



## ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA NA REGIÃO DO BAIXO PARAÍBA DO SUL NO PERÍODO DE 2012 A 2019

CRAVINHO, Adolfo Oliveira<sup>1</sup>; NUNES, Carolina Ramos de Oliveira<sup>2</sup>; DE OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos<sup>3</sup>; ARAÚJO, Thiago Moreira de Rezende<sup>4</sup>

### RESUMO

A Bacia do rio Paraíba do Sul é responsável pelo abastecimento de inúmeras pessoas ao longo dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo de extrema necessidade seu contínuo monitoramento para verificar a adequação aos seus múltiplos usos. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar estatisticamente parâmetros de qualidade da água, disponibilizados pelo INEA-RJ, do baixo Paraíba do Sul entre 2012 e 2019, visando avaliar se os valores obtidos estavam em acordo com a CONAMA 357/2005 e verificar possíveis diferenças significativas entre os anos de amostragem e pontos de coleta. Dentre os parâmetros avaliados, coliformes termotolerantes-CT e fósforo total-PT apresentaram maiores índices de desconformidade, 54 % e 12 %, respectivamente. CT, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, pH, temperatura e o IQA diferiram entre os anos e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, OD, pH, temperatura e o IQA diferiram entre os pontos amostrais. De forma geral, CT e o IQA melhoraram entre os anos avaliados e o ponto localizado em São Fidélis foi o que apresentou menor valor médio de IQA e maior média de CT. Concluiu-se que o trecho do rio avaliado vem sendo impactado com despejo de esgoto doméstico e melhorias no esgotamento sanitário da região devem ser realizadas.

**Palavras-chave:** Qualidade; Recursos Hídricos; Legislação.

## WATER QUALITY PARAMETERS STATISTICAL ANALYSIS IN THE LOW PARAÍBA DO SUL REGION FROM 2012 TO 2019

### ABSTRACT

The Paraíba do Sul River Basin is responsible for supplying countless people in the states of São Paulo, Minas Gerais and Rio de Janeiro, and continuous monitoring is extremely necessary to verify its suitability for its multiple uses. Thus, the objective of this work was to statistically analyze water quality parameters, made available by INEA-RJ, in low Paraíba do Sul between 2012 and 2019, aiming to evaluate whether the values obtained were in accordance with CONAMA Resolution 357/2005 and verify possible significant differences between sampling years and collection points. Among the parameters evaluated, thermotolerant coliforms-TC and total phosphorus-TP showed higher rates of non-compliance, 54 % and 12 %, respectively. TC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, pH, temperature and WQI differed between years and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, DO, pH, temperature and WQI differed between sampling points. In general, TC and WQI improved between the years evaluated and the point located in São Fidélis was the one with the lowest average WQI value and the highest average TC. It was concluded that the stretch of river evaluated was impacted by the discharge of domestic sewage and improvements must be made to the region's sewage system.

**Keywords:** Quality; Water Resources; Legislation.

<sup>1</sup> Mestrado em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense, Instituto Federal Fluminense. E-mail: [adolfocravinho@gmail.com](mailto:adolfocravinho@gmail.com). Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6737-526X>.

<sup>2</sup> Mestrado em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense, Instituto Federal Fluminense, Técnica em Química. E-mail: [carolina.nunes@gsuite.iff.edu.br](mailto:carolina.nunes@gsuite.iff.edu.br). Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4029-2880>.

<sup>3</sup> Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, Instituto Federal Fluminense, Professor Titular. E-mail: [vsantos@iff.edu.br](mailto:vsantos@iff.edu.br). Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>.

<sup>4</sup> Doutorado em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Instituto Federal Fluminense, Professor Titular. E-mail: [taraujo@iff.edu.br](mailto:taraujo@iff.edu.br). Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2512-9743>.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das questões mais discutidas atualmente é a escassez de água doce de qualidade em algumas regiões do mundo, principalmente no que se refere ao consumo consciente, a preservação da água atrelada à vida e ao desenvolvimento econômico de forma sustentável (Pereira *et al.*, 2021; FAO, 2017). Inclusive porque a quantidade de água doce disponível é pequena quando comparada à água presente no planeta (Leite *et al.*, 2019). De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010) a presença da água em solo brasileiro é cada vez mais escassa na região Sudeste, visto à elevada densidade populacional (87 habitantes por km<sup>2</sup>) e ao mau uso da mesma (Gleick, 1993; Merten e Minella, 2002; Leite *et al.*, 2019).

Em concordância, a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, afirma que a gestão sistemática dos recursos hídricos deve ocorrer associada aos aspectos de quantidade e qualidade e que, dentre os instrumentos fundamentais para gestão de água, encontra-se o enquadramento dos corpos hídricos em classes segundo os seus principais usos, o que, no caso das águas superficiais, é regulado pelas Resoluções 357/2005 e 91/2008, respectivamente, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 2005; CNRH, 2008). Ressalta-se que o enquadramento estabelece metas de qualidade de água, os quais podem variar ao longo do corpo hídrico, e se fundamenta no nível mínimo de qualidade que os corpos hídricos devem possuir para satisfazer seus usos preponderantes (Brasil, 2005).

