



Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do Rio Comandaí, através do Índice de Qualidade da Água

Spatial-temporal water quality assessment of the Comandaí River through the Water Quality Index

Danilo Thomaz¹

 <https://orcid.org/0000-0003-3486-0669>  <http://lattes.cnpq.br/1730848438476957>

Luana Nunes Centeno²

 <https://orcid.org/0000-0001-9398-9863>  <http://lattes.cnpq.br/0801302302856431>

Samanta Tolentino Ceconello³

 <https://orcid.org/0000-0001-5903-6241>  <http://lattes.cnpq.br/0667595394126577>

RESUMO

O monitoramento dos recursos hídricos é um poderoso instrumento de avaliação e gestão da qualidade da água, uma vez que auxilia na redução dos impactos atrelados às atividades antrópicas. Contudo, para a realização do monitoramento da qualidade da água, é essencial conhecer o comportamento das características físicas, químicas e biológicas da água, ao longo do tempo e do espaço. Sendo assim, este estudo objetivou avaliar espacial e temporalmente a qualidade da água do Rio Comandaí, localizado na Região Hidrográfica do Uruguai, através do Índice de Qualidade da Água (IQA-Cetesb). Foram coletados dados de três pontos diferentes ao longo dos anos de 2018, 2019 e 2020. Nestes dados foram aplicados a formulação matemática multiplicativa aglomerativa do IQA Cetesb e por meio desta foi possível identificar três faixas de qualidade da água ao longo da variação espacial estudada, a saber, ruim, aceitável e boa, sendo o ponto 2 o que apresentou a maior variabilidade temporal. Por fim, concluiu-se que o IQA-Cetesb, poderá servir de base preliminar para o monitoramento e gestão do rio Comandaí e servir como uma ferramenta de comunicação com a sociedade em geral.

Palavras-chave: FEPAM; monitoramento ambiental; gestão hídrica; parâmetros limnológicos.

ABSTRACT

The monitoring of water resources is a powerful instrument for water quality assessment and management, as it helps to reduce impacts related to human activities. However, in order to carry out water quality monitoring, it is essential to know physical, chemical and biological

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Pelotas/RS – Brasil. E-mail: danilo_thomaz@yahoo.com.br

² E-mail: luanununescenteno@gmail.com

³ E-mail: samantaceconello@ifsul.edu.br



water characteristics over time and space. Therefore, this study aimed to evaluate spatially and temporally the water quality of the Comandá River, located in the Uruguay basin, through the Water Quality Index (WQI-Cetesb). Data were collected from three different points over the years 2018, 2019 and 2020. These data, the agglomerative multiplicative mathematical formulation of the WQI Cetesb was applied, which enabled the identification of three ranges of water quality throughout the historical series studied: poor, acceptable and good, with point 2 showing the greatest temporal variability. Finally, it was concluded that the WQI Cetesb can serve as a preliminary basis for the monitoring and management of the Comandá River as well as a communication tool with society in general.

Keywords: FEPAM; environmental monitoring; water management; limnological parameters.

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento de vital importância pois ela compõe a maior parte do planeta e também 70 % do corpo humano, também possuindo diversas utilidades. Sendo um dos elementos mais importantes, é necessário realizar o monitoramento deste recurso quando falamos de usá-la para consumo próprio ou para outras atividades. O monitoramento dos recursos hídricos é um poderoso instrumento de avaliação e gestão da qualidade da água, uma vez que auxilia na redução dos impactos atrelados às atividades antrópicas. (PEREIRA *et al.*, 2020). Contudo, para a realização do monitoramento da qualidade da água, é essencial conhecer o comportamento das características físicas, químicas e biológicas da água, ao longo do tempo e do espaço. (ARANTES *et al.*, 2020). Uma vez que, as concentrações e variações das variáveis limnológicas, podem alterar as características naturais da água.

O monitoramento dos recursos hídricos é um poderoso instrumento de avaliação e gestão da qualidade da água, uma vez que auxilia na redução dos impactos atrelados às atividades antrópicas. (PEREIRA *et al.*, 2020). Contudo, para a realização do monitoramento da qualidade da água, é essencial conhecer o comportamento das características físicas, químicas e biológicas da água, ao longo do tempo e do espaço. (ARANTES *et al.*, 2020). Uma vez que, as concentrações e variações das variáveis limnológicas, podem alterar as características naturais da água.

O monitoramento também se faz necessário para indicar prováveis mudanças na qualidade da água, em função do uso e ocupação do solo. (SALES *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021). Sendo assim, parcerias com órgãos de fiscalização, tornam-se cada vez mais eficazes, no sentido de auxiliar na detecção de mudanças na qualidade da água, facilitando na tomada de decisões técnicas e legais pelos órgãos competentes e assim, auxiliando no processo de preservação e recuperação dos ecossistemas. (SILVA *et al.*, 2020; COSTA *et al.*, 2021).

Entretanto, de acordo com Zhao *et al.* (2012), para uma compreensão global dos recursos hídricos é indispensável o uso de ferramentas estatísticas diversificadas, que apresentem uma visão global dos fenômenos ambientais, nos quais, na sua maioria, não são perceptíveis por ferramentas convencionais univariadas. Neste sentido, buscando facilitar a divulgação e a interpretação de dados para o público, bem como para se ter uma análise sistêmica dos parâmetros de qualidade da água vem se adotando o Índice de Qualidade da Água (IQA) (ANA, 2021), que é expresso através de



um valor único, apontando dessa forma a classificação da qualidade da água. (VON SPERLING, 2018).

Sendo assim, diversos estudos internacionais têm aplicado o IQA. Karunanidhi *et al.* (2020), utilizaram o IQA, para compreender a qualidade da água do rio Shanmuganadhi no sul da Índia, e como resultado encontraram 52% da água aproximadamente enquadrados com uma qualidade ruim ou péssima. Já Chabuk *et al.* (2019), realizaram uma avaliação da qualidade da água ao longo do Rio Tigre (Iraque), usando o índice de qualidade da água buscando compreender as interferências antrópicas nos resultados do IQA. Diversos outros estudos incorporaram o IQA, para analisar a qualidade da água em virtude da facilidade de aplicação e também de compreensão dos resultados obtidos. (VERMA *et al.*, 2019; ITICESCU *et al.*, 2019; NONG *et al.*, 2020; YUAN *et al.*, 2021).

No Brasil, alguns estados brasileiros já adotam o IQA, como principal índice de qualidade da água para avaliação da qualidade da água bruta, tendo em vista seu uso para o abastecimento público. (ANA, 2021). Neste intuito, cabe destacar, o Rio Comandaí, objeto deste estudo, como local para aplicação do IQA, em virtude da sua importância socioeconômica para a região. (SILVEIRA; ORTIZ, 2020). Ademais, o Rio Comandaí pertence à bacia hidrográfica Turvo/Santa Rosa/Santo Cristo (BHRT), sendo um dos vários afluentes que pertencem a bacia do rio Uruguai. (VIGOLO; BREDA; BORTOLIN, 2019). Esta bacia possui sua localização nas regiões norte-noroeste do Estado do Rio Grande do Sul e sua área abrange mais de quinze municípios. (DORA, 2013).

Sendo assim, o rio Comandaí é utilizado para a pecuária, consumo humano e irrigação das plantações, sendo que o plantio do milho, soja e trigo são bastante difundidos na região. (FEPAM, 2022). Essa bacia é composta por alguns poços e corredeiras formando várias cascatas. Desta forma, a área é um importante ponto turístico do estado do Rio Grande do Sul. Há também uma pequena central hidrelétrica, instalada no rio Comandaí. (SILVEIRA; WBATUBA; ORTIZ, 2020). Contudo, apesar da importância histórica, cultural e socioeconômica, são escassos os estudos relativos à qualidade da água neste rio. (FEPAM, 2022).

