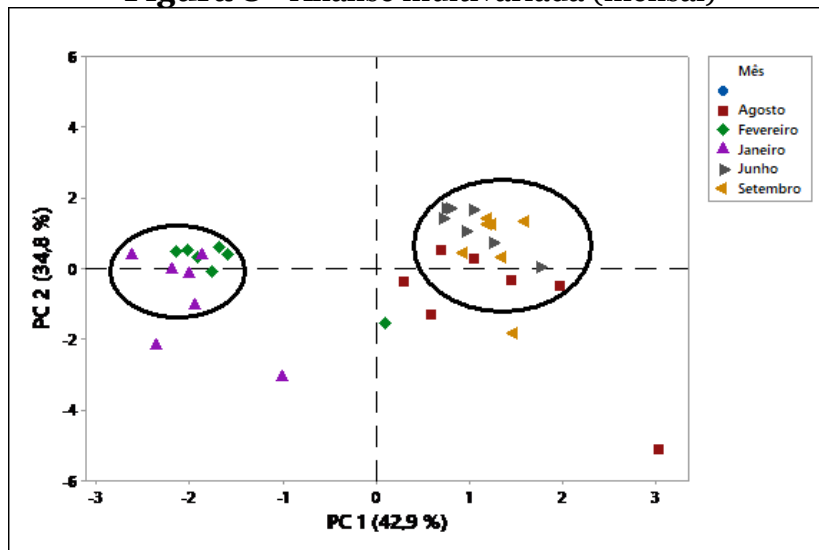


Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise de componentes principais classificada de acordo com os meses de amostragem (figura 8) revelou a formação de dois grupamentos. O primeiro é composto majoritariamente pelas estações contidas em janeiro e fevereiro e o segundo pelas estações caracterizadas em junho, agosto e setembro.

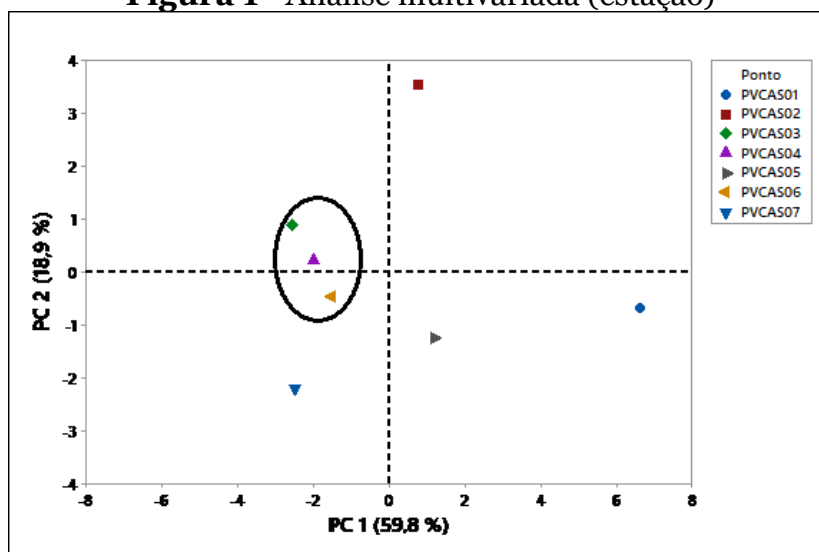
A figura 9 apresenta a análise de componentes principais realizada por estação, na qual delineou-se o grupamento contendo os pontos PVCASo3, PVCASo4 e PVCASo6.