A avaliação da qualidade da água é realizada, principalmente, através da determinação de parâmetros químicos, físicos e biológicos. Alguns parâmetros usualmente empegados são: oxigênio dissolvido (OD), turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), salinidade, sólidos totais dissolvidos (STD), condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes (CT) e *Escherichia coli* bem como, alguns índices, dentre eles: o Índice de Qualidade de Água (IQA) e o Índice do Estado Trófico (IET) (Von Sperling, 2005, Rocha *et al.*, 2017).

O IQA, por exemplo, indica a interferência por esgotos sanitários, nutrientes e sólidos, sendo composto por nove variáveis (coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais, OD e temperatura) com seus respectivos pesos. Importante mencionar que os valores de IQA variam de 0 a 100 e o nível de qualidade da água é avaliado como excelente ( $90 < IQA \leq 100$ ), bom ( $70 < IQA \leq 90$ ), médio ( $50 < IQA \leq 70$ ), ruim ( $25 < IQA \leq 50$ ) e muito ruim ( $0 < IQA \leq 25$ ) (CETESB, 2009; Buzelli e Cunha-Santino, 2013; Fincler *et al.*, 2015).

A Bacia do rio Paraíba do Sul drena uma das regiões mais desenvolvidas do Brasil, com isso o território é extremamente antrópico, com a Mata Atlântica original restrita principalmente à parques e reservas florestais. Ela está situada na região sudeste do Brasil e ocupa uma área de aproximadamente 62.074 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelos estados de São Paulo (14.510 km<sup>2</sup>), Rio de Janeiro (26.851 km<sup>2</sup>) e Minas Gerais (20.713 km<sup>2</sup>), abrangendo 184 municípios. A área da bacia corresponde a cerca de 0,7 % da área do país e, aproximadamente, a 6,0 % da região sudeste brasileira. O seu principal corpo hídrico, o rio Paraíba do Sul, tem mais de 1.150 km de comprimento (Brasil, 2015). Em toda essa extensão há 180 municípios, 36 dos quais estão parcialmente inseridos na bacia. A população urbana total da bacia é 4.922.779 habitantes, segundo o Censo 2000 do IBGE, sendo que, desses, 2.142.397 vivem no Estado do Rio de Janeiro, 1.632.670 em Minas Gerais e 1.147.712 em São Paulo (Brasil, 2015).

Nesse contexto, o rio Paraíba do Sul e seus afluentes recebem esgoto bruto, dentre outras formas de poluição, de diversas fontes. Desta forma, Queiroz *et al.* (2017), Costa *et al.* (2020) e Cintra *et al.* (2020) relataram que alguns pontos do rio ou da bacia se encontram com parâmetros de qualidade de água acima do permitido pela legislação brasileira. Queiroz *et al.* (2017) verificaram que as variáveis OD, fósforo total e CT estavam em desacordo com o estabelecido para um rio classe 2, conforme a resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005). Eles observaram ainda que algumas variáveis se mostraram influenciadas pelas chuvas, como a clorofila a, os STD e os efeitos tóxicos agudos e crônicos que apresentaram correlação positiva com o aumento da precipitação, e o OD que obteve correlação negativa. Enquanto que, Costa *et al.* (2021) relataram que os níveis de DBO variaram de 2,00 a 45,00 mg L<sup>-1</sup> (média e desvio padrão = 7,69 ± 7,52 mg L<sup>-1</sup>) considerando-se 54 amostras de água do rio Piabanha (afluente do rio Paraíba do Sul) analisadas no ano de 2019. Ou seja, a maioria das amostras apresentaram DBO acima do permitido pela legislação (5,00 mg L<sup>-1</sup>). Já Cintra *et al.* (2020), embora mencionem que, para maioria das amostras, tenham encontrado valores compatíveis com a legislação vigente, chegaram a valores de OD e coliformes termotolerantes de até 1,40 mg L<sup>-1</sup> e 3024,5 NMP/100 mL, respectivamente.

Sendo assim, diante da necessidade de analisar a qualidade da água ao longo do tempo devido aos possíveis problemas ocasionados pela interferência humana no rio Paraíba do Sul, o objetivo do presente trabalho foi avaliar estatisticamente parâmetros de qualidade da água de quatro pontos amostrais, disponibilizados pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA), da calha principal do rio no período de 2012 a 2019, visando verificar se os valores obtidos estavam em conformidade com a legislação vigente, bem como verificar se há diferença significativa entre os pontos amostrais e entre os anos de coleta.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreendeu uma parte do território da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, também denominada de Região Hidrográfica IX, situada na região norte e noroeste fluminense, com destaque para o rio Paraíba do Sul. Os quatro pontos considerados situam-se nos municípios de Itaocara (PS 0434 e PS 0436), São Fidélis (PS 0439) e Campos dos Goytacazes (PS 0441), conforme a Figura 1.

**Figura 1** - Estações de Monitoramento da Região Hidrográfica IX.



Fonte: INEA, 2020.

### 2.2. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de qualidade de água analisados estatisticamente no presente trabalho foram obtidos na página do Instituto Estadual do Ambiente (<http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das->

[aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/](#)), sendo referentes às análises de demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>), fósforo total, nitrato, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, coliformes termotolerantes, sólidos totais dissolvido (STD), temperatura da água e ao cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA). Foram utilizados um total de 3450 dados distribuídos entre os períodos de 2012 a 2019 e os quatro pontos amostrais citados no item anterior (Área de Estudo).