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

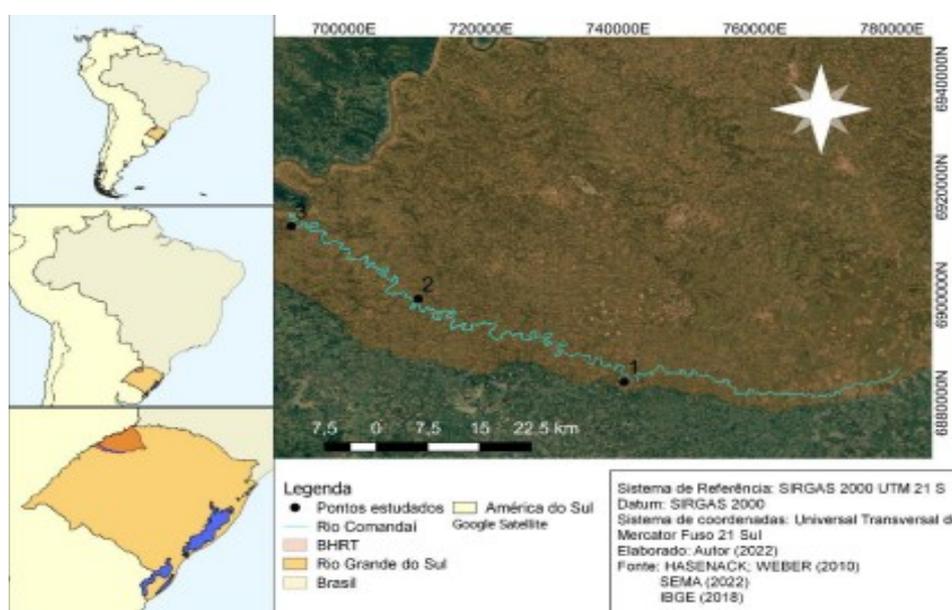
Localizada na Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, a Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo (BHRT), encontra-se nas coordenadas geográficas 27°07' a 28°13' de latitude Sul e 53°24' a 55°20' de longitude Oeste. Compreende uma área de 10.793 km², no qual se destacam os rios Turvo, Santa Rosa, Santo Cristo, Amandaú e Comandai. A população estimada é de 357.511 habitantes (2020), sendo 233.389 habitantes em áreas urbanas e 124.122 habitantes em áreas rurais.

O rio Comandaí (Figura 1), objeto deste estudo, tem uma extensão de 170 km, com uma área drenada de 1.431 km², um desnível de 1,51 m/km e uma rede de drenagem com comprimento de aproximadamente 1.235 km. Sua nascente está situada no



município de Giruá e sua foz no rio Uruguai, sua área de contribuição engloba 16 municípios.

Figura 1 – Mapa de localização do rio Comandaí, contendo os pontos de monitoramento.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As águas do rio Comandai são utilizados em de diversas formas como na captação de água superficial para abastecimento público (captações da CORSAN que abastecem Cândido Godói e Campina das Missões); no abastecimento de indústria; na criação animal; no lançamento de efluentes industriais e sanitários, junto às sedes urbanas e lançamento de carga poluidora da atividade pecuária; no lançamento de efluentes de depósitos de resíduos sólidos (aterros de Salvador das Missões, São Paulo das Missões e Campina das Missões); e também na geração de energia: PCH Comandaí e PCH Caraguatá. (FEPAM, 2022).

2.2. OBTENÇÃO DE DADOS

Foram utilizados dados da qualidade da água disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS (FEPAM), entre 2018 a 2020. Neste trabalho realizou-se uma análise temporal e espacial da qualidade da água em três pontos de monitoramento no Rio Comandaí, conforme a Tabela 2, sendo o ponto 1 mais próximo a nascente, o ponto 2 com maior proximidade dos centros urbanos e o ponto três mais próximo da foz que se localiza no rio Uruguai.

As coletas de água ocorreram a cada seis meses, sendo que os parâmetros monitorados foram: Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Sólidos Totais (ST), Turbidez (TH) e Temperatura da água (T_{H2O}).



Tabela 1 – Pontos de monitoramento localizados no rio Comandaí utilizados neste estudo .

Pontos	Coordenadas Geográficas
1	Latitude -54,560375; Longitude -28,139538
2	Latitude -54,864521; Longitude -28,00125
3	Latitude -55,052095; Longitude -27,879669

Fonte: FEPAM (2022).

As coletas foram realizadas pela FEPAM de acordo com a metodologia descrita pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, os métodos analíticos, bem como a preservação das amostras, seguem os procedimentos definidos por APHA (2005).

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Todos os parâmetros de qualidade da água foram submetidos à estatística descritiva, buscando realizar uma análise exploratória, bem como uma avaliação do comportamento da distribuição. Para isso, foram calculadas no Excel as medidas de posição (média aritmética e mediana), de dispersão (desvio padrão, variância e coeficiente de variação) e as que indicam o formato da distribuição (coeficientes de assimetria e curtose). Também foram utilizados gráficos de dispersão para analisar as variações espaciais das concentrações/valores de cada variável de qualidade da água. Ademais, os mesmos foram comparados com a resolução CONAMA 357/2005.

2.4. ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA

O cálculo do IQA se dá por meio do produto ponderado dos nove parâmetros listados acima através da seguinte fórmula:

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

Onde: *IQA*: Índice de Qualidade das Águas. Um número que varia entre 0 e 100, sendo o extremo superior considerado como de melhor qualidade. q_i = qualidade do *i*-ésimo parâmetro. Um número que varia entre 0 e 100, obtido através do emprego das equações contidas no Anexo 1. w_i = peso correspondente ao *i*-ésimo parâmetro (Tabela 3) fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade. *n* = número de parâmetros pertencentes ao IQA. A Tabela 2 apresenta os pesos adotados para o cálculo do IQA, segundo a Sperling (2018).

Com o resultado do IQA é possível classificar as informações semestrais de qualidade da água no ponto estudado no Rio Comandaí e separá-las por classes. Neste trabalho foi utilizada a seguinte classificação, referente ao Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 3), que foi uma adaptação realizada por técnicos da Fepam, Corsan e Dmae quando da



implantação da Rede Integrada de Monitoramento do Rio dos Sinos (1990-1996), através do Comitês Sinos. (FEPAM, 2022).

Tabela 2 – Pesos referente a cada uma das variáveis do IQA.

Parâmetros	Unidade	Peso
Oxigênio Dissolvido (OD)	% saturação	0,17
Potencial Hidrogeniônico (pH)	(Sem unidade)	0,12
Temperatura da água (T_{H_2O})	°C	0,10
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	mg/L	0,10
Nitrogênio Total (NT)	mg/L	0,10
Fósforo Total (PT)	mg/L	0,10
Sólidos Totais (ST)	mg/L	0,08
Coliformes Termotolerantes (CT)	NMP/100 ml	0,15
Turbidez (TH)	NTU	0,08

Fonte: SPERLING (2018).

Tabela 3 – Classificação do Índice de Qualidade das Águas Cetesb, adequada para o estado do Rio Grande do Sul.

Classificação	Cor	Faixa
Ótima	 Azul	91 < IQA ≤ 100
Boa	 Verde	71 < IQA ≤ 90
Aceitável	 Amarela	51 < IQA ≤ 70
Ruim	 Vermelha	26 < IQA ≤ 50
Péssima	 Preta	0 < IQA ≤ 25

Fonte: FEPAM (2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A análise exploratória de dados é um processo importante uma vez que explica a natureza dos dados, sendo assim a seguir são apresentados os resultados da estatística clássica de cada um dos parâmetros pertencentes ao IQA, separados por pontos. A Tabela 4 apresenta a análise descritiva dos pontos de monitoramento do rio Comandaí, pertencentes ao parâmetro temperatura da água.



Tabela 4 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento da temperatura da água, pertencente ao rio Comandaí.

T _{H2O}	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	19,89	21,53	22,19
Mediana	22,48	23,16	23,80
Moda	N/D*	N/D*	N/D*
Desvio padrão	4,23	4,44	4,70
Coefficiente de Variação	21,28	20,62	21,20
Mínimo	13,60	15,70	16,53
Máximo	23,40	27,09	28,30
Curtose	-1,50	-1,80	-1,86
Assimetria	-0,79	-0,25	-0,07

*N/D = não possui moda.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observando a média e a mediana nota-se que os pontos possuem valores muito próximos, demonstrando assim uma tendência à distribuição simétrica. A moda não corroborou com esta afirmação uma vez que, se percebe que para todos os pontos de T_{H2O} não foi encontrada moda, ou seja, não possuem valores que se repetem.