**Figura 8 - Análise multivariada (mensal)**



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 1 - Análise multivariada (estação)**

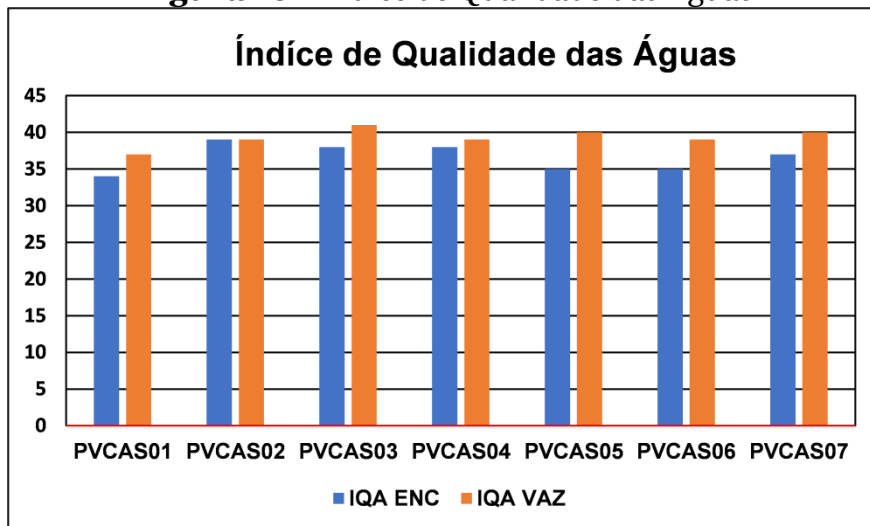


Fonte: Elaborado pelos autores.



A figura 10 apresentou, em média, predominantemente melhores valores de IQA para as estações detalhadas na enchente do rio Pará.

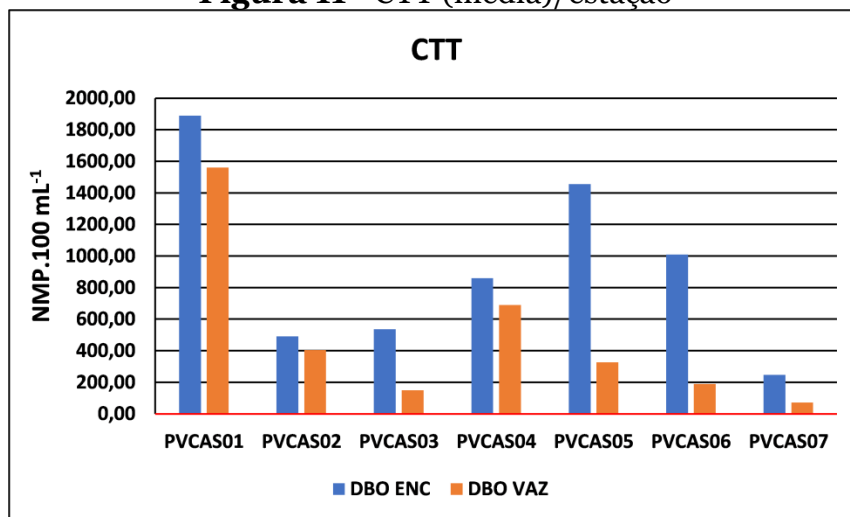
**Figura 10 - Índice de Qualidade das Águas**



Fonte: Elaborado pelos autores.

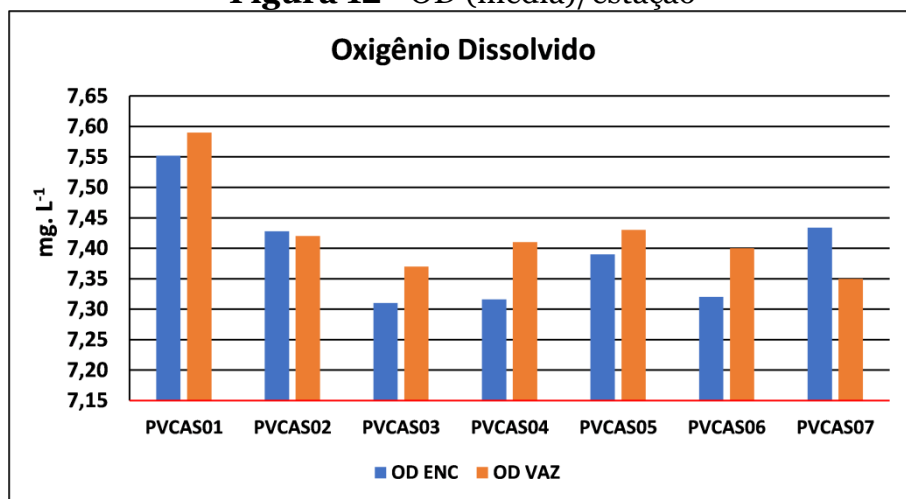
O cálculo das concentrações (média) de CTT e OD por maré (Figuras 11 e 12) detalham maiores valores, em grande parte, na maré enchente para CTT e na vazante para OD. O maior valor de OD foi mensurado no Ponto 01 - vazante ( $7,59 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e CTT no Ponto 01 - enchente ( $1888,64 \text{ NMP.mL}^{-1}$ ).

