

Avaliação do efeito da sazonalidade na qualidade da água superficial no rio Guamá, Belém, PA

A água, como solvente universal, tem funções fundamentais como diluir e transportar materiais. Nesse sentido, a questão da urbanização tem modificado as condições da qualidade da água superficial. A cidade de Belém está entre os piores índices de saneamento básico nacional agravando as problemáticas nos seus cursos hídricos. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da sazonalidade das chuvas na qualidade do rio Guamá, importante para o sistema de abastecimento público da cidade. O estudo foi realizado na sub-bacia do baixo Guamá, trecho Belém, em que se percebe interferência da urbanização e turismo. Coletaram-se amostras de água do rio em oito pontos distintos no mês de outubro, menos chuvoso, e dezembro, mais chuvoso. De acordo com a estatística descritiva, os parâmetros pH, fósforo total (PT) e turbidez mostraram-se na maioria dos pontos em desconformidade com a legislação. Na estatística multivariada observou-se o agrupamento de dois grupos distintos em ambos períodos sazonais, o grupo "A" teve característica de um ambiente aquático poluído pela proximidade à área urbana e no grupo "B" ainda não é expressiva a interferência antrópica. A precipitação teve influência sobre os parâmetros sólidos totais (ST), clorofila a (ClA), PT e oxigênio dissolvido (OD). Para IET obteve-se os níveis mesotrófico, eutrófico e supereutrófico para o período de menor precipitação e o nível ultraoligotrófico para o de maior precipitação. Os parâmetros pH e turbidez são características intrínsecas ao tipo de água branca do rio Guamá e não necessariamente sua desconformidade com a legislação nacional mostra-se uma qualidade ruim. Já o comportamento de PT indica uma possível contaminação por fontes pontuais no período menos chuvoso por esgoto doméstico. O teste de Mann-Whitney se mostrou importante para comparar os dois períodos resultando na diferença significativa para ClA, PT, ST e OD. Portanto, pontos amostrais mais próximos a área urbana estão com maior comprometimento da qualidade da água, visto as inúmeras interferências antrópicas no ambiente. Outro ponto, considerado turístico, com presença de restaurantes, hotelaria e residências locais, é observado o comprometimento da qualidade da água, uma vez que a área demanda também de boas condições sanitárias. Por fim, os pontos mais afastados da urbanização caracterizaram-se pela preservação hídrica.

Palavras-chave: Sazonalidade; rio Guamá; Qualidade da água; IET; Precipitação.

Evaluation of the effect of seasonality on the quality of surface water in the lower Guamá sub-basin, Belém, PA

Water, as a universal solvent, has fundamental functions such as diluting and transporting materials. In this sense, the issue of urbanization has changed the conditions of surface water quality. The city of Belém is among the worst in the country in terms of basic sanitation, aggravating the problems in its waterways. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of rainfall seasonality on the quality of the Guamá River, which is important for the city's public supply system. The study was carried out in the sub-basin of the lower Guamá, Belém section, where interference from urbanization and tourism is perceived. Water samples were collected from the river at eight different points in the months of October, the wettest month, and December, the wettest. According to the descriptive statistics, the parameters pH, total phosphorus (TP) and turbidity were non-compliant with the legislation in most of the points. In the multivariate statistics it was observed the grouping of two distinct groups in both seasonal periods, group "A" had the characteristic of a polluted aquatic environment due to the proximity to the urban area and in group "B" the anthropic interference is still not expressive. Precipitation had an influence on the parameters total solids (TS), chlorophyll a (ClA), PT, and dissolved oxygen (DO). For IET we obtained mesotrophic, eutrophic and supereutrophic levels for the period of lower precipitation and the ultraoligotrophic level for the period of higher precipitation. The parameters pH and turbidity are characteristics intrinsic to the type of white water in the Guamá River and their nonconformity with the national legislation does not necessarily show a bad quality. On the other hand, the behavior of PT indicates a possible contamination by point sources in the less rainy period by domestic sewage. The Mann-Whitney test was important to compare the two periods resulting in a significant difference for LA, PT, ST, and DO. Therefore, sampling points closer to the urban area are with a greater compromise of water quality, given the numerous anthropic interferences in the environment. Another point, considered touristy, with the presence of restaurants, hotels and local residences, the compromising of the water quality is observed, since the area also demands good sanitary conditions. Finally, the points farthest from urbanization were characterized by water preservation.


Keywords: Seasonality; Guamá River; Water quality; EIT; Precipitation.


Topic: **Uso de Recursos Naturais**


Received: **07/10/2021**


Approved: **26/10/2021**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Gysele Maria Moraes Costa 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3849390270628854>
<http://orcid.org/0000-0003-3801-4312>
gyselemoraes@hotmail.com


Hebe Morganne Campos Ribeiro 
Universidade do Estado do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2399134205919272>
<http://orcid.org/0000-0001-7154-9947>
hebemcr@gmail.com

Danielle Nazaré Salgado Mamede Pantoja 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2293923003896598>
<http://orcid.org/0000-0001-9795-2726>
danielle.salgado@hotmail.com

Altem Nascimento Pontes 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5993352890364998>
<http://orcid.org/0000-0002-9001-4603>
altempontes@hotmail.com

Eliane de Castro Coutinho 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7392327864420841>
<http://orcid.org/0000-0003-3152-7828>
elianecoutinho@uepa.br

Adriana Oliveira Bordalo 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5352412185852308>
<http://orcid.org/0000-0002-5170-9912>
adriana.bordalo@uepa.br

Rafael Ribeiro Meireles 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3640983237708624>
<http://orcid.org/0000-0003-2194-8127>
rafarm1997@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0043

Referencing this:

COSTA, G. M. M.; RIBEIRO, H. M. C.; PANTOJA, D. N. S. M.; PONTES, A. N.; COUTINHO, E. C.; BORDALO, A. O.; MEIRELES, R. R.. Avaliação do efeito da sazonalidade na qualidade da água superficial no rio Guamá, Belém, PA. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.10, p.545-560, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0043>

INTRODUÇÃO

Na história contemporânea intensificou-se a preocupação de doenças veiculares, principalmente relacionada a água destinada para o consumo humano (ROCHA et al., 2004). Embora esse contexto já tenha ocorrido há anos, a situação atual não difere da passada. A condição da qualidade da água para usos múltiplos tem cada vez mais sido comprometida pela poluição pontual e difusa (ROCHA et al., 2004; VON SPERLING, 2014). A Agência Nacional de Água (2020) reforça que os centros urbanos são mais vulneráveis as alterações na qualidade da água superficial pela precariedade do saneamento básico e a infraestrutura das cidades.

A água desempenha dois papéis distintos fundamentais, como solvente que permitem a dissolução e transporte de materiais, e como abrigo para o ecossistema aquático (SPIRO et al., 2009). Estas funções podem ser influenciadas por ações antrópicas e naturais que implicam a água problemas em quantidade e qualidade. Nessa perspectiva, a determinação de parâmetros físicos, químicos, biológicos e hidrobiológico da água é uma ferramenta de monitoramento para caracterizar a qualidade da água resultante da intervenção humana e variações temporais no recurso hídrico (TUNDISI et al., 2008; SANTOS et al., 2018).