A análise estatística foi realizada com auxílio do Excel<sup>®</sup> 2019, onde, inicialmente, determinou-se o valor médio, a estimativa do desvio padrão e os valores de máximo e de mínimo (variação) para cada um dos parâmetros/índice avaliados no período de 2012 a 2019. Considerando-se ainda esse período e cada parâmetro de forma isolada, foi verificado, quando cabível, a porcentagem de amostras que estavam em desconformidade com a legislação brasileira vigente (Brasil, 2005). Para tal procedimento foi considerado que a água do rio Paraíba do Sul nos pontos de amostragens avaliados no presente estudo são referentes à água doce classe 2, uma vez que, enquanto os respectivos enquadramentos não estiverem definidos, as águas doces serão consideradas como classe 2 (Brasil, 2005).

Posteriormente, também com auxílio do Excel<sup>®</sup> 2019, foram realizados os testes de análise de variância (ANOVA) de fator único com repetição para aceitar ou rejeitar a hipótese nula – H<sub>0</sub> (não há diferença entre as médias) considerando-se inicialmente os anos de 2012 a 2019 e, depois, os quatro pontos amostrais. Para os parâmetros que apresentaram diferenças significativas, em cada caso, foram aplicados o teste de média de TUKEY, com o intuito de apontar precisamente onde ocorreram as diferenças. Para as análises estatísticas foi utilizado o nível de significância de 0,01 (probabilidade de erro de 1 %). O nível de significância de 1 % foi escolhido para diminuir a probabilidade de se cometer o Erro Tipo I, ou seja, aceitar H<sub>0</sub> sendo H<sub>0</sub> falsa.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As porcentagens de amostras em desconformidade com a CONAMA 357/2005 (água doce/classe 2), dentre outras informações, por parâmetro/índice avaliado considerando-se todos os pontos analisados e o período de 2012 a 2019 podem ser observadas na Tabela 1.

Analisando-se a mesma, verifica-se que, para os parâmetros referenciados pela legislação, os que apresentaram desconformidade foram: DBO<sub>5,20</sub>, pH, turbidez, fósforo total e coliformes termotolerantes. Porém, para os dois últimos parâmetros, as porcentagens de amostras em desconformidade foram maiores, chegando a mais que 10 % e 50 % nos casos do fósforo total e coliformes termotolerantes, respectivamente. O valor máximo encontrado para o parâmetro coliformes termotolerantes também é

expressivo, 240000 NMP/100 mL. Segundo Von Sperling (2014), distintos aspectos de origem natural ou antropogênica podem ocasionar essas desconformidades. Porém, para uma análise mais criteriosa da qualidade da água e da origem das desconformidades, é imperativa a avaliação dos modos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica e das condições de saneamento básico, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário.

**Tabela 1** - Espaço amostral total (n), valor médio, estimativa do desvio padrão (s), variação, porcentagem de amostras em desconformidade com a legislação e seus limites para cada parâmetro avaliado no período de 2012 a 2019 em todos os quatro pontos de monitoramento mantidos pelo INEA na calha principal do rio Paraíba do Sul na região hidrográfica IX.

Parâmetros	n	Valor médio	s	Varição (mínimo-máximo)	Em desconformidade (%)	Limite <sup>a</sup>
DBO <sub>5,20</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	364	-	-	<2,0 – 7,4	0,55	≤5
Col. term. (NMP/100 mL)	343	6593	20690	<18 – 240000	54,23	≤1000
P <sub>T</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	364	0,07	0,10	<0,01 – 0,92	11,82	≤0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	304	0,75	0,38	<0,01 – 3,00	0	≤10
OD (mg L <sup>-1</sup> )	356	8,2	0,8	5,6 – 12,0	0	≥5
pH	364	7,4	0,5	5,7 – 9,0	0,83	6 a 9
Turb. (UNT)	363	21,43	53,16	1,10 – 862,00	3,86	≤100
SDT (mg L <sup>-1</sup> )	364	61,49	29,59	<1 – 335	0	≤500
Temp. (°C)	355	24,4	2,8	18,0 – 35,0	-	-
IQA (NSF/INEA)	273	66,8 (média)	8,2	41,5 (ruim) - 84,2 (boa)	-	-

Onde: <sup>a</sup>Água doce/Classe 2 segundo a resolução CONAMA 357/2005; DBO<sub>5,20</sub> = demanda bioquímica de oxigênio; Coli. term.= Coliformes termotolerantes; P<sub>T</sub>= Fósforo total; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>= Nitrato; OD= Oxigênio dissolvido; pH= Potencial hidrogeniônico; Turb.= Turbidez; SDT=Sólidos dissolvidos totais; Temp.= Temperatura; IQA= Índice de Qualidade de Água.

Conforme o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul (AGEVAP, 2006), esta situa-se na região de abrangência da Mata Atlântica, bioma mais degradado no país, devido ao desenvolvimento de atividades econômicas que iniciaram com o desmatamento para estabelecimento de monocultura e levou à degradação do solo tornando-o improdutivo. Arelado a um desenvolvimento industrial que resultou em êxodo rural elevado e uma queda nas atividades agrossilvipastoris, com a maior parte dos habitantes da bacia residindo em áreas urbanas.