**Figura 11 - CTT (média)/estação**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 12 - OD (média)/estação



Fonte: Elaborado pelos autores.

## DISCUSSÃO

De acordo com Piratoba *et al.* (2017), na orla de Barcarena, os resíduos sólidos, efluentes industriais e esgoto doméstico são lançados em corpos receptores, alterando as suas características físicas, químicas e Microbiológicas. Entretanto, no Complexo portuário, ainda é provável que efluentes provenientes dos navios podem ser despejados, durante o trânsito e/ou as operações (SERAFIN; HENKES, 2013).

### Parâmetros físico-químicos

Em regra geral, a precipitação é o fator mais importante na renovação e manutenção de águas de estuários tropicais (COSTA *et al.*, 2018), e diante disso, estes podem ter os seus parâmetros físico-químicos sensíveis à sazonalidade (chuvoso, transição, seco) e a ação antrópica. No estuário do rio Pará, os parâmetros estudados variaram em escala temporal de acordo com as estações do ano em associação com o clima da região amazônica, condicionantes como descarga fluvial, pelos efeitos da precipitação, vento, maré e correntes associadas, ação ligada às atividades econômicas na região. Os dados de salinidade (0,16 a 0,02) mostram que este trecho do estuário representa a ZR e sofre apenas os efeitos da dinâmica das marés. As águas do estuário do rio Pará tiveram elevada estabilidade térmica temporal, típica de águas estuarinas tropicais.

Em geral, os parâmetros abióticos variaram sazonalmente (período de transição e seco). Dentre os períodos estudados, os valores máximos de pH foram medidos durante a transição, a temperatura da água, CE, STD, STS, Sólidos Totais, OD e Turbidez durante o período seco. Entretanto, as concentrações máximas dos nutrientes estudados ocorreram, no período chuvoso e mostraram um decréscimo nos outros períodos (transição e seco), exceto para o DBO, Cálcio (seco) e N-amoniaco (transição).

Destaca-se também que o lançamento do esgoto e/ou efluente doméstico não tratado em cursos de rios pode favorecer o aumento da matéria orgânica, da quantidade de nutrientes na água e de determinados microrganismos, podendo provocar a eutrofização das águas. Além de alterar os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, pode levar a diminuição e/ou mortalidade das espécies e proliferação de algas e cianobactérias, que podem produzir substâncias nocivas à saúde.

A água sem tratamento pode facilitar a propagação de doenças (como febre tifoide, cólera, leptospirose e hepatite A, entre outros), pois deve apresentar altas quantidades de poluentes e de agentes biológicos que podem causar doenças, incluindo bactérias, vírus, e parasitas. Ressalta-se ainda que as comunidades locais se abastecem de poços de água rasos, localizados nas áreas rebaixadas e inundáveis. Os rejeitos (esgotos e outros) alteram a composição química da água, impactando diretamente a vida aquática, devido ao acúmulo de matéria orgânica, que propicia o surgimento de micro-organismos, diminuindo a quantidade do oxigênio na água, e comprometendo a qualidade da água estuarina e a vida aquática.