Ainda, os índices de qualidade de água surgiram como resultado da preocupação social, ambiental e política diante das consequências das alterações do ambiente preservado (CETESB, 2017). Com isso, o Índice do Estado Trófico (IET) tem como finalidade classificar os corpos d'água em categorias de trofia, que são elas, ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, baseado nas concentrações de fósforo total e clorofila *a* (LAMPARELLI, 2004; CETESB, 2017). Este índice avalia o enriquecimento de nutrientes na água e suas consequências, uma vez que a presença de nutrientes na água causa o crescimento de algas e cianobactérias (LAMPARELLI, 2004).

Portanto, diante das vulnerabilidades e facilidade de acesso da água superficial, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) instituiu por meio da Resolução nº 357 as condições de qualidade para o enquadramento dos corpos d'água. Ela determina limites máximos para cada parâmetro sendo possível determinar conformidade ou não do estudo científico em comparação a legislação. Além disso, o CONAMA (2005) considera que “a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas”, por isso é indispensável o monitoramento para subsidiar a gestão dos recursos hídricos.

A cidade de Belém, capital paraense, historicamente mantém a relação entre água e urbanização (SILVA et al., 2019). As primeiras moradias na cidade eram em torno da dinâmica dos rios para a circulação de mercadorias, serviços e pessoas, no entanto, a facilidade de acesso a cidade após a década de 60 com construções de estradas, aumentou a ocupação territorial dando origem a diversos problemas sociais, ambientais e sanitários (SILVA et al., 2019; TOZI, 2020). O reflexo desta problemática são residências irregulares, sem infraestrutura e com déficit de saneamento básico corroborado pela pesquisa do Instituto Trata Brasil onde apenas 4,19% da população belenense possui coleta de esgoto.

O rio Guamá é responsável, junto dos mananciais Lagos Água Preta e Bolonha, por abastecer 36 de bairros dos municípios de Belém e Ananindeua (SEMAS, 2019). Além de contribuir para o abastecimento

público, o rio Guamá também é destaque para transporte, turismo, lazer, economia e comércio (RODRIGUES, 2019). Embora inúmeras funções, a qualidade do rio tem sido comprometida de forma direta e indireta, um exemplo é a foz da bacia do Tucunduba, considerado a segunda maior bacia urbana de Belém, desaguar no rio Guamá (LUZ et al., 2016; RODRIGUES, 2019).

As fragilidades das bacias hidrográficas urbanas decorrente da falta de tratamento de esgotos, redução da cobertura vegetal, impermeabilização do solo, escoamento superficial e descarte inadequado de resíduos sólidos, alteram e agravam a qualidade ambiental do rio Guamá, conhecido por ser um dos principais receptores dos canais urbanos (LOPES et al., 2017; SOUTO et al., 2019). Além desses fatores propiciarem a alteração das características químicas, físicas e biológica da água, outra variável que influencia a qualidade da água é a precipitação pluviométrica, pois modifica a vazão do rio, transporta nutrientes para a água modificando a concentração de substâncias químicas e biológicas além das características físicas da água (TUNDISI et al., 2008).

Segundo Rodrigues et al. (2016) o índice de pluviosidade na cidade, no estudo temporal entre os anos de 1978 a 2015, cresceu substancialmente ao longo dos anos. Observou-se uma variação até 2004 entre 2.000 a 3.500 mm de precipitação. O ano de 1997 foi o menor índice registrado no período com 2.264mm e o maior para o período foi o ano de 2014 com 3.811mm (RODRIGUES et al., 2016). Associa-se estes valores a fenômenos climáticos como o El niño e La niña, além da atuação da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (SANTOS et al., 2017; ALENCAR et al., 2019). A estação de chuvas é definida por dois períodos, o menos chuvoso que compreende os meses de junho a novembro, e o mais chuvoso entre os meses de dezembro e maio (RODRIGUES et al., 2016; LOPES et al., 2017;)

Em virtude desse contexto, a qualidade da água superficial representa inúmeros fatores que alteram suas características, entre elas, o volume de chuvas e a vazão (OJOK et al., 2017). Com isso, utilizam-se métodos estatísticos para analisar a influência do regime pluviométrico amazônica em relação a qualidade hídrica, uma vez que permite a comparação entre períodos sazonais e as consequências desse processo nos parâmetros de qualidade da água (MARINHO et al., 2020).

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a influência do período sazonal de chuvas em relação aos parâmetros físico, químico e hidrobiológico, e sobre o IET no rio Guamá, bem como, agrupar pontos amostrais para discutir a similaridade entre eles e assim relacionar as condições naturais e antrópicas que condicionam a qualidade da água superficial.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo e os pontos do rio Guamá estão representados na figura 1. O critério de escolha dos pontos teve o objetivo de representar, em uma seção transversal, as concentrações das variáveis em um trecho de intensa modificação urbana, turismo e ação antrópica (ANA, 2011). Na tabela 1 são apresentadas as coordenadas e a descrição de cada ponto coletado.

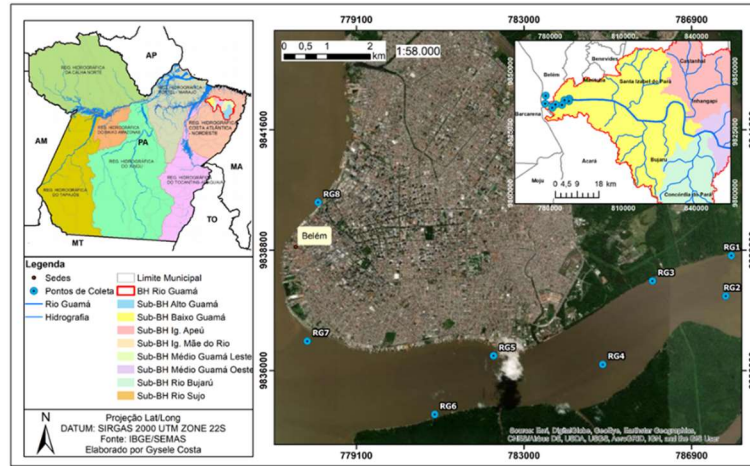


Figura 1: Mapa da área de estudo na sub-bacia do baixo rio Guamá, Belém – PA.

Tabela 1: Coordenada geográficas dos pontos de coleta.

Ponto	Latitude	Longitude	Descrição
RG1	-1.458040°	-48.413400°	Jusante do ponto de captação de água
RG2	-1.466543°	-48.414538°	Próximo à Ilha do Murutucum
RG3	-1.463388°	-48.429868°	Próximo ao linhão de transmissão
RG4	-1.480959°	-48.440255°	Em frente à Ilha do Murutucum
RG5	-1.479162°	-48.463070°	Jusante do canal do Tucunduba
RG6	-1.491506°	-48.475351°	Em frente à Ilha do Combu
RG7	-1.476133°	-48.501983°	Em frente ao Portal da Amazônia
RG8	-1.446965°	-48.499769°	Em frente à Estação das Docas

A bacia hidrográfica do rio Guamá está situada na mesorregião do nordeste paraense deslocando-se por 19 municípios e dividida em 8 sub-bacias, sendo a sub-bacia do baixo Guamá, localizada em Belém, objeto de estudo (CORDEIRO et al., 2015; ROCHA et al., 2020). Sua nascente está próxima ao município de Ourém, cerca de 190 km de distância da capital, e tem como principais afluentes os rios Acará, Capim e Moju, com sua foz na Baía do Guajará (SANTOS et al., 2014).