Por conseguinte, analisando o coeficiente de variação dos pontos em análise, nota-se que são classificados segundo o critério de Warrick e Nielsen (1980), como moderado ($12 \leq CV \leq 24\%$ moderado). Observa-se ainda que a amplitude de variação da temperatura entre os pontos analisados esteve entre 13,6 a 28,3°C.

Contudo, observa-se que a temperatura da água se encontra dentro da média das águas brasileiras. Krummenauer *et al.* (2021), em seu trabalho, avaliaram a qualidade da água da Sub-Bacia do Córrego José Joaquim, em Sapucaia do Sul (RS), e observou ao longo de seu estudo que a temperatura variou obtendo de mínimo, 19,6°C e de máximo 29,7°C. Os autores notaram também que nos pontos com as temperaturas mais elevadas, foram onde possuíam lançamento in natura de esgoto.

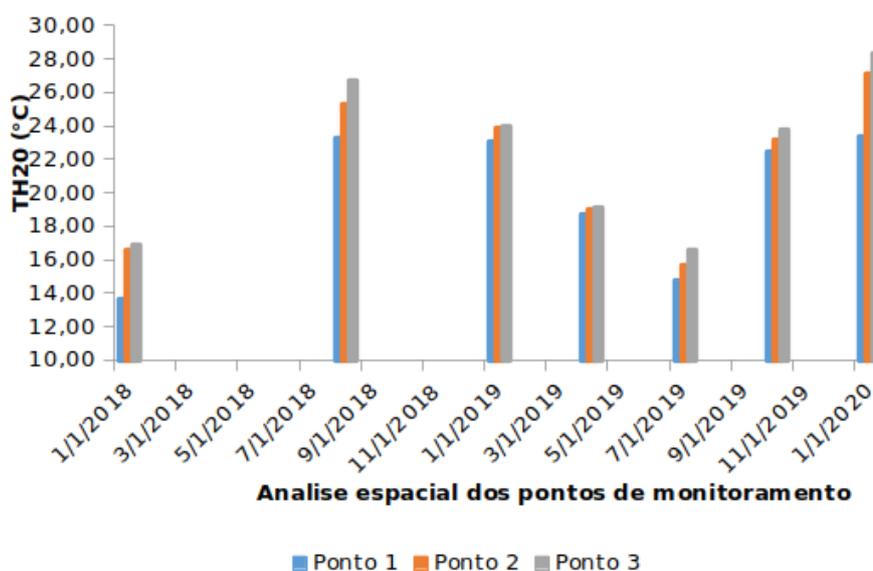
Em seu estudo para determinação do IQA em um ponto do ribeirão São Bartolomeu, no município de Viçosa/MG, Muniz (2019), descreve que as alterações da temperatura da água podem ser ocasionadas por fontes antropogênicas ou naturais. Além disso, os ambientes aquáticos brasileiros podem apresentar temperaturas que variam entre 20 a 30°C. Em seu trabalho no ponto de amostragem, obteve na faixa comumente encontrada nos ambientes aquáticos, ou seja 25°C, estando assim situado na faixa entre 20 e 30°C.



De acordo com Von Sperling (2018), quando ocorre a elevação da temperatura aumenta a taxa de reações químicas e biológicas, e diminui a solubilidade dos gases, aumentando consequentemente a taxa de transferência de gases.

Com relação a Figura 2, é possível analisar a variação temporal dos três pontos em análise, sendo que os três pontos apresentam uma variabilidade espacial semelhante, as menores temperaturas foram encontradas no ponto 1 e as maiores no ponto 3 ao longo da análise espacial dos pontos de monitoramento realizada.

Figura 2 - Análise da variação temporal da temperatura da água no rio Comandaí.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A estatística descritiva do oxigênio dissolvido, apresentada na Tabela 5, mostra que o valor máximo de concentração dentre os pontos analisados é de 9,75 mg/L, para o ponto 2 em 01/03/2019 (Figura 3) e a menor concentração de 4,20 mg/L para o ponto 3 em 01/01/2018 (Figura 3), estando este abaixo do valor mínimo exigido pela resolução CONAMA 357/2005 classe II para água doce, sendo está de 5 mg/L. (BRASIL, 2005).

Analisando o coeficiente de variação de todos os pontos, segundo o critério de Warrick e Nielsen (1980), é alto nos pontos 1 e 3, ou seja, $CV > 24\%$ alto, no ponto 2 ele se encontra moderado ($12 \leq CV \leq 24\%$ moderado). Os valores da assimetria são negativos, ou seja, a distribuição da assimetria irá apontar para a esquerda. Porém, no ponto 3, o valor do coeficiente de curtose foi positivo, e curtose para os pontos 1 e 2 que apresentaram valores negativos indicando um gráfico platicúrtica. (MELO *et al.*, 2021).

Observa-se analisando a Figura 3 que os menores valores de oxigênio dissolvido foram em 01/01/2018 com uma tendência de crescimento até meio de 2019, onde atingiu o pico de 9,75 mg/L (Tabela 5), se estabilizando logo em seguida em torno de 6 mg/L até 8 mg/L, estando os valores médios em torno de 7 mg/L (Tabela 5). O esgotamento de oxigênio dos mananciais pode ser resultado de uma descarga em excesso de material orgânico.



Tabela 5 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento do oxigênio dissolvido da água, pertencente ao rio Comandaí.

OD	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	7,54	7,74	7,26
Mediana	8,17	8,12	7,80
Moda	N/D*	N/D*	N/D*
Desvio padrão	2,06	1,51	1,78
Coefficiente de Variação	27,29	19,55	24,47
Mínimo	4,30	5,77	4,20
Máximo	9,67	9,75	9,54
Curtose	-0,75	-1,17	0,23
Assimetria	-0,94	-0,30	-0,66

*N/D = não possui moda.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para OD, a ANA (2022), informa que quando a concentração estiver abaixo de 5 mg/L em um ponto não significa que a fonte poluidora esteja próxima, mas pode significar que a ocorrência se dá em um ponto à montante do ponto da coleta. Sendo assim, exposições prolongadas a baixas concentrações pode não significar a morte de alguns organismos, porém, pode aumentar a susceptibilidade ao estresse hídrico.

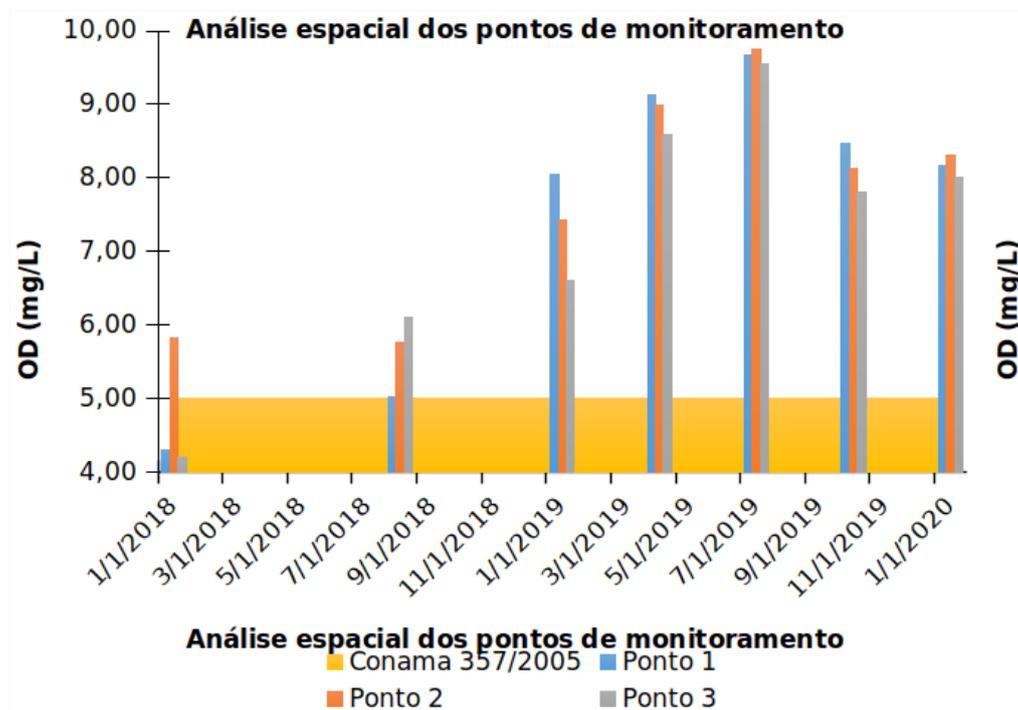
Já quando o OD em água está em uma concentração inferior a 2 mg/L, poderá ocasionar à morte da maioria dos organismos presentes no corpo hídrico, contudo a maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água abaixo a 4,0 mg/L. (SPERLING, 2018).