Os nutrientes presentes no esgoto (por exemplo, o nitrogênio e fósforo), podem provocar a eutrofização. Marinho *et al.* (2016), apresentaram o perfil de morbidade por doenças infecciosas e parasitárias (Sistema Único de Saúde, período de 2008 a 2012) de veiculação hídrica e por doenças respiratórias (DR) em indivíduos residentes no município de Barcarena. De acordo com os mesmos autores, o coeficiente médio de mortalidade apresentou 0,37 óbito/ 1.000 hab e a faixa etária mais afetada pelos casos de internações foi a de 0 a 5 anos, com coeficiente médio de incidência na ordem de 31,8/100.000 hab. Entretanto, as crianças com faixa etária de 0 a 14 anos foram, as mais expostas, com 62,85%, e

os idosos acima de 60 anos, com 15,16% dos casos. As taxas de incidência e de mortalidade ficaram na ordem de 39 por 100.000 hab. Estes indicadores de saúde alertam sobre um risco para à saúde de populações em Barcarena.

Os valores para nitrato, nitrito, sulfato, nitrogênio amoniacal, STD, OD, turbidez, cloreto, fósforo total e DBO estão dentro dos limites preconizados pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

### **Teste ANOVA e concentrações (média) sazonais para DBO, CE, STD, OD, turbidez**

Os resultados do ANOVA fator 1 e dos três grupamentos (Figuras 4 a 7) inferem que os valores mais elevados (em grande parte) para DBO, CE, STD e turbidez estão compreendidos no terceiro grupamento. Estes parâmetros possivelmente estão sofrendo influência da sazonalidade da região, uma vez que o período seco teve índices de chuvas de 200 mm. Tal fato pode ser ratificado pelas menos concentrações detalhadas (Figuras 4 a 6) no terceiro grupamento para CE, STD e turbidez, pois os meses do período chuvoso apresentam índice pluviométricos de 400 mm, ou seja, a elevação dos níveis de pluviosidade possivelmente tem correlação inversamente proporcional com a diminuição dos teores destes parâmetros. Não se mensurou a média para os outros íons, uma vez que CE e STD englobam de forma expressiva o comportamento abrangente destes compostos inorgânicos ao longo dos pontos.

### **Análise de agrupamento**

O agrupamento revelou a similaridade das concentrações dos parâmetros físico-químicos entre os pontos 3, 4 e 6 (a direita da infraestrutura de acostagem, próximo ao berço 401/402) (Figura 9). Esta particularidade pode estar atrelada a proximidade geográfica desses três pontos supracitados (Figura 1). Através do subsídio da análise multivariada (figura 8) e estatística descritiva (tabela 3), registrou-se também que as maiores concentrações dos parâmetros físico-químicos e coliformes totais (11 parâmetros) foram registradas no ponto 01 (próximo a margem).

A análise de componentes principais (figura 8), a qual correlaciona os períodos de amostragem em função das variáveis físico-química, ocasionou a

formação de dois blocos, o primeiro formado pelas amostras do período chuvoso e o segundo envolvendo a maior parte das amostras dos períodos de transição e seco. Este comportamento pode estar atrelado também a influência da sazonalidade de chuvas na região nos parâmetros físico-químicos e microbiológico delineado no presente artigo (AYENI, 2013).

### **Índice de Qualidade das Águas**

As médias calculadas de IQA para maré enchente e vazante detalharam que todos os índices se enquadram na categoria regular, exceto o Ponto 01 - enchente (34), Ponto 05 - enchente (35) e Ponto 06 - enchente (35), os quais estão inclusos na categoria ruim (Figura 10). Em média, o IQA possui melhores índices na maré vazante, exceto no Ponto 02 onde foi mensurado o mesmo valor (39) tanto para maré enchente quanto vazante (Figura 10).

Esta singularidade está atrelada, possivelmente a correlação inversamente proporcional entre altura de marés e IQA, pois estes níveis hídricos alteram concentrações de parâmetros de peso significativo para cálculo do IQA, por exemplo, Oxigênio Dissolvido e Coliformes Termotolerantes (ZSCHORNACK; OLIVEIRA, 2018). Esta possibilidade pode ser corroborada pelas concentrações médias calculadas por maré em cada ponto para CTT e OD. As maiores concentrações de OD (pontos) estão na maré vazante, o que reflete maior oxigenação da água e conseqüentemente melhor qualidade das águas. Em contrapartida, os menores teores (média) quantificados para CTT estão na maré vazante, particularidade a qual também contribui para melhor qualidade de recursos hídricos e conseqüentemente melhores valores de IQA.