A capital paraense está situada ao Norte do Brasil, localizada às margens da Baía do Guajará e rio Guamá, cuja população estimada para 2020 foi de 1.499.641 pessoas. O município apresentou em 2020, precipitação média anual de 343.37mm sendo 229.40mm no período menos chuvoso (jun-nov) e 457.33mm no período mais chuvoso (dez-maio), conforme apresentado na figura 2. A precipitação amazônica pode ter influência de fenômenos climáticos como La niña, El niño e a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT (MARINHO et al., 2020). Segundo a classificação de Köppen, o clima é predominante Af (clima tropical e úmido/equatorial) com temperatura média anual maior que 26°C (ALVARES et al., 2013).

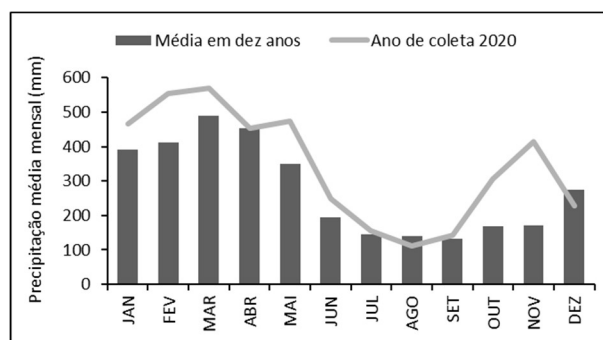


Figura 2: Média da precipitação pluviométrica mensal da série histórica de 2010 a 2020 e a precipitação média mensal no ano de coleta em 2020 no município de Belém.

Procedimento Amostral e Analítico

As coletas foram realizadas no mês de outubro, período menos chuvoso, e em dezembro considerado o início do período mais chuvoso, ambas na baixa-mar, no ano de 2020, seguindo a tábua de maré do Centro de Hidrografia da Marinha.

A preservação e técnicas de amostragem corresponderam aos procedimentos descritos na NBR 9898 (ABNT, 1987). As metodologias de análises respeitaram as recomendações descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* e, em especial, para clorofila *a* utilizou-se o método espectrofotométrico da Norma Técnica L5.306 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2014; APHA, 2017).

Em campo, os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica, pH e temperatura foram quantificados pela sonda multiparamétrica HACH HQ40d. Os parâmetros sólidos totais (ST), clorofila *a* (CLa) e a turbidez, no turbidímetro digital AKSO TU430, foram analisadas no Laboratório de Hidrocarbonetos do Centro de Ciências Naturais e Tecnologias (CCNT/UEPA) e os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e fósforo total (PT) foram realizados por um laboratório externo. Os métodos utilizados estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1: Método utilizado para os parâmetros DBO, CLa, PT, ST e turbidez.

Parâmetro	Método
DBO	Respirométrico (APHA, 2017)
CLa	Espectrofotométrico (CETESB, 2014)
PT	Colorimétrico (APHA, 2017)
ST	Gravimetria (APHA, 2017)
Turbidez	Nefelométrico

As coletas e as análises ocorreram em duplicata, visto a necessidade do conhecimento da variabilidade estatística resultando em uma maior confiabilidade dos dados amostrais e, conseqüentemente, da estimativa da poluição ambiental (ANA, 2011). Os frascos utilizados foram de vidro âmbar de 1L para CLa, ST e turbidez, e para os demais parâmetros um frasco de polietileno 1L. Todas as amostras foram mantidas em uma caixa isotérmica com gelo reciclável e encaminhados para os laboratórios anteriormente citados.

Índice do Estado Trófico (IET)

O IET foi calculado a partir de IET da média de fósforo total (IET-PT) e IET para clorofila *a* (IET-CLa) conforme o método de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004) para ambientes lóticos. Utilizou-se as equações a seguir.

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL_a)}{2} \quad (1)$$

$$IET(PT) = 10 * \left(6 - \left(\frac{0,42 - 0,36 * \ln(PT)}{\ln(2)} \right) \right) - 20 \quad (2)$$

$$IET(CL_a) = 10 * \left(6 - \left(\frac{-0,7 - 0,6 * \ln(CL)}{\ln(2)} \right) \right) - 20 \quad (3)$$

Onde PT é a concentração de fósforo total em mg/L, CLa é concentração de clorofila *a* em µg/L e ln é o logaritmo natural.

A classificação do estado trófico para rios (Tabela 2) seguiu o modelo proposto por Lamparelli (2004).

Tabela 2: Classificação do IET

Estado Trófico	Faixas
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: Lamparelli (2004).

Análise Estatística

Para testar a diferença estatística entre a sazonalidade e os parâmetros de qualidade de água foi aplicado o método para distribuição anormal, o teste estatístico não paramétrico de Mann-Whitney, com nível de significância de 5% (NORMANDO et al., 2010).

A hipótese nula tem-se que as medianas dos parâmetros não diferenciam para os dois períodos. Por outro lado, a hipótese alternativa afirma existir diferença das medianas dos parâmetros em ambos os períodos, portanto, existe alteração no comportamento das variáveis de qualidade da água entre o período mais chuvoso e menos chuvoso.

A estatística descritiva foi utilizada para avaliar o enquadramento na legislação vigente dos parâmetros físico-químico e hidrobiológico nos dois períodos estudados, onde foram obtidos os valores de média, erro padrão, mínima e máxima. Além disso, para avaliar a dispersão da distribuição dos parâmetros e comparar os dois grupos sazonais, se utilizou o bloxplot. A Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA) foram utilizados para auxiliar na discussão dos locais impactados por diferentes fontes de poluição sobre a influência da sazonalidade. O software utilizado para aplicação do teste estatístico e da multivariada foi o *Statistica 10* e para estatística descritiva e bloxplot utilizou-se o pacote office *Excel*.

RESULTADOS

Parâmetros físico-químicos e hidrobiológico

Para as médias dos parâmetros físico-químicos e hidrobiológico, observou não conformidade com a legislação apenas para PT no período menos chuvoso e pH para o mais chuvoso. Entretanto, ao avaliar a mínima e máxima, os parâmetros pH e PT, e pH e turbidez, respectivamente para o período menos chuvoso e mais chuvoso, mostraram-se, analiticamente, em alguns pontos de coleta insatisfatórios. Os parâmetros que diferenciam consideravelmente dos demais no erro padrão foram ST, condutividade e turbidez.

Tabela 3: Média, erro padrão, mínima e máxima dos parâmetros analisados nas duas campanhas e em oito pontos de coleta.