Para águas limpas as concentrações de oxigênio dissolvido são mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, em águas eutrofizadas que são ricas em nutrientes, fósforo e nitrogênio, a concentrações de oxigênio é superior a 10 mg/L, causando assim a supersaturação. (SPERLING, 2018).

Posteriormente com relação a Demanda Bioquímica de Oxigênio, observa-se que a média, mediana e a moda, dos três pontos analisados na Tabela 6, encontram-se próximos, sendo este um indicativo de que os dados apresentam uma tendência de variabilidade ao longo do espaço uniforme. Contudo, ao se analisar a assimetria e a curtose observa-se que estes diferem dos resultados das métricas acima, indicando a existência de curvas possivelmente leptocúrticas, ou seja, possui a curva da função de distribuição mais afinada, cujo o pico é mais alto do que na distribuição normal. Observa-se ainda que assim como os dois parâmetros anteriormente a DBO_5 é classificada de acordo com Warrick e Nielsen (1980), como alta variação.



Figura 3 – Análise da variação temporal do oxigênio dissolvido no rio Comandaí.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 6 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento da demanda bioquímica de oxigênio, pertencente ao rio Comandaí.

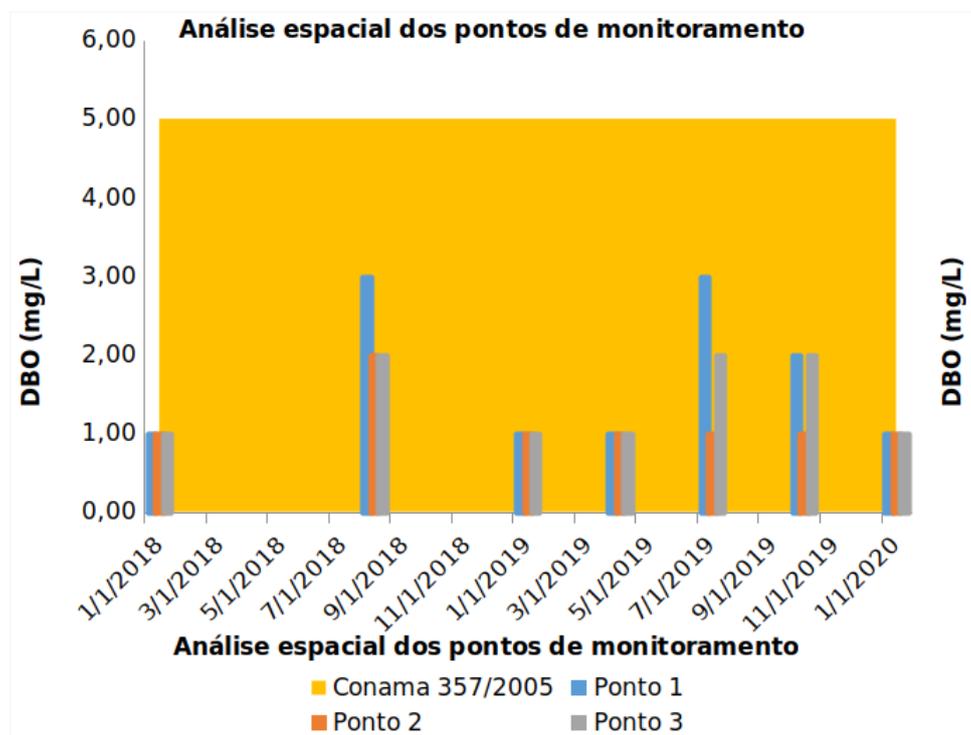
DBO ₅	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	1,71	1,14	1,43
Mediana	1,00	1,00	1,00
Moda	1,00	1,00	1,00
Desvio padrão	0,95	0,38	0,53
Coefficiente de Variação	55,49	33,07	37,42
Mínimo	1,00	1,00	1,00
Máximo	3,00	2,00	2,00
Curtose	-1,69	7,00	-2,80
Assimetria	0,76	2,65	0,37

Fonte: Elaborada pelos autores.

Por fim, analisando a amplitude de variação observa-se que as concentrações estiveram em toda a análise espacial (Figura 4), dentro dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA 357/2005, ou seja, até de 5 mg/L. (BRASIL, 2005).



Figura 4 – Análise da variação temporal da demanda bioquímica da água no rio Comandáí.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Posteriormente, analisando a Tabela 7 que contém a análise descritiva do pH, assim como a DBO₅, este apresentou a média e a mediana com valores muito próximos entre si, porém, não apresentou valores de moda em nenhum dos pontos analisados. Ademais, pode-se observar que a variação dos dados é classificada como baixa. (WARRICK; NIELSEN, 1980).

Já com relação aos maiores valores de pH, observa-se que a amplitude de variação foi pequena sendo o maior valor de 7,6 para o ponto 1 em 01/03/2019 (Figura 5) e o menor valor de 6,8 no ponto 3 em 01/02/2018. Contudo, ao longo de toda a análise espacial (Figura 5), os pontos estiveram entre 6 e 9 que é a faixa de amplitude permitida pelo CONAMA 357/2005. (BRASIL, 2005).

A classificação do pH estabelece uma escala que varia entre 0 e 14, ou seja, quanto maior for a proximidade de zero, mais ácida será a água e quanto mais próximo de 14, mais alcalina ela será. (SPERLING, 2005).

Posteriormente, analisando a turbidez (Tabela 8) observa-se que esta não apresentou valores de moda. Porém, com relação à média e a mediana, o ponto 3 apresentou valores próximos entre eles e o ponto 1 e 2 mais distantes. Analisando a assimetria e a curtose, observa-se que com relação a assimetria que seus valores são positivos, já o coeficiente de curtose apresenta valores negativos no ponto 2 e 3 e positivo apenas no ponto 1.



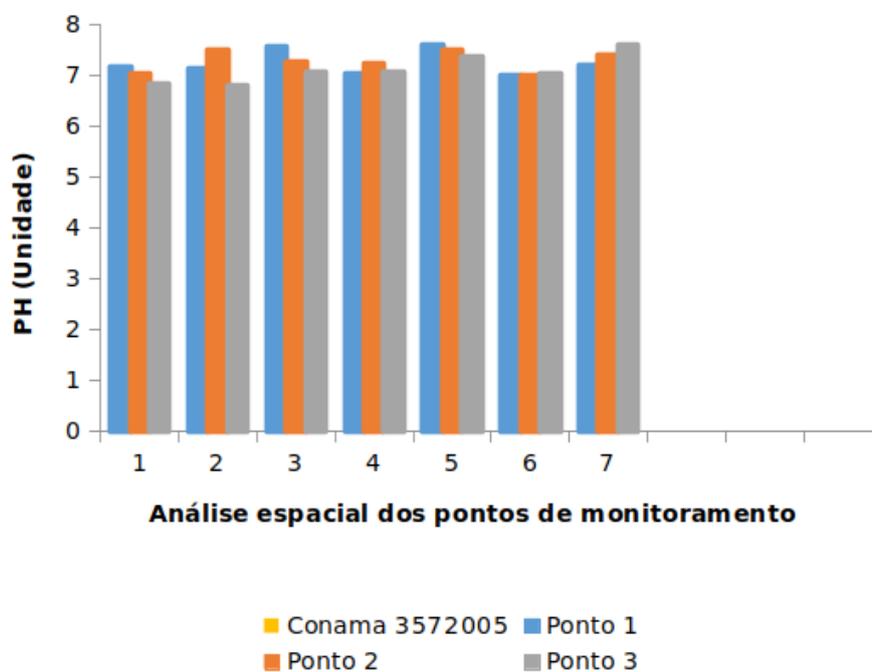
Tabela 7 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento do pH, pertencente ao rio Comandaí.

pH	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	7,24	7,27	7,11
Mediana	7,15	7,26	7,05
Moda	N/D*	N/D*	N/D*
Desvio padrão	0,24	0,20	0,28
Coefficiente de Variação	3,33	2,81	3,96
Mínimo	7,00	7,01	6,80
Máximo	7,60	7,51	7,59
Curtose	-0,97	-1,55	-0,12
Assimetria	0,90	-0,28	0,82

*N/D = Não possui moda.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 5 – Análise da variação temporal do pH no rio Comandaí.