Os coliformes termotolerantes estão presentes em corpos d'água, geralmente, devido a contaminação antropogênica, tendo como uma de suas principais fontes o despejo de esgotos sanitários *in natura*. A presença desse grupo de bactérias na água indica a sua contaminação por microrganismos patogênicos o que pode ser prejudicial à saúde humana e ao ecossistema de forma geral (Von Sperling, 2014).

Já o fósforo pode ter sua origem natural, devido à dissolução de compostos do solo e decomposição da matéria orgânica, quanto antrópica, devido aos despejos domésticos, industriais, de

detergentes, de excrementos de animais e fertilizantes (Von Sperling, 2014). Finkler *et al.* (2015) afirmam também que o aumento das médias dos valores de fósforo total é um fator negativo com relação à qualidade da água, pois elevadas concentrações desse elemento em corpos hídricos podem ocasionar processos de eutrofização e a presença do mesmo pode estar associada à contaminação doméstica, industrial e agrícola.

Em concordância, Queiroz *et al.* (2017) afirmam que a qualidade da água de um corpo hídrico pode ser comprometida devido à retirada da vegetação ciliar, o aumento de áreas impermeáveis, a atividade industrial, a utilização de insumos agrícolas e, principalmente, pelo lançamento de esgotos sem tratamento adequado.

Num contexto geral, com base no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, no Brasil, cerca de 43 % da população possui esgoto coletado e tratado e 12 % utilizam-se de fossa séptica (solução individual), ou seja, 55 % possuem tratamento considerado adequado; 18 % têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário; e 27 % não possuem coleta nem tratamento, isto é, sem atendimento por serviço de coleta sanitário (Atlas Esgotos, 2022).

O impacto do lançamento de esgotos nos corpos hídricos, ou seja, dispor o esgoto sem o adequado tratamento, gera comprometimento da qualidade da água nas áreas urbanas, afetando a saúde da população e dificultando o atendimento de usos a jusante, como abastecimento humano, balneabilidade, irrigação, dentre outros (Atlas Esgotos, 2022).

Em relação ao saneamento na área da Bacia do rio Paraíba do Sul, no seu Plano de Recursos Hídricos de 2021 (AGEVAP, 2021), é apresentada a informação que 5 % do esgoto é destinado a soluções individuais como fossa séptica, 8 % é desprovida de qualquer atendimento e 87 % do esgoto gerado na bacia é coletado, entretanto, desse valor, somente 41 % é tratado. Sendo a Unidade de Planejamento (UP) Paraíba do Sul (trecho paulista) a que possui o maior índice de esgoto tratado e coletado (69,6 %). Todavia, mesmo apresentando os melhores valores de tratamento, o percentual não removido gera grande impacto, uma vez que essa UP é a maior geradora de efluentes, pois concentra 34 % da população total da bacia.

Além disso, no Brasil, o nível de tratamento de esgotos, na maior parte das ETEs, é o secundário, ou seja, visa principalmente a remoção de matéria orgânica e sólidos, não possuindo etapas específicas para remoção de coliformes, organismos patogênicos e nutrientes. Sendo assim, ao assumir que esta também é uma realidade comum a Bacia do rio Paraíba do Sul, mesmo com o tratamento de esgotos em maior escala, estes parâmetros possivelmente apresentariam violações aos limites de qualidade estabelecidos pela legislação (Malafais *et al.*, 2012).

Pode-se então inferir que, com índices de tratamentos de efluentes sanitários tão pequenos e o tratamento das ETEs brasileiras sendo, geralmente, até o nível secundário, as maiores porcentagens de desconformidade dos parâmetros coliformes termotolerantes e fósforo total estão relacionadas ao despejo de esgotos domésticos nos corpos hídricos da bacia.

Com relação à turbidez, o seu limite pela CONAMA nº 357/2005 em corpos hídricos de água doce e enquadrados como classe 2 é de até 100 UNT. Sendo assim, algumas amostras, 3,86 %, apresentaram desconformidade à legislação para esse parâmetro. Ressalta-se que elevados níveis de turbidez são esteticamente desagradáveis e, principalmente, prejudiciais ao processo de fotossíntese da vegetação mais enraizada ou submersa, o que pode suprimir a produtividade de peixes, influenciando as comunidades aquáticas e todo o equilíbrio ecossistêmico (CETESB, 2010).

Segundo Rocha *et al.* (2010), os parâmetros de turbidez e dos sólidos totais dissolvidos condicionam a penetração de raios solares na água. Destaca-se que esses parâmetros podem tanto influenciar as comunidades biológicas aquáticas como prejudicar o uso doméstico e industrial dos recursos hídricos (CETESB, 2017).

Em estudo realizado por Cintra *et al.* (2020) verificou-se que, provavelmente, a maior vazão no período estudado teve relação com mais chuvas na região da bacia hidrográfica do rio o que fez aumentar a turbidez da água.

Já em estudo realizado por Queiroz *et al.* (2017), no mesmo corpo hídrico, porém em outra região, verificou-se diferença de turbidez em períodos com distintos níveis de precipitação, sendo que o período com menor precipitação apresentou média de turbidez maior em relação ao período de maior precipitação. Silva *et al.* (2008) também observaram valores de turbidez mais baixos no período chuvoso ao avaliarem a água do Rio Purus – AM. Os autores atribuíram os baixos valores de turbidez ao tamanho e natureza das partículas presentes na coluna d'água.