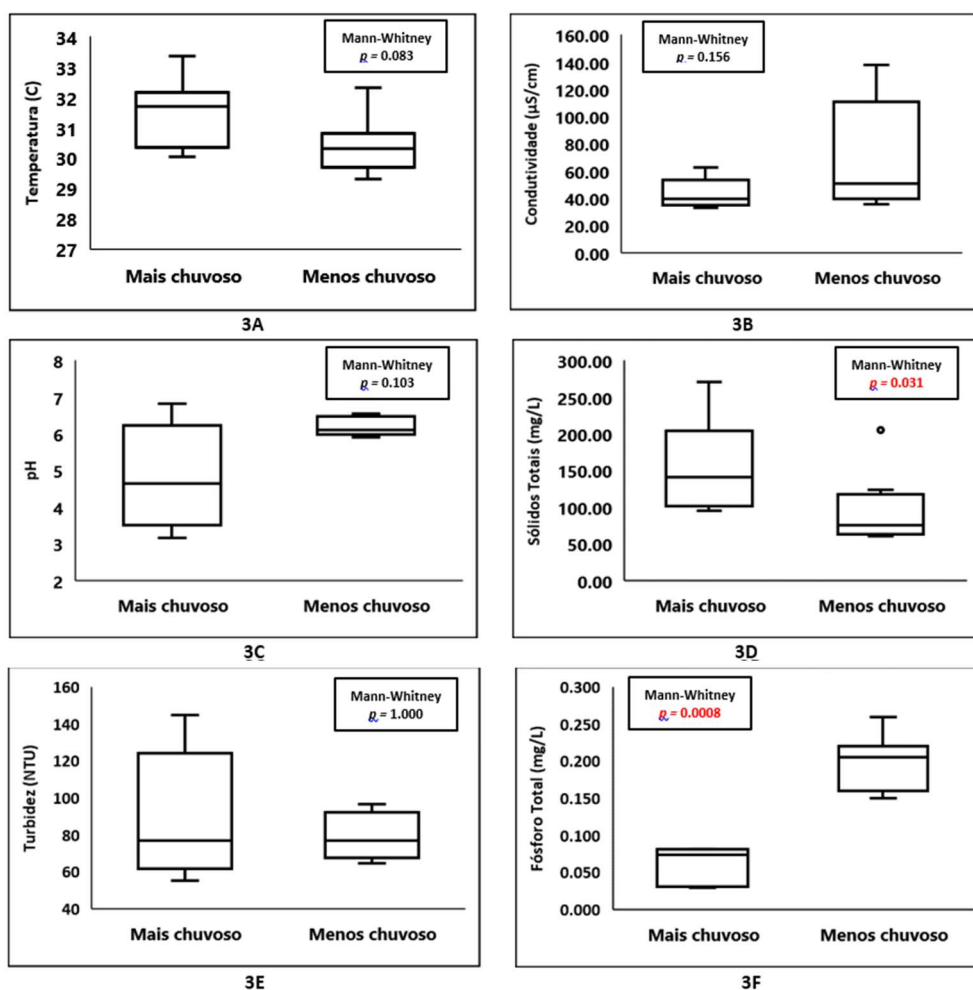
	PERÍODO MENOS CHUVOSO				
	Média	Erro padrão	Mínima	Máxima	VMP*
OD (mgL^{-1})	5.71	0.067	5.42	5.93	$\geq 5 mgL^{-1}$
DBO (mgL^{-1})	2.17	0.183	1.80	3.43	$\leq 5 mgL^{-1}$
ST (mgL^{-1})	95.50	17.40	60.50	205	-

Condut. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	72.26	14.29	35.35	137.85	-
pH	6.17	0.088	5.91	6.54	6-9
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	30.40	0.325	29.30	32.30	-
PT (mgL^{-1})	0.19	0.013	0.15	0.26	0.1 mgL^{-1}
Clorofila <i>a</i> (μgL^{-1})	3.00	0.425	1.71	5.08	30 μgL^{-1}
Turbidez (NTU)	79.05	4.291	64.57	96.63	100 NTU
PERÍODO MAIS CHUVOSO					
	Média	Erro padrão	Mínima	Máxima	VMP
OD (mgL^{-1})	6.07	0.130	5.69	6.91	$\geq 5 \text{ mgL}^{-1}$
DBO (mgL^{-1})	2.31	0.185	1.8	3.3	$\leq 5 \text{ mgL}^{-1}$
ST (mgL^{-1})	155.10	22.62	95.00	271	-
Condut. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	43.93	3.83	32.70	62.7	-
pH	4.89	0.48	3.15	6.83	6-9
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	31.50	0.39	30.05	33.35	-
PT (mgL^{-1})	0.05	0.008	0.029	0.081	0.1 mgL^{-1}
Clorofila <i>a</i> (μgL^{-1})	0.07	0.04	0	0.32	30 μgL^{-1}
Turbidez (NTU)	87.74	12.19	55.18	144.88	100 NTU

*VMP: valor máximo permitido baseado na resolução do CONAMA 357/2005.

Sazonalidade

Para a análise da distribuição temporal nos parâmetros de qualidade, observou-se diferença entre o período menos chuvoso e o mais chuvoso para os parâmetros ST, PT, clorofila *a* e OD, em que obtiveram o *p*-valor menor que 0,05 como verificado na figura 3. Portanto, a hipótese alternativa foi aceita para estes referidos parâmetros e rejeitada para os demais, pois não houve diferença entre os períodos para eles.



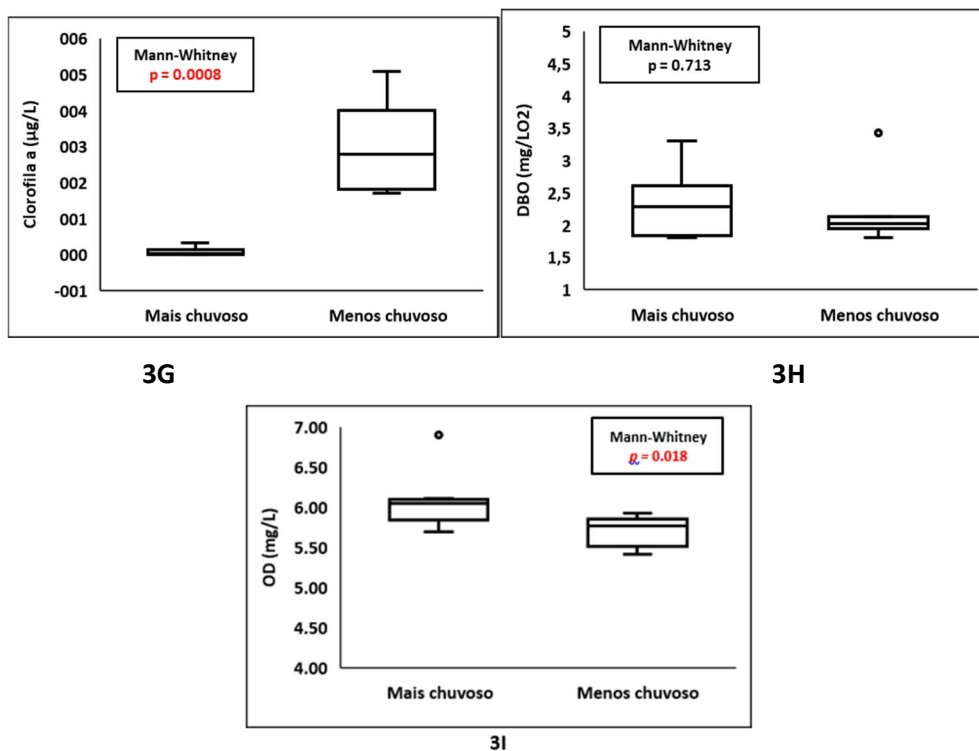


Figura 3: Boxplot da variação sazonal de cada parâmetro analisado juntamente do *p*-valor.