Fonte: Elaborada pelos autores.



Tabela 8 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento da turbidez, pertencente ao rio Comandaí.

TH	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	46,48	56,98	44,23
Mediana	28,45	44,70	43,82
Moda	N/D*	N/D*	N/D*
Desvio padrão	46,35	43,04	32,36
Coefficiente de Variação	99,72	75,54	73,16
Mínimo	11,89	14,12	8,23
Máximo	141,20	129,00	87,40
Curtose	3,09	-0,34	-1,50
Assimetria	1,79	0,96	0,42

*N/D = Não possui moda.

Fonte: Elaborada pelos autores.

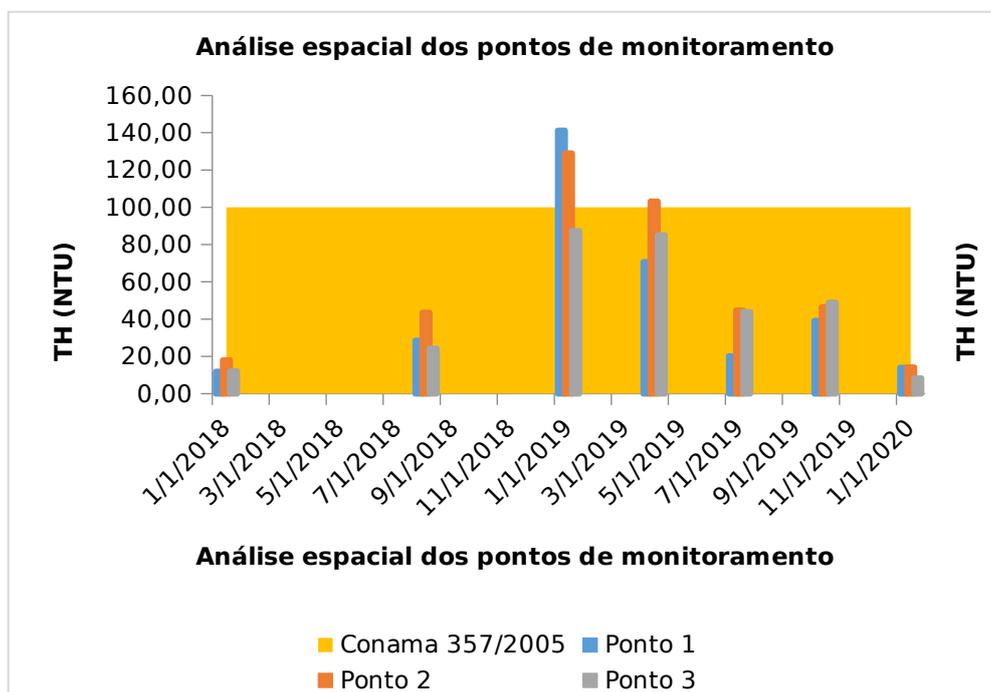
Os coeficientes de variação também apresentaram uma alta variação de acordo com Warrick e Nielsen (1980). Sendo que o maior valor foi encontrado no ponto 1 (141,2 NTU) e a menor concentração no ponto 3 (8,23 NTU), estas concentrações, analisando a variação espacial, Figura 6, ocorreram respectivamente em 01/01/2019 e em 01/01/2020. Por estarem próximos a centros urbanos podemos estimar que o lançamento de efluentes possa ser um dos fatores que causaram valores fora do que preconiza a legislação, mas também pode haver relação com a presença de matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas. Não foi possível inferir se a precipitação tem alguma relação.

Os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais podem provocar elevações na turbidez da água. (SPERLING, 2018). Ademais, a elevação na turbidez contribui para a redução da fotossíntese e do desenvolvimento de plantas no meio aquático, prejudicando assim as espécies existentes. (CETESB, 2017).

Os sólidos totais (Tabela 9), apresentaram valores de média e mediana bem distintos em cada um dos pontos analisados indicando que possivelmente os pontos espaçados apresentam heterogeneidade entre as concentrações pontuais ao longo do tempo. Contudo, a média entre os pontos apresentam-se próximas podendo ser um indicativo de que ao longo do espaço apresenta pouca variação. Com relação ao coeficiente de variação, assim como, nas demais variáveis supracitadas, os sólidos totais também apresentaram uma variação alta. (WARRICK; NIELSEN, 1980).



Figura 6 – Análise da variação temporal da turbidez no rio Comandaí.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 9 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento dos sólidos totais, pertencente ao rio Comandaí.

ST	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	106,43	115,43	114,14
Mediana	77,00	91,00	96,00
Moda	N/D*	N/D*	N/D*
Desvio padrão	58,81	50,03	53,96
Coefficiente de Variação	55,26	43,35	47,28
Mínimo	48,00	64,00	58,00
Máximo	202,00	180,00	184,00
Curtose	-0,81	-2,20	-2,12
Assimetria	0,86	0,41	0,34

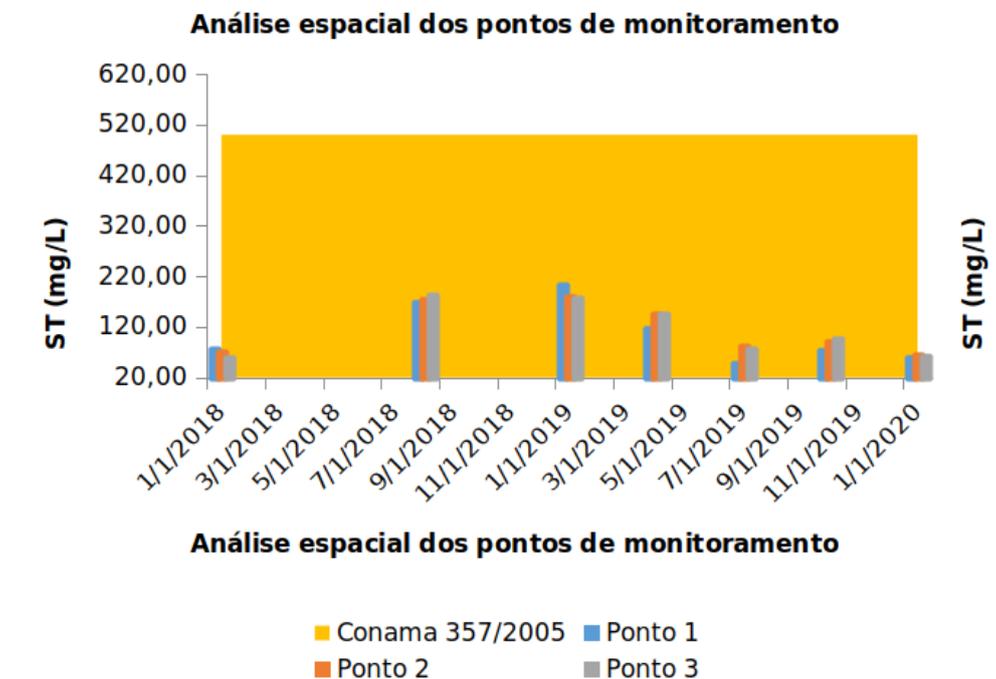
*N/D = não possui moda.

Fonte: Elaborada pelos autores.



Quando analisando os valores máximos frente a CONAMA 357/2005, observa-se que estiveram dentro do permitido (500 mg/L), uma vez que, o valor máximo de sólidos totais foi de 202 mg/L, sendo este em 01/01/2019 (Figura 7).

Figura 7 - Análise da variação temporal dos sólidos totais no rio Comandaí.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A presença de elevadas concentrações de sólidos totais no recurso hídrico, pode vir a causar danos aos peixes e à vida aquática, pois, os sólidos podem vir a sedimentar no leito dos rios, provocando a destruição de organismos que servem de alimentos aos peixes e, também, podem prejudicar os locais de desova de peixes. (CETESB, 2017; ANA, 2021).