No caso do pH, a resolução CONAMA nº 357/2005 preconiza para todas as classes de água doce o valor entre 6,0 a 9,0, sendo possível evidenciar que, de forma geral, os resultados encontrados estavam adequados ao preconizado pela resolução, apesar do percentual de desconformidade de 0,83 %. Ressalta-se que os valores de pH podem oferecer indícios sobre a qualidade da água de um corpo hídrico ou sobre que tipo de poluição química está presente. No entanto, não se pode deixar de considerar que, em um curso d'água, a variação do pH depende de diversos fatores naturais, como por exemplo: clima, geologia e vegetação, mas também pode ser resultado de interferências antropogênicas (Von Sperling, 2005).

Em relação a  $DBO_{5,20}$ , este é um parâmetro que, em desconformidade, contribui significativamente para a baixa qualidade da água do rio. Além disso, é também um parâmetro de

referência (Coletti *et al.*, 2009). Como a  $DBO_{5,20}$  é uma medida do consumo de oxigênio requerido pelos microrganismos que fazem a decomposição da matéria orgânica biodegradável, o seu valor em uma amostra de água indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica para uma forma inorgânica estável. Valores de  $DBO_{5,20}$  elevados podem provocar a morte dos organismos que necessitam de oxigênio (González et al., 2011).

Já os parâmetros nitrato, SDT e OD não apresentaram desconformidade. É importante manter a conformidade desses parâmetros, visto que seus níveis interferem na qualidade da água do rio Paraíba do Sul na região.

Conforme Souza (2010), a água em condições normais contém oxigênio dissolvido e seu teor é dependente da altitude e temperatura, sendo também indispensável aos organismos aeróbios. Baixos teores de oxigênio indicam recebimento de matéria orgânica no corpo hídrico, já que sua decomposição por bactérias aeróbias consome oxigênio, podendo levar a valores muito baixos desse parâmetro, impactando diretamente os organismos aeróbios. A conformidade da concentração de oxigênio dissolvido para todas as amostras, a baixa desconformidade de  $DBO_{5,20}$  e o esgotamento sanitário deficitário da bacia discutido anteriormente, indicam o poder de autodepuração que o rio Paraíba do Sul possui na região em estudo.

Em relação ao SDT, este é um parâmetro de determinação da qualidade da água, pois avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na mesma por unidade de volume. Além disso, é um parâmetro que condiciona a penetração de raios solares na água, sendo que valores altos podem reduzir a fotossíntese da vegetação enraizada submersa nos corpos hídricos, o que pode suprimir a produtividade de peixes. Logo, esse parâmetro pode não só influenciar as comunidades biológicas aquáticas, como também prejudicar os usos domésticos, recreacional e industrial dos recursos hídricos (CETESB, 2016).

Assim como as substâncias contendo fósforo, os compostos nitrogenados em níveis elevados podem causar crescimento excessivo de algas nos corpos hídricos, podendo prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (Von Sperling, 2014). Desta forma, a conformidade da concentração de  $NO_3^-$  para todas as amostras é um aspecto positivo relacionado à qualidade da água do rio Paraíba do Sul na região do estudo.

A determinação do IQA também é uma ferramenta importante no trabalho de monitoramento, visto que esse índice é composto por relevantes parâmetros para a determinação da qualidade da água de um corpo hídrico superficial, principalmente aqueles relacionados à contaminação por esgoto sanitário (Von Sperling, 2014).

Buzelli e Cunha-Santino (2013), por exemplo, diagnosticaram a qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, localizado na região central do estado de São Paulo, Bacia do Médio Tietê Superior, utilizando-se o IQA e o IET e evidenciaram a importância da gestão ambiental para a recuperação e preservação dos recursos naturais.

Com relação aos resultados avaliados no presente trabalho, observou-se que a média obtida para esse índice foi de 66,8 (qualidade média) variando de 41,5 (qualidade ruim) a 84,2 (boa). Indicando que alguns dos parâmetros que compõem o IQA devem ser melhorados na região do rio em estudo.

Com a aplicação do teste de ANOVA seguido do teste de TUKEY para todos os parâmetros/índices analisados entre os anos de 2012 e 2019 (Tabela 2), com grau de significância de 1%, foi possível observar que os parâmetros coliformes termotolerantes, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, pH e temperatura e o índice IQA apresentaram variações estatisticamente significativas entre os anos, p-valor (ANOVA) < 0,01.

**Tabela 2** - Médias ( $\bar{X}$ ) e estimativas do desvio padrão (s), considerando-se todos os quatro pontos amostrais, dos parâmetros avaliados pelo INEA no baixo Paraíba do Sul entre os anos de 2012 e 2019, p-valor para os testes de ANOVA realizados e os resultados obtidos no teste de média de TUKEY ao nível de significância de 0,01.