Em comparação com pesquisas realizadas na mesma área, de Piratoba *et al.* (2017) e Medeiros *et al.* (2017), obtiveram IQA, respectivamente na categoria “Boa” e “Ótima” e “regular” e “boa”.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trecho estudado pode ser classificado como a Zona do Rio (ZR) do Estuário do rio Pará, e sua circulação apresenta um comportamento nitidamente regulado por maré dinâmica. Assim como constatado por Piratoba *et al.* (2017), os parâmetros estudados também variam em escala temporal de

acordo com as estações do ano em associação com o clima da região amazônica. Esta variação é mais nítida durante o período chuvoso, pois ocorre um máximo de entrada alóctone através do escoamento superficial. A salinidade foi praticamente nula, o OD provém das trocas com a atmosfera e produção primária, e os sólidos da descarga fluvial e correntes de maré. O suprimento de nutrientes provém da descarga fluvial do rio Tocantins, Furo do Arrozal e da liberação do sedimento. Os nutrientes dissolvidos, que variaram sazonalmente na área de estudo, apresentaram concentrações máximas durante o período chuvoso, o qual foi fortemente influenciado pelo La Niña durante esse ano, promovendo carreamento de elevadas concentrações para o estuário do rio Pará (COSTA *et al.*, 2018).

Verificou-se, por intermédio do ANOVA fator 1, teores homogêneos de concentrações de CE, STD, OD, turbidez e DBO no comparativo no período de transição e também no seco. Em média, foram registradas concentrações mais elevadas para DBO, CE, STD e turbidez no terceiro grupamento (período seco).

Fatores sazonais possivelmente propiciaram a formação do agrupamento das amostras do período chuvoso (primeiro grupo), e transição e seco (segundo grupo). Os aspectos geográficos influenciaram nas concentrações físico-químicas similares que ocasionaram o agrupamento dos pontos 3, 4 e 6 (PCA). As concentrações de salinidade da área de estudo determinaram a classificação da região como estuário superior. É factível que a maré vazante e correlações inversamente proporcionais com parâmetros importantes (ex: CTT e OD) influenciaram em valores melhores de IQA neste tipo de regime (ZSCHORNACK; OLIVEIRA, 2018).

Dados recentes da Prefeitura de Barcarena mostram que já tem uma nova Estação de Tratamento de Esgoto (ETE Cabanos II), que deve beneficiar os bairros Jardim Paraíso, Jardim Cabano e uma parte de Vila dos Cabanos, ampliando para 22% a cobertura de efluentes tratados. Esta ETE tem capacidade de tratar 432 mil litros de esgoto/dia. Ainda, uma outra ETE (Pioneiros), com conclusão prevista para o 1º semestre de 2022. Até lá, serão 35 mil moradores com saneamento em Barcarena. Entretanto, recomenda-se o monitoramento contínuo da qualidade de água dentro de uma rede estabelecida, seguindo as orientações da CONAMA e o Ministério da Saúde, por

meio da Secretaria de Vigilância em Saúde, pois a água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por ingestão e/ou banho (MPO, 2016). A construção de novas ETE nos diversos bairros de Barcarena poderá de fatos diminuir e mitigar os impactos da qualidade de água.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PPRH) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, ao Instituto Evandro Chagas (IEC) e a Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP).

## REFERÊNCIAS

ALEXAKIS, D. Assessment of water quality in the Messolonghi-Etoliko and Neochorio region (West Greece) using hydrochemical and statistical analysis methods. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v.182, n.1-4, p. 397–413, fev. 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-011-1884-2>.

AYENI, O.; SONEYE, A. S. O.. Interpretation of surface water quality using principal components analysis and cluster analysis. **Journal Of Geography And Regional Planning**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 132-141, jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.5897/jgrp12.087>.

BROCKMEYER, B.; SPITZY, A. Effects of sugar cane monocultures on origin and characteristics of dissolved organic matter in the Manguaba lagoon in northeast Brazil. **Organic Geochemistry**, [s.l.], v. 42, n. 1, p. 74-83, jan. 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orggeochem.2010.10.009>.