A análise descritiva do nitrogênio total (Tabela 10), mostra que os valores médios do ponto 1 e do ponto 3 estiveram mais próximos entre si quando comparados ao ponto 2. Com relação ao coeficiente de variação este apresentou a classificação de acordo com Warrick e Nielsen como: > 24%, ou seja, classificação alta.

Observa-se na Figura 8, que o nitrogênio total esteve dentro do limite permitido pelo CONAMA 357/2005, ao longo de todo o período analisado, ou seja, menor que 2,18 mg/L para ambientes lóticos. (BRASIL, 2005).

Neste sentido cabe destacar que o nitrogênio nos corpos d'água pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações pode causar doença chamada metahemoglobinemia infantil, letal para crianças. (SPERLING, 2018). Também é o nutriente que mais agrava a eutrofização, está acaba levando à mortandade de peixes, algas e, afetando toda a cadeia alimentar. (CETESB, 2017; ANA, 2021).



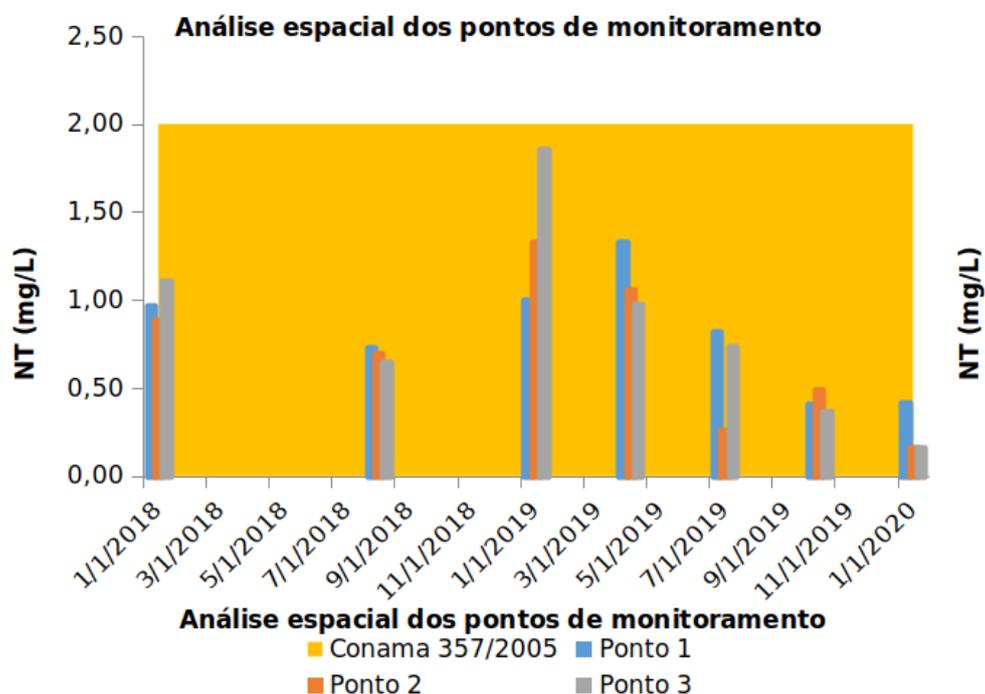
Tabela 10 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento do nitrogênio total, pertencente ao rio Comandáí.

NT	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	0,81	0,70	0,84
Mediana	0,82	0,70	0,74
Moda	N/D*	N/D*	N/D*
Desvio padrão	0,33	0,43	0,56
Coefficiente de Variação	40,64	61,04	66,45
Mínimo	0,41	0,16	0,16
Máximo	1,33	1,33	1,86
Curtose	-0,50	-1,16	1,16
Assimetria	0,15	0,18	0,90

*N/D = não possui moda.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 8 – Análise da variação temporal do nitrogênio total no rio Comandáí.



Fonte: Elaborada pelos autores.



Já com relação ao fósforo total (Tabela 11), as concentrações médias do ponto 2 e 3 foram muito similares. Contudo, nenhum dos pontos analisados apresentou moda. Já o coeficiente de variação, este apresentou a classificação de acordo com Warrick e Nielsen (1980), como alta.

Tabela 11 – Análise descritiva, por pontos de monitoramento do fósforo total, pertencente ao rio Comandáí.

PT	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	0,12	0,20	0,20
Mediana	0,03	0,05	0,06
Moda	N/D*	N/D*	N/D*
Desvio padrão	0,18	0,35	0,25
Coeficiente de Variação	151,39	177,32	120,67
Mínimo	0,01	0,03	0,05
Máximo	0,51	0,99	0,70
Curtose	5,79	6,67	2,33
Assimetria	2,36	2,57	1,71

*N/D = não possui moda.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com relação a variação espacial contida na Figura 9, observa-se que o máximo permitido pela resolução CONAMA 357/2005 é de 0,05 mg/L., porém, em 01/07/2019 e 01/01/2019, o ponto 2 e 3 alcançaram as maiores concentrações, estando estes fora dos limites estabelecidos pela legislação. (BRASIL, 2005). Os pontos 2 e 3 se encontram mais próximos a centros urbanos e podemos estimar que os fatores antrópicos possam ser um dos motivos que causaram valores fora do que preconiza a legislação.

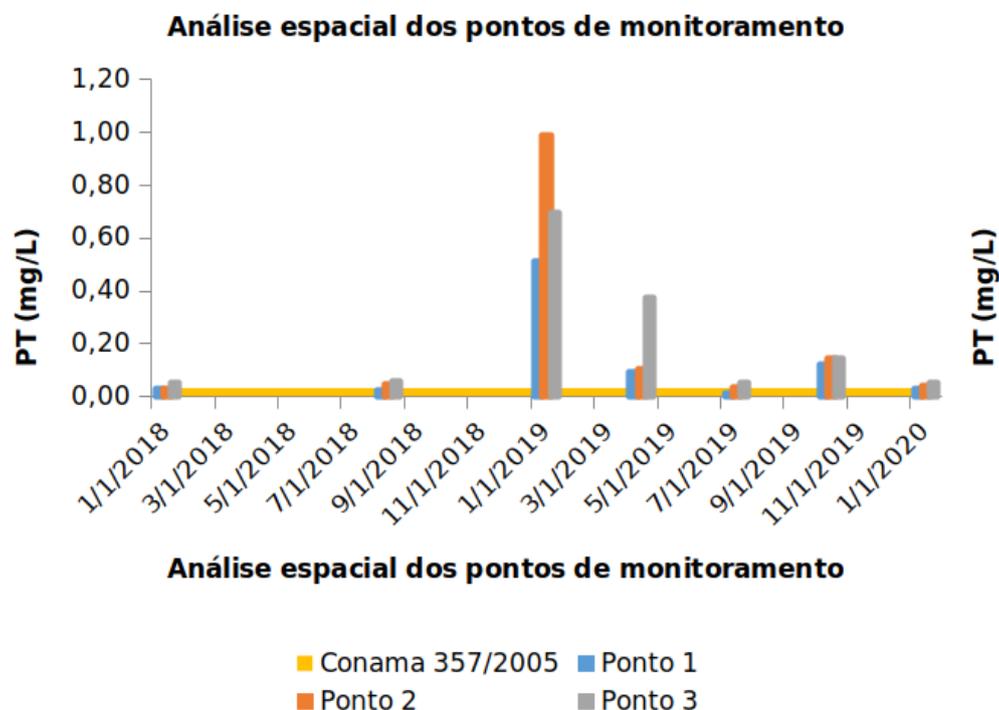
O aumento da concentração de PT nas águas superficiais, tem como principal efeito a eutrofização, assim como o NT. Esse processo consiste no enriquecimento das águas por nutrientes que propicia um crescimento rápido do fito plâncton, provocando assim o aumento da turbidez da água. (SPERLING, 2018). Com o aumento da turbidez as algas em maior profundidade deixam de receber luz, impedindo que a fotossíntese seja realizada, causando a morte e fazendo assim com que as algas entrem em decomposição. (ANA, 2021).

Observa-se com base na Tabela 12 e na Figura 10 que as concentrações médias dos CT, nos pontos estudados apresentaram uma variação. Sendo que o ponto 1 apresentou a menor concentração média de CT que 815,31 mg/L. Ademais o ponto 1 não apresentou moda e seus valores de média e mediana, apresentaram-se distantes, mostrando assim, que temporalmente as concentrações não se apresentaram homogêneas. Já com relação ao ponto 2 e 3 ambos apresentaram valores semelhantes



entre si. Os coeficientes de variação apresentaram-se altos em todos os pontos analisados. (WARRICK; NIELSEN, 1980).