Parâmetros Período	Coli. term. NMP/100 mL	P <sub>T</sub> mg L <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	OD mg L <sup>-1</sup>	pH	Turb. UNT	SDT mg L <sup>-1</sup>	Temp. °C	IQA	
2012	$\bar{X}$	19461 <sup>a</sup>	0,0656 <sup>a</sup>	0,6006 <sup>b</sup>	8,03 <sup>a</sup>	7,30 <sup>abc</sup>	16,37 <sup>a</sup>	69,61 <sup>a</sup>	22,07 <sup>c</sup>	64,08 <sup>b</sup>
	s	47870	0,0336	0,3479	0,74	0,61	25,45	31,48	2,78	8,64
2013	$\bar{X}$	12077 <sup>ab</sup>	0,0817 <sup>a</sup>	0,7618 <sup>ab</sup>	8,20 <sup>a</sup>	7,61 <sup>a</sup>	23,64 <sup>a</sup>	54,41 <sup>a</sup>	22,64 <sup>bc</sup>	66,93 <sup>ab</sup>
	s	29433	0,0578	0,6524	0,72	0,69	34,93	33,78	2,09	9,41
2014	$\bar{X}$	3929 <sup>ab</sup>	0,0998 <sup>a</sup>	0,6279 <sup>b</sup>	8,23 <sup>a</sup>	7,18 <sup>c</sup>	8,87 <sup>a</sup>	64,48 <sup>a</sup>	24,09 <sup>abc</sup>	68,11 <sup>ab</sup>
	s	7809	0,1849	0,0951	0,80	0,19	12,14	18,56	2,56	7,33
2015	$\bar{X}$	8725 <sup>ab</sup>	0,1009 <sup>a</sup>	0,9528 <sup>a</sup>	8,12 <sup>a</sup>	7,06 <sup>c</sup>	34,24 <sup>a</sup>	61,34 <sup>a</sup>	24,30 <sup>ab</sup>	65,23 <sup>ab</sup>
	s	17122	0,1875	0,4963	0,74	0,16	130,76	21,95	2,04	8,45
2016	$\bar{X}$	4393 <sup>ab</sup>	0,0602 <sup>a</sup>	0,7632 <sup>ab</sup>	8,03 <sup>a</sup>	7,30 <sup>bc</sup>	32,26 <sup>a</sup>	65,69 <sup>a</sup>	25,33 <sup>a</sup>	64,81 <sup>ab</sup>
	s	6201	0,0472	0,2078	0,88	0,35	37,77	47,11	2,68	9,16
2017	$\bar{X}$	1325 <sup>b</sup>	0,0463 <sup>a</sup>	0,7229 <sup>ab</sup>	8,30 <sup>a</sup>	7,28 <sup>bc</sup>	17,50 <sup>a</sup>	65,79 <sup>a</sup>	24,15 <sup>ab</sup>	68,95 <sup>ab</sup>
	s	2191	0,0411	0,1231	0,96	0,57	25,76	15,79	2,43	6,46
2018	$\bar{X}$	2417 <sup>b</sup>	0,0556 <sup>a</sup>	0,7430 <sup>ab</sup>	8,19 <sup>a</sup>	7,51 <sup>ab</sup>	25,67 <sup>a</sup>	63,71 <sup>a</sup>	25,29 <sup>a</sup>	64,68 <sup>ab</sup>
	s	3737	0,0361	0,3121	0,73	0,20	39,99	23,89	2,96	6,78
2019	$\bar{X}$	2547 <sup>b</sup>	0,0385 <sup>a</sup>	0,8396 <sup>ab</sup>	8,10 <sup>a</sup>	7,62 <sup>a</sup>	12,80 <sup>a</sup>	48,33 <sup>a</sup>	25,92 <sup>a</sup>	70,28 <sup>a</sup>
	s	5509	0,0349	0,3244	0,76	0,28	11,68	28,78	3,00	6,68
<b>p-valor<sup>w</sup> ANOVA</b>		<b>6,79E-4</b>	<b>0,0197</b>	<b>1,09E-3</b>	<b>0,719 6</b>	<b>2,64E-12</b>	<b>0,2212</b>	<b>0,0135</b>	<b>5,13E- 12</b>	<b>6,66E-3</b>

Onde: Coli. term.= Coliformes termotolerantes; P<sub>T</sub>= Fósforo total; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>= Nitrato; OD= Oxigênio dissolvido; pH= Potencial hidrogeniônico; Turb.= Turbidez; SDT=Sólidos dissolvidos totais; Temp.= Temperatura; IQA= Índice de Qualidade de Água; <sup>w</sup>Nível de significância de 0,01; <sup>a,b,c</sup>Indicam os resultados do teste de média de Tukey, letras iguais significam médias iguais ao nível de significância de 0,01 e letras distintas mostram médias diferentes

No caso dos coliformes termotolerantes e do IQA observa-se, de forma geral, uma melhoria nos resultados desse parâmetro e do índice ao longo dos anos. Ou seja, nos anos iniciais observa-se maiores valores médios de coliformes termotolerantes e menores valores de IQA e, nos anos finais, essa tendência se inverte. Embora, no caso do parâmetro fósforo total, não se tenha observado diferença estatisticamente significativa entre os anos, há, também, uma tendência de diminuição para esse parâmetro nos anos finais avaliados no presente trabalho. Essas observações podem ser um indicativo de melhorias no sistema de esgotamento sanitário na área de estudo nos anos finais da avaliação.

A quantidade de parâmetros/índice (coliformes termotolerantes,  $\text{NO}_3^-$ , pH, temperatura e IQA) em que as médias variaram significativamente entre os anos pode ser ainda um indicativo da influência das diferentes vazões durante o intervalo de estudo. O clima também é um fator que pode contribuir para a diferença apresentada pelos testes estatísticos, já que mudanças nas épocas chuvosas e secas podem afetar de forma significativa os parâmetros de qualidade de água de um corpo hídrico (ANA, 2015).