BREITBURG, D. L. *et al.* Hypoxia, Nitrogen, and Fisheries: integrating effects across local and global landscapes. **Annual Review Of Marine Science**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 329-349, jan. 2009. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163754>.

BAIRD, R.B.; EATON, A. D.; RICE, E. W. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23.ed. [s.l.]: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2017.

BEBIANNI, M. J. *et al.* Integrated approach to assess ecosystem health in harbor areas. **Science of the Total Environment**, [s.l.], v.514, n.1, p. 92–107, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.050>.

BOCCHETTI, R. *et al.* Contaminant accumulation and biomarker responses in caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, to evaluate bioavailability and toxicological effects of remobilized chemicals during dredging and disposal

operations in harbour areas. **Aquatic Toxicology**, [s.l.], v. 89, n. 4, p. 257-266, set. 2008. [Http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2008.07.011](http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2008.07.011).

CARNEIRO, B.S. *et al.* Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea de uma Região de Intensa Atividade Portuária no Estado do Pará. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, IV, São Paulo/ SP. **Anais...**São Paulo: Revista Águas Subterrâneas. 2015, 4 p. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29717>. Acesso em: 12 jan. 2021.

CARVALHO, D. W. A zona costeira brasileira e o gerenciamento dos danos ambientais futuros. **Revista Lusíada: Direito e Ambiente**, v. esp, p. 97-111, Portugal, 2011.

COSTA C. R. *et al.* Interannual and Seasonal Variations in Estuarine Water Quality. **Frontiers in Marine Science**, [s.l.], v.5 n.1 , p. 1-12, set. 2018. <http://dx.doi.org/10.3389/fmars.2018.00301>.

CDP. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento – Porto de Vila do Conde**. Pará: Companhia Docas do Pará – CDP, 407p. 2018.

CETESB. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras Água, -Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. São Paulo: CETESB, 2011. 327p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

CETESB. Apêndice D: Índices de Qualidade das Águas. São Paulo: CETESB, 2017. 34p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

EPA. Quality Assurance Guidance Document-Model Quality Assurance **Project Plan for the PM Ambient Air, 2**. 2001. 174p.

FALQUETO, M. A. **Avaliação do Índice de qualidade da água (IQA) e dos elementos químicos nas águas e nos sedimentos do rio Corumbataí - SP**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia Aplicada, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

GOMES, A. L. **Biodiversidade e densidade de cianobactérias em uma região portuária e industrial no estuário amazônico, Pará**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. 109p. 2013.

KITSIOU, D.; KARYDIS, M. Coastal marine eutrophication assessment: a review on data analysis. **Environment International**, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 778-801, maio 2011. [Http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2011.02.004](http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2011.02.004).



KARYDIS, Michael; KITSIOU, Dimitra. Marine water quality monitoring: a review. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 77, n. 1-2, p. 23-36, dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.09.012>.

SILVA, M. C. Estuários – Critérios para uma Classificação Ambiental. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.5, n.1, p. 25-35. Jan./Mar. 2000. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/7161b046e6907a38deb3a62ff4a7bd9e\\_66c624b2b1068f9fe795e92709e8375e.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/7161b046e6907a38deb3a62ff4a7bd9e_66c624b2b1068f9fe795e92709e8375e.pdf). Acesso em: 12 jan. 2021.

GOMES, A. L. Biodiversidade e densidade de cianobactérias em uma região portuária e industrial no estuário amazônico, Pará, Brasil. 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: [https://ppgeap.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2013/PPGEAP\\_Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_ALINE%20LEMONS%20GOMES%2029.04.13.pdf](https://ppgeap.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2013/PPGEAP_Disserta%C3%A7%C3%A3o_ALINE%20LEMONS%20GOMES%2029.04.13.pdf). Acesso em: 12 jan. 2021.

MARINHO, J. S. *et al.* Doenças infecciosas e parasitárias por veiculação hídrica e doenças respiratórias em área industrial, Norte do Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 24, n. 4, p. 443-451, dez. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462x201600040120>.