Índice do Estado Trófico (IET)

O IET foi calculado a partir da média de IET (PT) e IET (CLa). O grau de trófia para o período mais chuvoso foi ultraoligotrófico, sendo que para os pontos RG3, RG4, RG7 e RG8 a determinação trófica foi através, somente, de IET (PT), pois a quantificação de CLa foi inferior ao limite de detecção da absorbância do método. Para o período menos chuvoso, os pontos RG1 e RG3 apresentaram grau de trófia mesotrófico, RG2, RG4, RG5, RG7 e RG8 eutrófico e RG6 supereutrófico, conforme a tabela 4.

Tabela 4: Classificação do grau trófico no período menos chuvoso e mais chuvoso.

	Menos Chuvoso	Mais Chuvoso
RG1	Mesotrófico	Ultraoligotrófico
RG2	Eutrófico	Ultraoligotrófico
RG3	Mesotrófico	Ultraoligotrófico
RG4	Eutrófico	Ultraoligotrófico
RG5	Eutrófico	Ultraoligotrófico
RG6	Supereutrófico	Ultraoligotrófico
RG7	Eutrófico	Ultraoligotrófico
RG8	Eutrófico	Ultraoligotrófico

Estatística Multivariada

Verifica-se que as componentes PC1 e PC2 descrevem 72,36% da variação total dos dados, sendo que a primeira componente (PC1) explica 48,47% e a segunda componente (PC2) 23,86%. Na figura 5 é possível observar a formação de dois grupos, reafirmado pelo agrupamento formado na HCA.

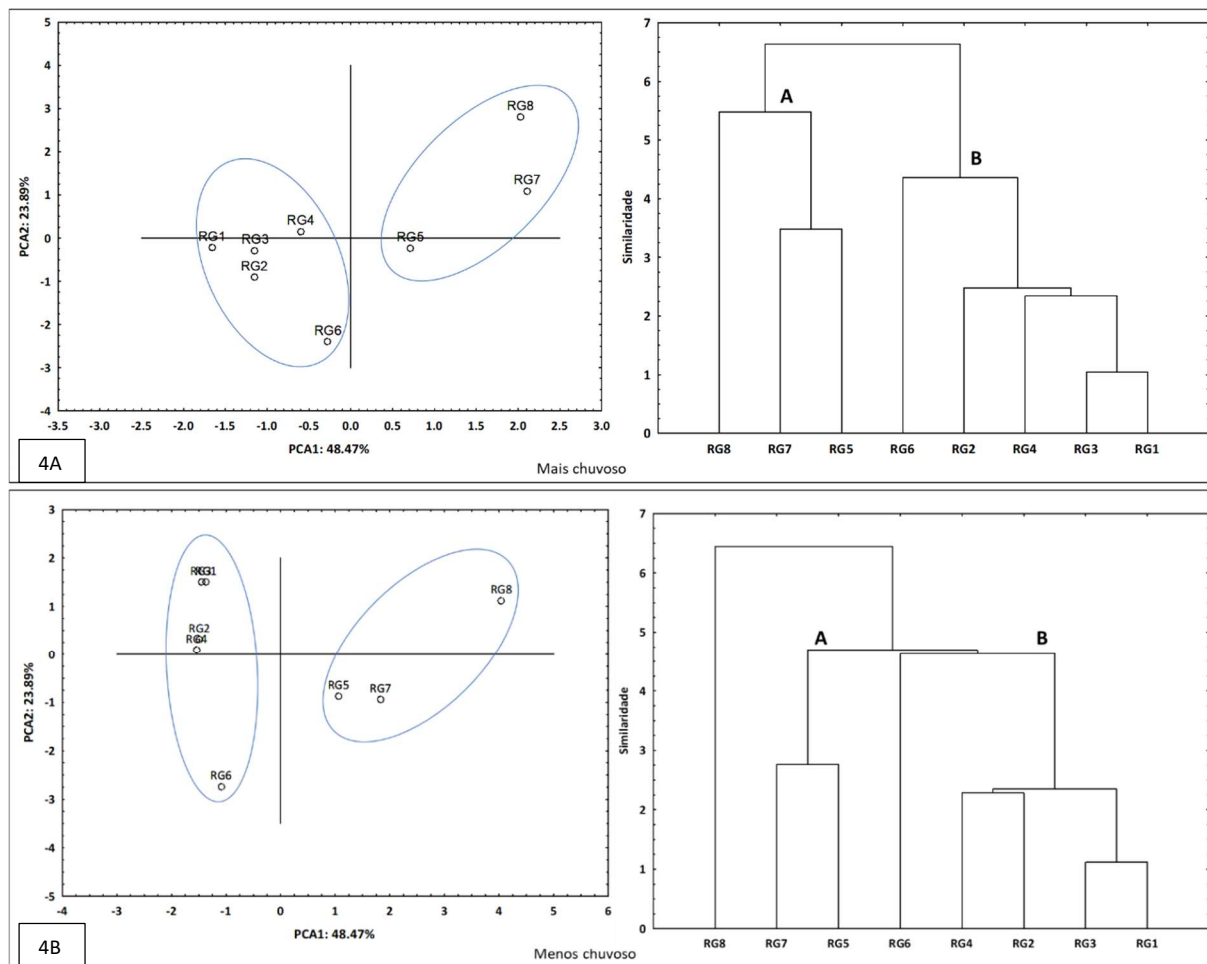


Figura 4: Gráficos dos scores (PCA) e dendrograma dos pontos amostrais (HCA) da sazonalidade.

DISCUSSÃO

A discussão em torno da variabilidade espacial e temporal é fundamental para compreender fatores que degradam a qualidade da água superficial (TORNAM et al., 2017). Em ambientes urbanos, onde se situa o corpo hídrico desse estudo, o comprometimento da qualidade da água bruta é maior diante das alterações antrópicas que impossibilitam a recuperação do sistema natural (SOBRÉ, 2012). Entre as consequências dessas alterações, se configuram a impermeabilização do solo, escoamento de substâncias poluentes, redução de áreas verdes e alteração na drenagem pluvial (TUCCI, 2008; SODRÉ, 2012).

Em particular, no rio Guamá por pertencer a área urbana, a abordagem será refletida nos diferentes usos e ocupação do solo, na urbanização desordenada, na coleta de resíduos sólidos, na infraestrutura de saneamento deficitário e no volume de chuvas. Esta, por sua vez, colabora com o fator diluição do rio, bem como, no transporte de materiais para ele. O mês de outubro, menos chuvoso, apresentou a média da precipitação acumulada mensal maior que o mês de dezembro, considerado mais chuvoso. No entanto, se tratando de climatologia, se deve considerar o período e não um único mês de referência.

Parâmetros físico-químicos e hidrobiológico

Na tabela 3, pôde-se observar em relação à média, mínimo e máximo, que os parâmetros pH e PT, menos chuvoso e pH e turbidez para o período mais chuvoso ultrapassaram, em determinados pontos, o

VMP da legislação brasileira.

O rio Guamá, classificado em águas brancas, apresenta elevada carga de material em suspensão devido a presença de sedimento alcalino originária das Cordilheiras dos Andes que reflete no pH levemente ácido para a neutralidade (JUNK et al., 2011). Este estudo apresentou águas consideravelmente ácidas para levemente ácidas (Tabela 3). Destaque para o período mais chuvoso em que o comportamento da água é mais ácida, provavelmente associada a lixiviação do solo ácido amazônico e pela decomposição da matéria orgânica resultando na formação de ácidos orgânicos. Varela et al. (2020), Marinho et al. (2020) e Lopes et al. (2017), em trechos diferentes do rio Guamá, também detectaram médias semelhantes à sazonalidade deste estudo. Apesar do pH não se enquadrar no CONAMA, este comportamento não causa danos ao ambiente aquático, pois é uma condição inerente aos rios de água branca (ESTEVES, 1998).