Figura 9 - Análise da variação temporal do fósforo total no rio Comandaí.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 12 - Análise descritiva, por pontos de monitoramento dos coliformes termotolerantes, pertencente ao rio Comandaí.

CT	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Média	815,31	1234,99	1173,53
Mediana	547,50	1119,90	1119,90
Moda	N/D*	2419,60	2419,60
Desvio padrão	829,94	1034,15	1103,02
Coeficiente de Variação	101	83	93
Mínimo	132,00	121,00	41,00
Máximo	2419,60	2419,60	2419,60
Curtose	1,69	-2,38	-2,42
Assimetria	1,40	0,14	0,10

*N/D = não possui moda.

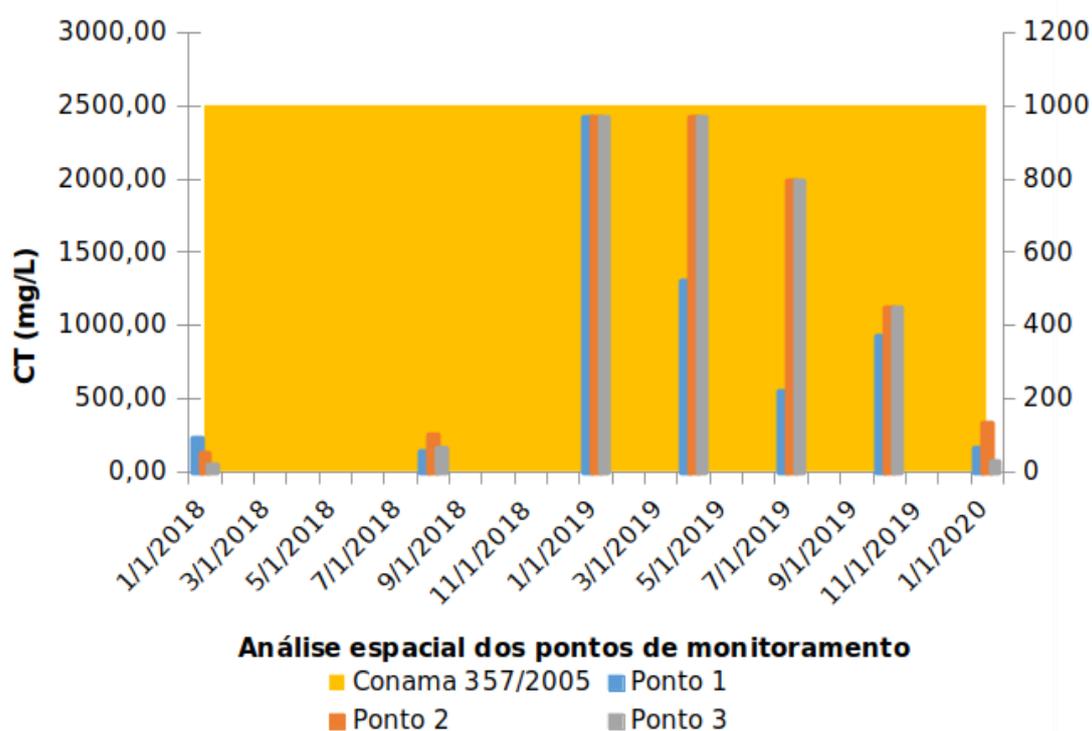
Fonte: Elaborada pelos autores.



Com relação a variabilidade temporal dos dados de coliformes termotolerantes, observa-se por meio da Figura 10, que todos os pontos estiveram acima do permitido pela resolução CONAMA 357/200, uma vez que o estabelecido pela legislação é que não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. (BRASIL, 2005). Por estarem próximos a centros urbanos podemos estimar que o lançamento de efluentes possa ser um dos fatores que causaram valores fora do que preconiza a legislação.

Os coliformes estão entre os principais microrganismos utilizados como indicadores de poluição de origem fecal ou oriundos de bactérias que ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais. (SOARES *et al.*, 2020). Segundo Matias *et al.* (2018), a presença de coliformes em níveis altos, acima do limite permitido pela legislação, sugerem que a água é imprópria para o consumo, para a dessedentação de animais, para irrigação e para o lazer, devido ao alto risco de adquirir doenças de veiculação hídrica.

Figura 10 – Análise da variação temporal dos coliformes termotolerantes no rio Comandá.



Fonte: Elaborada pelos autores.

3.2. ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O índice de qualidade da água neste estudo foi analisado espacial e temporalmente, conforme observa-se na Tabela 13.



Tabela 13 - Classificação espaço-temporal do índice de qualidade da água do rio Comandaí.

Períodos adotados	IQA		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1/2018	65	72	68
2/2018	65	68	65
1/2019	52	49	60
2/2019	59	55	60
3/2019	71	62	63
4/2019	70	67	66
1/2020	78	75	79

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.2.1. Análise Temporal

Com relação ao ponto 1 observa-se que de 2018 a 2020 houve uma variação de faixa do IQA, ou seja, de 01/2018 até 02/2019 ele esteve na faixa aceitável e posteriormente passou para a faixa boa, onde se manteve até o final da série espacial analisada.

Posteriormente, analisando o ponto 2 observa-se que este apresenta uma maior variabilidade em sua qualidade ao longo da variação espacial, pois em 1/1/2018 obteve uma classificação boa já em 1/2/2018 a qualidade da água passou a ser aceitável e em 1/01/2019 esteve classificada como ruim. Posteriormente de 1/02/2019 a 1/04/2019 voltou a estar na faixa aceitável e em 1/01/2020 foi para a faixa boa.

Por fim, o ponto 3 apresentou-se com uma qualidade aceitável em todos os períodos analisados, com exceção de 1/01/2020 no qual passou a ter uma qualidade classificada como boa.

3.2.2. Análise Espacial

Já ao analisar espacialmente os pontos monitorados, observa-se que no período de 1/1/2018 apenas o ponto 2 apresentou uma classificação boa, os demais estiveram na faixa aceitável, já no segundo período de 2018 não ocorreu variação na qualidade, todos se mantiveram na faixa aceitável, assim como em 1/02/2019. Já em 1/01/2019 o ponto dois estava na faixa ruim e os demais pontos na faixa aceitável.

O IQA para o ponto 1 em 1/3/2019 passou a ter classificação como boa e os pontos 2 e 3 permaneceu como aceitável. Em 1/4/2019 os pontos 1, 2 e 3 permaneceram sem alteração, com relação ao período anterior. Por fim, em 1/1/2020 observa-se que o ponto 1, 2 e 3 encontram-se com a mesma classificação de IQA, com boa qualidade.

Com relação às precipitações existentes na área não foram encontradas seções de monitoramento pluviométricas da ANA, contudo a FEPAM disponibilizou juntamente com os parâmetros de qualidade da água uma análise qualitativa dos períodos em que ocorreram chuvas e a sua intensidade (Tabela 14).



Tabela 14 – Análise qualitativa da presença ou ausência de chuvas rio Comandaí.

Períodos adotados	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1/2018	Ausente	Ausente	Ausente
2/2018	Ausente	Ausente	Ausente
1/2019	Forte	Forte	Forte
2/2019	Ausente	Ausente	Ausente
3/2019	Fraca	Fraca	Fraca
4/2019	Ausente	Fraca	Fraca
1/2020	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando a Tabela 14 observa-se que nos períodos onde ocorreram chuvas fracas, fortes ou ausências o IQA no ponto 1 se manteve entre boa e aceitável. Em contraponto a isso, no ponto 2 em épocas de chuvas fracas ou ausentes, o IQA se manteve aceitável ou boa e em chuva forte o IQA esteve na faixa ruim, podendo estar relacionado a deposição de materiais oriundos de efluentes sanitários, da agropecuária, e dessedentação de animais, assim como de processos erosivos. (SPERLING, 2018). Por fim o ponto 3 apresentou semelhança com o ponto 1, mesmo com a alternância de dias de chuva fraca, forte ou ausente, o IQA se manteve entre a faixa boa e aceitável.