MEDEIROS, A. C.; LIMA, M. O.; GUIMARÃES, R. M. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 21, n. 3, p. 695-708, mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015213.26572015>.

MEDEIROS, A. C. *et al.* Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 123, n. 1-2, p. 156-164, out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.002>.

Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2016. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde: 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde). ISBN 85-334-1240-1

OLIVEIRA, E. S.; OLIVEIRA, G. M. T D.; MELO, N. F. A. C. Concentração de hidrocarbonetos alifáticos e metais pesados na zona portuária de Vila do Conde, Rio Pará. **Revista Espaços**, [s.l.], v. 38, n. 39. p. 25-34. 2017.

PAZ, A. C.; FRÉDOU, F. L.; FRÉDOU, T. Caracterização da atividade pesqueira em Vila do Conde (Barcarena, Pará), no estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 307-318, ago. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/s1981-81222011000200004>.

PIRATOBA, A. R. A. *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Agua - An**

**Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 435, 2 maio 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>.

POFFO, I. R. F. **Percepção de riscos e comportamento da comunidade diante de acidentes ambientais em áreas portuárias de Santos e de São Sebastião**. Pós Doutorado, Pós Graduação em Psicologia Clínica. Póntifica Universidade Católica. 119p. 2011.

RIBEIRO, C. A. **Influência da Sazonalidade sobre os Parâmetros Físico-Químicos das Águas do Furo do Arrozal - Barcarena (Pará)**. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos. Universidade Federal do Pará. 89p. 2018.

RODRIGUES, J. E. C.; SZLAFSZTEIN, C. F. Análise do Porto de Vila do Conde como Uma Área de Ameaça Potencial ao Derramamento de Óleo. **Revista Geoamazonia**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 106-121, 30 jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia.n1v1p106-121>.

SERAFIN, I. T.; HENKES, J. A. Água de lastro: um problema ambiental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 92, jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v2e1201392-112>.

SMITH, D. R.; JARVIE, H. P.; BOWES, M. J. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Stoichiometry and Eutrophication in River Thames Tributaries, UK. **Agricultural & Environmental Letters**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 1-4, jan. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2134/aer2017.06.0020>.

OUZA, R. R. **Modelagem numérica da circulação de correntes de maré na Baía de Marajó e Rio Pará (PA)**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 180p. 2006.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (SMEWW). United States Environmental Protection Agency (US EPA).

RODRIGUES, J.E.C.; SZLAFSZTEIN, C.F. Análise do Porto de Vila do Conde como Uma Área de Ameaça Potencial ao Derramamento de Óleo. **Revista Geoamazonia**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 106-121, jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia.n1v1p106-121>.

TRINDADE, Rosimeire Lopes da; GORAYEB, Inocência de Sousa. Maruins (ceratopogonidae: diptera) do estuário do rio Pará e do litoral do estado do Pará, Brasil. **Entomología y Vectores**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 61-74, mar. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0328-03812005000100005>.

TROZZI, C.; VACCARO, R. **Environmental impact of port activities**. Maritime Engineering and Ports II, C.A. Brebbia & J. Olivella (Editors). p. 151-161. 2000. WIT Press, www.witpress.com, ISBN 1-85312-829-5. <https://doi.org/10.2495/PORTS000131>

WU, Z. *et al.* Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 612, p. 914-922, jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.293>.

INMET. Disponível me: [www.inmet.org.br](http://www.inmet.org.br). Acesso em: 12 de jan. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progress on Sanitation and Drinking Water - 2014 Update**. Geneva: WHO Library Cataloguing in Publication Data.

ZOBBI, R. **Transport Research and Innovation Achievements Report - Study and Report**. Research and Innovation. European Commission. 92p. 2017. <https://doi.org/10.2777/346450>.

ZSCHORNACK, T.; OLIVEIRA, T. M. N. Avaliação do impacto da implantação do sistema de esgotamento sanitário na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, em Joinville, Santa Catarina. **Revista Dae**, [s.l.], v. 66, n. 212, p. 118-131, 2018. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2018.027>.

Recebido em 13 de Abril de 2021  
Aceito em 01 de Novembro de 2021