Outra característica intrínseca aos rios amazônicos é o parâmetro turbidez que pode ser associado a origem natural e/ou antropogênica (CETESB, 2019). Este parâmetro representa o grau de interferência na passagem da luz através da água e em conjunto a outros parâmetros podem indicar contaminação por organismos patogênicos (PIRATOBÁ et al., 2017). No contexto, se observou no período mais chuvoso, desconformidade da turbidez que é de 100 NTU, apresentando máxima de 144.88 NTU (Tabela 3). Para Santos et al. (2014), em estudo no rio Guamá e na baía do Guajará, também se mantiveram dentro da quantificação analítica deste estudo para a sazonalidade, com médias entre 25.5 NTU a 311 NTU. Importante justificar que o aumento da turbidez pode estar relacionado pelo escoamento pluvial, pela erosão da margem e por fontes difusas de poluição (SODRÉ, 2012; SANTOS et al., 2018).

O PT é essencial para a manutenção e funcionamento de plantas aquáticas, sendo assim, considerado um suprimento de nutrientes (TUNDISI et al., 2008). O desequilíbrio dessa variável no corpo hídrico causa o processo de eutrofização (VON SPERLING, 2014). Com isso, os valores para todos os pontos de coleta, no período menos chuvoso, ultrapassaram o VMP da legislação vigente (Tabela 3). Esse fato, pode ser associado a capacidade de assimilação do corpo hídrico entendendo-se que existem diferentes contribuições, como exemplo o exutório do canal do Tucunduba na margem direita do rio Guamá, atrelado ao aspecto sanitário da cidade (SOUTO et al., 2019). Varela et al. (2020), no rio Guamá, Santos et al. (2013), no Lago Água Preta impactado pela expansão urbana, apresentaram concentrações de PT também maiores que o VMP no mesmo período.

Em relação ao erro padrão (Tabela 3) pouquíssimos trabalhos discutem essa variável estatística. O erro padrão da média amostral, segundo Lunet et al. (2006), é uma estimativa da média da população, portanto, quanto menor o valor do erro padrão maior a precisão da estimativa da média da população. Nesse estudo, os parâmetros que se diferenciaram das demais foram ST, condutividade e turbidez, corroborando com os autores Brunini et al. (2017) e Santos et al. (2018) em que obtiveram valores discrepantes para esses mesmos parâmetros. Este fato está justificado pela discrepância analítica dos parâmetros em cada ponto amostral em relação à média da população, visto na figura 3 (B, D, E) em que se percebe maior dispersão na caixa do boxplot.

Sazonalidade

A respeito da variabilidade temporal, foi realizada comparação entre os períodos através de boxplot para cada parâmetro. Observou-se que os parâmetros ST ($p=0.031$), OD ($p=0.0008$), PT ($p=0.0008$) e clorofila a ($p=0.018$) foram os que apresentaram diferença significativa entre os períodos sazonais.

O PT e CL a são a causa e o efeito do processo de eutrofização (ANA, 2011). No período menos chuvoso há uma tendência para o incremento de CL a associados a maior incidência luminosa e a maior concentração de PT por fontes pontuais de poluição. Ao contrário, foi visto no período mais chuvoso, em que houve a diluição de fósforo no rio e, conseqüentemente, menor concentração de clorofila, que também pode associar a baixa luminosidade, que é um dos critérios para crescimento da mesma (SILVA et al., 2019). Buzelli et al. (2013) no reservatório de Barra Bonita também mostrou variação sazonal significativa na distribuição de PT e CL a .

O OD na água é proveniente da atmosfera e por processos fotossintéticos de algas, sendo fundamental para a manutenção da vida aquática (CETESB, 2019). Ele é um parâmetro que tem interferência da temperatura, altitude e poluição. Varela et al. (2020) constatou diferença significativa entre a sazonalidade, contudo maiores valores de OD no rio Guamá foram no período menos chuvoso diante das atividades fotossintetizantes, assim como Ojok et al. (2017) no rio Rwizi na Uganda. Contudo, este estudo apresentou menor concentração de OD no período pouco chuvoso, possivelmente diante da constatação de um ambiente poluído que interfere na passagem da luz no rio diminuindo a taxa fotossintetizante (FIORUCCI et al., 2005; CETESB, 2019). Silva et al. (2008), na bacia do rio Purus no sudoeste da Amazônia, também detectaram um aumento de OD no período de maior precipitação.

Os sólidos totais correspondem a toda matéria em forma de resíduo, podendo ser dividido em frações de sólidos, além da obtenção dos seus valores refletirem na poluição da água (CETESB, 2019). Dessa forma, os ST no período mais chuvoso, apresentou concentrações maiores em relação ao outro período e maiores nos pontos amostrais mais próximos à orla da cidade e ao ponto referente a área turística de Belém., por provável escoamento superficial e processos erosivos ocasionado pela correnteza do rio (NASCIMENTO et al., 2010; SANTOS et al., 2017). Apesar da legislação nacional vigente não apresentar limite para ST, a elevada quantidade de ST pode interferir na passagem de luminosidade na água, afetando a comunidade aquática (VON SPERLING, 2014). Buzelli et al. (2013) indicaram que o período hidrológico também favoreceu a diferença significativa de ST.

Portanto, percebe-se que as variações sazonais podem interferir nos parâmetros de qualidade de água. Nesses casos, é de fundamental importância realizar esse tipo de comparação para avaliar as diferentes formas e fontes de poluição na água, de forma a contribuir com uma gestão eficaz e integrada para manutenção do recurso hídrico.

Índice do Estado Trófico (IET)

Em relação ao IET, predominou a categoria ultraoligotrófico para o período mais chuvoso. Esta é a

menor classificação do estado trófico caracterizado por apresentar baixa concentração de nutrientes, em concordância com menores concentrações de PT obtidos, ou seja, um recurso não suficiente para o crescimento da atividade primária, bem como, condições que são fatores abióticos como, velocidade da água, água barrenta do rio Guamá e redução da luminosidade (LAMPARELLI, 2004; BEGON et al., 2007). Os autores Souza et al. (2017), nas águas do baixo São Francisco Sergipano, também identificaram menores valor de IET no período mais chuvoso.

O comportamento contrário do IET no período menos chuvoso é devido a alta concentração de PT, conseqüentemente, de CL_a sugerindo que existam recursos, como o incremento de PT na água por fontes pontuais e condições, como luminosidade, que favoreceram o aumento no grau de trófia do rio (VON SPERLLING, 2014; VARELLA et al., 2020). As categoriais mesotrófica, eutrófica e supereutrófica foram corroboradas no trabalho de Varella et al. (2020) e Santos et al. (2014). Estes níveis de trófia predominante no período de menor precipitação estão atrelados a poluição por esgoto sanitário, uma vez que a cidade de Belém carece de tratamento de esgoto (SIQUEIRA et al., 2019)

Estatística Multivariada

Com objetivo de gerar grupamento das amostras e demonstrar similaridade e/ou diferenças entre os pontos amostrais foi realizada a PCA e HCA. A primeira buscou agrupar os *scores* da população segundo suas variâncias preservando ao máximo as informações e a segunda técnica buscaram criar *clusters* com pontos semelhantes em função das informações existentes, através da medida de distância Euclidiana (PANERO et al., 2009; BEM et al., 2015).