Queiroz *et al.* (2017) verificaram diferenças nos parâmetros de qualidade de água em períodos chuvosos e períodos mais secos na Bacia do rio Paraíba do Sul. Também relacionaram o período chuvoso (novembro de 2013 e fevereiro de 2014) ao arraste de compostos tóxicos e matéria orgânica para o corpo hídrico, resultando em um maior efeito tóxico e na redução da solubilidade do OD. Não obstante, verificaram que além do lançamento de esgoto, a lixiviação de matéria orgânica causada pelas frequentes chuvas em alguns períodos pode ter contribuído para o aumento de alguns parâmetros, considerando que a maioria dos pontos avaliados não possuía mata ciliar preservada.

Conforme Alvarenga *et al.* (2012), a distribuição espacial e temporal das chuvas é um fator que influencia fortemente os aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos da região da Bacia do rio Paraíba do Sul. A chuva é um evento que altera as características de um corpo hídrico, bem como do ambiente ao seu redor.

De acordo com Santos *et al.* (2010) e Geraldine e George (2012) as variações pluviométricas ao longo do ano ocasionam distintos tipos de padrões sazonais que mudam a intensidade dos processos ambientais. Logo, processos erosivos são desencadeados levando à lixiviação de matéria orgânica, nutrientes e poluentes, e também as chuvas modificam o regime de vazão de corpos hídricos, aumentando a capacidade de diluição destes compostos. Assim, observa-se que o período chuvoso surge como um agente intensificador dos impactos causados no rio Paraíba do Sul.

Quanto aos tratamentos estatísticos dos dados entre os pontos amostrais (Tabela 3) para a identificação de diferenças significativas entre os trechos, constatou-se que as médias dos parâmetros  $\text{NO}_3^-$ , oxigênio dissolvido, pH, temperatura e o índice IQA diferiram significativamente. Logo, para esses

parâmetros, ressalta-se uma maior heterogeneidade nos dados entre esses trechos, conferindo uma maior variação de seus valores em relação à média.

**Tabela 3** - Médias ( $\bar{X}$ ) e estimativas do desvio padrão (s), entre os anos de 2012 e 2019, dos parâmetros avaliados pelo INEA no baixo Paraíba do Sul em quatro pontos amostrais, p-valor para os testes de ANOVA realizados e os resultados obtidos no teste de média de TUKEY ao nível de significância de 0,01.

Parâmetros/ Ponto amostral	Coli. term. NMP/ 100 mL	P <sub>T</sub> mg L <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	OD mg L <sup>-1</sup>	pH	Turb. UNT	SDT mg L <sup>-1</sup>	Temp. (°C)	IQA	
Ponto 1	$\bar{X}$	<b>4730<sup>a</sup></b>	<b>0,0720<sup>a</sup></b>	<b>0,9222<sup>a</sup></b>	<b>8,12<sup>ab</sup></b>	<b>7,42<sup>ab</sup></b>	<b>31,53<sup>a</sup></b>	<b>61,15<sup>a</sup></b>	<b>25,19<sup>a</sup></b>	<b>69,23<sup>a</sup></b>
	s	19104	0,1035	0,5417	0,74	0,48	93,31	23,46	2,65	9,30
Ponto 2	$\bar{X}$	<b>6192<sup>a</sup></b>	<b>0,0702<sup>a</sup></b>	<b>0,7179<sup>b</sup></b>	<b>8,26<sup>ab</sup></b>	<b>7,24<sup>b</sup></b>	<b>18,01<sup>a</sup></b>	<b>60,04<sup>a</sup></b>	<b>24,12<sup>ab</sup></b>	<b>65,93<sup>ab</sup></b>
	s	26059	0,1111	0,3181	0,84	0,37	30,27	27,72	2,69	7,25
Ponto 3	$\bar{X}$	<b>10445<sup>a</sup></b>	<b>0,0547<sup>a</sup></b>	<b>0,7161<sup>b</sup></b>	<b>8,30<sup>a</sup></b>	<b>7,31<sup>ab</sup></b>	<b>14,89<sup>a</sup></b>	<b>67,32<sup>a</sup></b>	<b>24,30<sup>ab</sup></b>	<b>64,33<sup>b</sup></b>
	s	21635	0,0764	0,2849	0,77	0,38	22,85	39,98	2,90	7,62
Ponto 4	$\bar{X}$	<b>4983<sup>a</sup></b>	<b>0,0758<sup>a</sup></b>	<b>0,6512<sup>b</sup></b>	<b>7,93<sup>b</sup></b>	<b>7,47<sup>a</sup></b>	<b>21,31<sup>a</sup></b>	<b>57,46<sup>a</sup></b>	<b>23,76<sup>b</sup></b>	<b>68,17<sup>ab</sup></b>
	s	13907	0,1212	0,2637	0,77	0,55	32,82	23,67	2,96	7,70
<b>p-valor<sup>w</sup> ANOVA</b>		0,2388	0,5433	<b>5,46E-05</b>	<b>7,56E-03</b>	<b>2,51E-3</b>	0,1689	0,1414	<b>6,26E-3</b>	<b>1,58E-3</b>

Onde: Coli. term.= Coliformes termotolerantes; P<sub>T</sub>= Fósforo total; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>= Nitrato; OD= Oxigênio dissolvido; pH= Potencial hidrogeniônico; Turb.= Turbidez; SDT=Sólidos dissolvidos totais; Temp.= Temperatura; IQA= Índice de Qualidade de Água; <sup>w</sup>Nível de significância de 0,01; <sup>a,b,c</sup>Indicam os resultados do teste de média de Tukey, letras iguais significam médias iguais ao nível de significância de 0,01 e letras distintas mostram médias diferentes.