Desta maneira, infere-se que pode ou não haver uma relação direta com a precipitação e as faixas de qualidade da água do IQA, pois na grande maioria dos casos em que a precipitação esteve ausente a qualidade da água se manteve boa. Porém, há períodos em que a qualidade da água estava aceitável e não ocorreu precipitação

Ademais, outros fatores como a hidráulica do manancial e os fatores atrelados ao desenvolvimento antrópico, podem ter influenciado na qualidade da água do Rio Comandaí. Mendonça (2020), ressalta que ambientes perturbados pelas atividades antrópicas, junto com crescimento sem planejamento de uso e ocupação sustentáveis geram impactos diretos nos recursos hídricos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se com base na análise descritiva dos pontos de monitoramento, que os parâmetros de qualidade da água supracitados, com exceção do OD, apresentaram os maiores valores/concentrações, em 01/01/2019, estando na grande maioria fora do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, tornando possível aceitar a hipótese de que os pontos de monitoramento do Rio Comandaí apresentam variações em sua qualidade, tanto ao longo do tempo como do espaço.



Ademais, é possível observar que o ponto 1, em todos os parâmetros com exceção dos nutrientes, fósforo total e nitrogênio total, se apresentou com as maiores concentrações e o ponto 3 com as menores concentrações. Este fato pode estar relacionado com os tipos de atividades antrópicas existentes próximas aos pontos amostrais.

Já com relação ao IQA-Cetesb, conclui-se que a qualidade da água no Rio Comandaí, apresentou variação no tempo e no espaço, sendo que a variação foi da faixa ruim à boa, porém na maior parte do estudo esteve na faixa aceitável. Por fim foi possível observar que a análise qualitativa pluviométrica, fornecida pela FEPAM, pouco influenciou nas faixas de classificação do IQA Cetesb.

Para estudos futuros sugere-se, uma análise espaço-temporal do rio Comandaí na tentativa de relacionar o uso e ocupação do solo com as faixas do IQA, assim como sugere-se uma reestruturação dos pesos do IQA, de acordo com a realidade deste manancial.

Por fim, este estudo aceitou a hipótese de que o IQA-Cetesb, poderá servir de base preliminar para o monitoramento e gestão do rio Comandaí e destacar ainda que este estudo, servirá como uma ferramenta de comunicação com a sociedade em geral, mas vez que se apresenta de forma clara e objetiva e de fácil compreensão (através das cores das faixas estabelecidas) as condições de qualidade do manancial em questão.

5. REFERÊNCIAS

ANA. **Indicadores de Qualidade**. Índice de Qualidade das Águas (IQA). Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento, 2022. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 13 nov. 2022.

ANA. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento, 2007. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA%20DO%20ENQUADRAMENTO.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

ANA. **Gestão de águas**: política nacional de recursos hídricos. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 19 nov. 2021.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. São Paulo: Lmc - Pharmabooks, 2005.

ARANTES, Jonathan Oliveira *et al.* Monitoramento qualitativo da água do ribeirão abóbora do município de Rio Verde GO, como instrumento de gestão de recursos hídricos. **Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v.26, n.1, p.158-165, 2020.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 18 de março de 2005**. Brasília: Diário Oficial da União, 2005.



CETESB. **Apêndice E - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Appendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2022.

CHABUK, Ali *et al.* Water quality assessment along Tigris River (Iraq) using water quality index (WQI) and GIS software. **Arabian Journal of Geosciences**, v.13, n.14, p.1-16, dez. 2019.

COSTA, Jamerson Souza da *et al.* Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central. **Scientia Plena**, v.17, n.9, p.1-19, out. 2021.

DORA, A. S. **Quantificação de reservas renováveis de água subterrânea em bacias hidrográficas a partir de séries históricas de vazão:** uma ferramenta para a gestão de bacias. 2013. 84 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FEPAM. **Projeto monitoramento da qualidade da água - PNMA II.** Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental, 2022. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/monitoramento-da-qualidade-da-agua>. Acesso em: 15 fev. 2022.

ITICESCU, Catalina *et al.* Lower danube water quality quantified through WQI and multivariate analysis. **Water**, v.11, n.6, p.1-20, 24 jun. 2019.

KARUNANIDHI, D. *et al.* Quality Index (WQI) method in the Shanmuganadhi River basin of South India. **Environmental Geochemistry and Health**, v.43, n.2, p.1-100, jun. 2020.

KRUMMENAUER, Anne; BASSO, Luis Alberto. Avaliação da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim, Sapucaia do Sul-RS. **Revista Geografar**, Curitiba, v.16, n.2, p.401-425, set. 2021.

MATIAS, Maria Iraíldes de Almeida Silva; SANTOS, João Victor da Silva; FREITAS, Rômulo Magno Oliveira; MATIAS, Larissa Carolina Silva. Qualidade de corpos hídricos no extremo Sul da Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.13, n.2, p.235, abr. 2018.

MELO, Valneli da Silva; LIMA, Lourivaldo Mota. Caracterização da chuva da microrregião de Catolé do Rocha no estado da Paraíba baseada em estatística aplicada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.36, n.1, p.97-106, mar. 2021.

MENDONÇA, Livia Peres Carneiro de. **Influências da capacidade de disponibilização hídrica (do Reservatório de Santa Maria) - Sistema de Abastecimento de Água Torto/Santa Maria - DF.** 2020. 153 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

MUNIZ, Gustavo Lopes. Qualidade da água do Ribeirão São Bartolomeu avaliada pelo índice de qualidade da água em ponto de captação para abastecimento no período seco. **Holos**, v.7, p.1-19, dez. 2019.



- NONG, Xizhi *et al.* Evaluation of water quality in the South-to-North Water Diversion Project of China using the water quality index (WQI) method. **Water Research**, v.178, n.15, 115781, jul. 2020.
- NOVICKI, Darlan. **Diversidade de simúlídeos (diptera: simuliidae) em riachos da bacia do Rio Comandaí, Alto Rio Uruguai**. 2017. 25 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.
- OLIVEIRA, Alisson Souza de *et al.* Correlação da qualidade de água bruta e doenças de veiculação hídrica em Três Corações/MG. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.4, p.337-352, abr. 2021.
- PEREIRA JUNIOR, Antônio *et al.* Aplicação do índice de qualidade da água no rio Ipixuna e avaliação das condições de balneabilidade com a percepção ambiental dos usuários. **Research, Society and Development**, v.10, n.4, p.1-20, abr. 2021.
- SALES, João Marcos Jesus *et al.* Variabilidade espaço-temporal da qualidade da água em área de agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.14, n.3, p.1-15, nov. 2020.
- SILVEIRA, Daniel Claudy da; WBATUBA, Berenice Beatriz Rossner; ORTIZ, Luís Cláudio Villani. Planejamento estratégico de desenvolvimento para a região do Core de Missões/RS-Brasil. **Geosul**, v.35, n.75, p.1-6, jun. 2020.
- SILVEIRA, Gabriel Tadeu *et al.* Estudo da qualidade da água da lagoa da Pampulha/Belo Horizonte-MG. **Revista Uniaraguaia (Online)**, Goiânia, v.16, n.1, p.121-137, abr. 2021.
- SOARES, Sasha Catarine da Rocha; COSTA, Francimara Souza da. Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água em assentamento rural do Amazonas: o caso do PA Pacιά (Lábrea/AM). **Águas Subterrâneas**, v.34, n.2, p.1-8, 27 mai. 2020.
- TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Rio Grande do Sul: ABRH/Editora da UFRGS, 2012.
- VERMA, Poornima *et al.* Assessment of groundwater quality status by using water quality index (WQI) and geographic information system (GIS) approaches: a case based on range mapping method. **Computers & Electrical Engineering**, v.96, 107508, dez. 2021.
- VIGOLO, Morgana; BREDA, Bianca; BORTOLIN, Taílson Anderson. Estudo fisiográfico da sub-bacia pertencente à bacia do Rio Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo, Rio Grande do Sul. **Acta Brasiliensis**, v.3, n.2, p.1-6, mai. 2019.
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2018.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980.
- YUAN, Tian *et al.* RM-IQA: a new no-reference image quality assessment framework based on range mapping method. **Computers & Electrical Engineering**, v.96, 107508, dez. 2021.



ZHAO, Y. *et al.* Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, v.13, p.1213-1226, 2012.

Submetido em: **16/11/2022**

Aceito em: **23/02/2023**