Nesse contexto, observou-se a formação de dois grupos distintos em ambos períodos sazonais (Figura 4A e 4B). O grupo “A” foi considerado com maior consequência dos processos de urbanização sobre o rio Guamá, pois esses pontos estão próximos à cidade, à orla e ao exutório do canal do Tucunduba, apresentando concentrações relevantes fósforo total, comprometendo a qualidade da água com possível contaminação por matéria orgânica advinda de esgotos (VON SPERLLING, 2014; MEDEIROS et al., 2018).

Por outro lado, o grupo “B” está afastado da área urbanizada de Belém e da margem, sendo possível pronunciar que ainda existe alguma preservação deste recurso hídrico. Em contrapartida, o ponto RG6 que está localizado na área turística da cidade, chamada Ilha do Combu, onde se observa descarte de resíduos sólidos de forma irregular no rio, e ainda más condições sanitárias com sistema simplificado de fossas sépticas e/ou despejo direto no rio Guamá (LIMA et al., 2020). Estes fatos, esclarecem a formação de um subgrupo em que este ponto se encontra mais afastados e mais prejudicado dentro do grupo.

Sendo assim, pontos amostrais mais próximos a área urbana estão com maior comprometimento da qualidade da água, visto as inúmeras interferências antrópicas no ambiente, como exemplos a impermeabilização, o descarte irregular de resíduos sólidos, as áreas periféricas com déficit de infraestrutura básica de saneamento básico e a redução de áreas verdes. Além disso, o ponto turístico, mencionado anteriormente, com presença de restaurantes, hotelaria e residências das comunidades podem fortalecer o comprometimento hídrico do rio Guamá, pois, assim como Belém, a ilha também demanda de boas

condições sanitárias e ambientais. Observa-se que ainda existem preservação hídrica nos pontos mais deslocados das intensas interferências antrópicas, sendo essencial para manutenção do ecossistema aquático.

CONCLUSÕES

No trecho na sub-bacia do baixo Guamá, situado na capital paraense, percebeu-se que existe influência da precipitação em relação aos parâmetros de qualidade da água, visto que OD, ST, PT e CLa apresentaram comportamentos diferentes. A concentração de poluentes no período menos chuvoso foi mais expressiva possivelmente pela presença de fontes pontuais, maior luminosidade e menor diluição das concentrações. Já no período mais chuvoso, os parâmetros de qualidade de água associaram-se aos processos de escoamento superficial, lixiviação, fonte difusa e diluição das concentrações dos parâmetros.

Em relação a enquadramento com a Resolução CONAMA 357, os parâmetros pH, turbidez e PT apresentaram-se em desconformidade. Turbidez e pH são parâmetros atrelados as características naturais e geológicas na formação de águas brancas, por isso, não necessariamente a desconformidade com a legislação indica poluição. Contudo, perante a concentração de fósforo há indícios de uma possível contaminação originária de ação antrópica.

O nível de trófico na sazonalidade são distintos. No período com maior precipitação observa-se a menor categoria trófica, ultraoligotrófica, possivelmente associada a menores concentrações de fósforo e luminosidade que acarretou baixos valores para clorofila. Por outro lado, no período de menor precipitação foi constatado níveis tróficos influenciados por poluição orgânica com predomínio dos níveis mesotrófico, eutrófico e supereutrófico.

A estatística multivariada aponta dois grupos distintos em ambos os períodos sazonais. O grupo "A" está atrelado as consequências do processo de urbanização em torno do rio, já que estes pontos apresentaram concentrações relevantes de fósforo total. Já os pontos do grupo "B" estão mais afastados da cidade, em que não se observa com expressividade poluição por matéria orgânica. Entretanto, o ponto RG6, em frente a Ilha do Combu, é um indício de interferência antrópica no ambiente, considerando os fatores turísticos e sanitários da região.

Dessa forma, apesar desse estudo mostrar-se de maneira pontual, foi possível obter dados significativos em relação à qualidade da água na sazonalidade. Sendo assim, é imprescindível o monitoramento detalhado na sub-bacia do baixo Guamá para que se verifique constantemente o comportamento e resposta do rio frente aos impactos. Ainda, vale ressaltar a importância da manutenção do rio Guamá, uma vez que ele participa do sistema de abastecimento público da cidade.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C.. Qualidade da água e índice

trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.1, p.45-56, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522016144803>

ALENCAR, V. E. S. A.; ROCHA, E. J. P.; JUNIOR, J. A. S.; CARNEIRO, B. S.. Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía do Guajará – Belém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.2, p.661-680, 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: Informe anual. Brasília: ANA, 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Guia Nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23 ed. Washington: American Public Health Association, 2017.

BEGOM, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L.. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BEM, J. S.; GIACOMINI, N. M. R.; WAISMANN, M.. Utilização da técnica da análise de clusters ao emprego da indústria criativa entre 2000 e 2010: estudo da Região do Consinos, RS. **Interações**, v.16, n.1, p.27-41, 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: DOU, 2005.

BRUNINI, R. G.; SILVA, M. C.; PISSARRA, T. C. T.. Efeito do sistema de produção de cana-de-açúcar na qualidade da água em bacias hidrográficas. **Agrarian**, v.10, n.36, p.170-180, 2017.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B.. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v.8, n.1, p.186-205, 2013. DOI: <http://doi.org/10.4136/1980-993X>

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. Apêndice E, Significado ambiental e sanitário das variáveis. CETESB, 2019.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. Apêndice D. Índice de qualidade das águas. CETESB, 2017.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma Técnica L5.306**. Determinação de clorofila *a* e feofitina *a*: método espectrofotométrico. 3 ed. CETESB, 2014

CORDEIRO, I. M. C. C.; ARBAGE, M, J. C.; SCHWARTZ, G. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários. In: CORDEIRO, I. M. C. C.; VASCONCELOS, L. G. T. R.; SCHWATZ, G.; OLIVEIRA, F. A.. **Nordeste Paraense**: Panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias.

Belém: EDUFRA, 2017. p.19-58.

ESTEVEZ, F. A.. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B.. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, v.22, p.10-16, 2005.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHONGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F.. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. **Wetlands**, v.31, n.4, p.623-640, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>

LAMPARELLI, M. C.. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo**: Avaliação dos métodos de monitoramento. Tese (Doutorado em Biociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIMA, A. M. M.; FERREIRA, K. M. N.; COSTA, T. N. C.. Turismo e Segurança hídrica: desafios na Ilha do Combu, Pará. **Turismo e Sociedade**, v.13, n.1, p.127-149, 2020.

LOPES, Y. K. L.; NEU, V.; FELIZZOLA, J. F.; TEIXEIRA, L. C. G. M.; COSTA, C. E. A. S.. Variabilidade hidrogeoquímica em águas do Estuário Amazônico. **Ambiência**, v.13, n.2, p.325-241, 2017. DOI: <http://doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.05>

LUNET, N.; SEVERO, M.; BARROS, H.. Desvio padrão ou erro padrão. **Arquivos de Medicina**, v.20, n.1-2, p.55-59, 2006.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C.; PONTE, F. C.; SILVA, C. N.. Estudo antropogênicos no sítio urbano de Belém. In: SILVA, N. C.; LUZ, L. M.; PONTE, F. C. P.; RODRIGUES, J. E. C.. **Belém dos 400 anos**: análises geográficas e impactos antropogênicos na cidade. Belém: UFPA, 2016. p.15-36.

MARINHO, E. R.; VITORINO, M. I.; MOURA, M. N.; BARBOSA, I. C. C.; COSTA, L. G. S.; SILVA, E. R. M.; SOUZA, H. E. N.; DIAS, F. G.. Extremos climáticos associados à qualidade de água do Rio Guamá, São Miguel do Guamá, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.6, p.262-273, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0022>

MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E.; LINS, R. P. M.. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.13, n.2, 2018. DOI: <http://doi.org/10.4136/1980-993X>

NASCIMENTO, N. S.; FARIAS, M. S.; LIMA, N. G.; MIRANDA, R. S.. Um estudo dos problemas ambientais da área de proteção ambiental da ilha do Combu Belém-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1. **Anais**. Bauru, 2010.

NORMANDO, D.; TJÄDERHANE, L.; QUINTÃO, C. C. A.. A escolha do teste estatístico-um tutorial em forma de apresentação em PowerPoint. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v.15, n.1, p.101-106, 2010.

OJOK, W.; WASSWA, J.; NTAMBI, E.. Assessment of seasonal variation in water quality in river Rwizi using multivariate statistical techniques, Mbarara Municipality,

Uganda. **Journal of Water Resource and Protection**, v.9, n.1, p.83-97, 2017. DOI:

<http://doi.org/10.4236/jwarp.2017.91007>

RODRIGUES, Á. F. A. C.. Os Circuitos da Economia Urbana na Perspectiva do Turismo em Belém, Pará. **Turismo e Sociedade**, v.12, n.1, p.130-151, 2019.

RODRIGUES, J. E. C.; MARINHO, A.. A variabilidade climática da precipitação em bacias urbanas da cidade de Belém-PA. In: SILVA, N. C.; LUZ, L. M.; PONTE, F. C. P.; RODRIGUES, J. E. C.. **Belém dos 400 anos: análises geográficas e impactos antropogênicos na cidade**. Belém: UFPA, 2016. p.37-65.

RODRIGUES, P. R. S.. **Análise espacial de suscetibilidade à inundação da bacia hidrográfica do Tucunduba-Belém-PA**. Monografia (Bacharelado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

ROCHA, N. C. V.; LIMA, A. M. M.. A sustentabilidade hídrica na bacia do rio Guamá, Amazônia Oriental/Brasil. **Sociedade & Natureza**, v.32, p.141-160, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-45694>

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A.. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SANTOS, M. L. S.; BORDALO, A. O.; PEREIRA, J. A. R.; CHIRA, P. A.; ALVES, I. C. C.; SODRÉ, S. S. V.. Influência da expansão urbana na qualidade em reservatório da região Amazônica (Belém, Pará). **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, v.13, n.1, p.15-22, 2013.

SANTOS, M. L. S.; HOLANDA, P.; PEREIRA, I.; RODRIGUES, S.; PEREIRA, J. A. R. P.; MESQUITA, K.. Influências da condição de maré na qualidade de água do rio Guamá e Baía do Guajará. **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, v.14, n.1, p.17-25, 2014. DOI:

<http://doi.org/10.17080/1676-5664/btcc.v14n1p17-25>

SANTOS, R. P.; TERRA, V. R.; AZEVEDO JUNIOR, R. R.. Avaliação do efeito sazonal na qualidade das águas superficiais de um importante rio no sudeste do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v.30, n.3, p.127-143, 2018. DOI:

<http://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-7>

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. S.. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.2, p.468-478, 2017.

SEMAS. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Sistema Hídrico do Utinga foi apresentado no Circuito de Estudos da Semas**. SEMAS, 2019.

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, A. L. A.; ROCHA, G. M.. Cidade e água: a produção do espaço na Bacia do Igarapé do Tucunduba em Belém-PA. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v.7, n.1, p.91-114, 2019. DOI:

<http://doi.org/10.7867/2317-5443.2019V7N1P091-114>

SILVA, A. M. C.; CUNHA, M. C. C.; LOPES, D. V.. Qualidade da

água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. **Geosul**, v.34, n.72, p.102-123, 2019. DOI:

<http://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p102>

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. M.; RIBEIRO, A. A.; CAMELO, A. L. C.; REIS, A. M. R.; SIQUEIRA, M. A. S. L.. Avaliação da qualidade ambiental das águas e dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio Aurá (RMB) entre os anos de 2002 a 2018. In: MACHADO, F. S.; MOURA, A. S.. **Educação, meio ambiente e território 3**. Ponta Grossa: Atena, 2019. p.147-163.

SODRÉ, F. F.. Fontes difusas de poluição da água: Características e métodos de controle. **Artigos temáticos do AQQUA**, v.1, p.9-16, 2012.

SOUZA, A. O.; CARVALHO, C. M.; FILHO, R. R. G.; GARCIA, C. A. B.; CERQUEIRA, E. S. A.; CARVALHO, L. L. S.. **Investigação da qualidade de águas superficiais pelo índice do estado trófico no baixo são Francisco sergipano**. 2017.

SOUTO, C. K. B.; TELES, A. I. L.; ANDRADE, A. A.; XAVIER, B. V. M. P.; TORRES, E. E. S. A.; DIAS, E. C.; SILVA, G. P. C.; BARROS, K. C.; SOUZA, L. P.; PRATA, L. K. F.. Fatores antrópicos de poluição hídrica na bacia do tucunduba em Belém-PA. **Brazilian Journal Of Development**, v.5, n.9, p.13824-13834, 2019. DOI:

<http://doi.org/10.34117/bjdv5n9-014>

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M.. **Química Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

PANERO, F. S.; VIEIRA, M. F. P.; CRUZ, Â. M. F.; MOURA, M. F. V.; SILVA, H. E. B.. Aplicação da análise exploratória de dados na discriminação geográfica do quiabo do Rio Grande do Norte e Pernambuco. **Eclética Química**, v.34, n.3, p.33-40, 2009. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S0100-46702009000300004>

PIRATOBÁ, 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**, v.12, n.3, p.435-456, 2017. DOI:

<http://doi.org/10.4136/1980-993X>

TORMAM, M. F.; BORK, C. K.; GUEDES, H. A. S.; MANZKE, J.; FERRÃO, A. L.. Variabilidade Sazonal da Qualidade da Água na Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.4, n.2, p.54-59, 2017.

TOZI, S. C.. Conflitos Socioambientais em torno dos recursos hídricos na cidade de Belém, no Estado do Pará (Brasil). **Água y Territorio**, n.15, p.73-78, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.17561/at.15.4926>

TUCCI, C. E. M.. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.97-112, 2008.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VARELA, A. W. P.; SOUZA, A. J. N.; AVIZ, M. D.; PINFILDI, G. V.; SANTOS, R. M.; SOUSA, P. H. C.; SANTOS, M. L. S.. Qualidade da água e índice de estado trófico no rio Guamá, município de Belém (Pará, Brasil). **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.9, n.4, p.695-715, 2020.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao**

tratamento de esgotos. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.