O parâmetro nitrato diferiu significativamente apenas entre o ponto 1 (localizado em Itaocara), com o maior valor de média, e os demais. Possivelmente o ponto 1 está recebendo maior quantidade de nitrato devido ao uso de fertilizantes próximo da região (Von Sperling, 2014).

Para o parâmetro OD apenas entre o ponto 1 e 2 não houve diferença significativa. Sendo o ponto 3 com o maior valor de média de OD e ponto 4 com o menor valor. O menor valor obtido no ponto 4 pode ter ocorrido devido à menor velocidade e à falta de corredeiras, que ajudam a oxigenar a água, neste ponto do rio.

Embora as médias dos valores do parâmetro coliformes termotolerantes não tenham apresentado diferenças significativas na análise entre os pontos (Tabela 3), o ponto 3 apresentou o maior valor de média para o mesmo. O mesmo ponto apresentou o menor valor médio para o IQA. Ele está localizado no município de São Fidélis, onde o serviço de coleta e de tratamento de esgotos é realizado pela prefeitura municipal, com índice de atendimento de 99 % não tratado e 1 % tratado (para uso individual), sendo que o esgotamento sanitário na zona rural é realizado através de fossas sépticas, com caixa de gordura, sendo sanitariamente adequadas (São Fidélis, 2012).

O destino final dos efluentes sanitários, coletados ou não, é realizado nos cursos d'água da região, na maioria das vezes sem tratamento prévio. Ressalta-se que estes lançamentos indiscriminados, dos

esgotos na forma “*in natura*” nos corpos d’água, podem ocasionar diversos inconvenientes como o aspecto e odor desagradáveis até a disseminação de doenças infectocontagiosas de veiculação hídrica. A contaminação das águas superficiais e subterrâneas gera sérios problemas à saúde pública local, visto que diversas doenças podem ser transmitidas pelo consumo de água (São Fidélis, 2012).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se os parâmetros físico-químicos e microbiológicos que foram contemplados no presente trabalho no período avaliado, a qualidade da água nos pontos estudados do rio Paraíba do Sul estava, em sua maioria, compatível com o enquadramento água doce/classe II.

Porém, principalmente para o parâmetro coliformes termotolerantes foi encontrada porcentagem elevada de desconformidade com a legislação vigente entre as amostras avaliadas o que indica que está havendo impactos causados, principalmente, pelo lançamento de esgotos domésticos sobre o rio Paraíba do Sul na região avaliada. Desta forma, esses impactos devem ser minimizados e requerem investimento em ações para promover a melhoria da qualidade da água deste manancial para que esteja em conformidade com a legislação vigente, inclusive às exigências estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/05.

Dentre as ações, destacam-se o melhoramento da proteção da cobertura vegetal ciliar, o planejamento sobre a ocupação do solo na bacia e o aumento da coleta e do tratamento dos esgotos domésticos e industriais ao longo de toda a bacia hidrográfica para a melhoria da qualidade da água desse importante corpo hídrico brasileiro.

Observou-se ainda que o nível de coliformes termotolerantes e o IQA melhoraram ao longo do período avaliado indicando que algumas ações de melhoria da qualidade da água desse rio possam estar em andamento.

#### 5. REFERÊNCIAS

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Novembro, 2006.

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Novembro, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. 1ª edição. Brasília/DF, Brasil. Agência Nacional das Águas, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>>. Acesso em: 8 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Região Hidrográfica Amazônica: a maior do mundo em disponibilidade de água.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/amazonica>. Acesso em: 14 set 2020.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, jan./mar. 2003.

ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do Rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Bacia do rio Paraíba do Sul**, 2015. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/RioParaibadoSul.aspx>>. Acesso em: maio de 2021.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington, 2005.

ATLAS ESGOTOS - Despoluição das Bacias Hidrográficas, 2022. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: maio de 2022.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jan. 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 18 mar. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, 1997.

BRASIL. Ministério Da Saúde. **Documento Base de Elaboração da Portaria MS nº2.914/2011: Portaria de Potabilidade da Água para Consumo Humano**. Brasília/DF, Brasil. Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, p. 39, 12 dez. 2011.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2015 [viewed 13 May 2019]. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015 [online]. Available from: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CARVALHO, K. Q.; LIMA, S. B.; PASSIG, F. H.; GUSMÃO, L. K. SOUZA, D. C.; KREUTZ, C.; BELINI, A. D.; ARANTES, E. J. Influence of urban área on the water quality of the Campo River basin, Paraná State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 96-106, 2015.

CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. R. GARCIA (2016). Recursos hídricos e gestão de conflitos: A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, v. 15, n. 1, p. 04-16.

CINTRA, C. R. et al. Monitoramento de Parâmetros de Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul em Campos Dos Goytacazes – RJ. **HOLOS**, Ano 36, v.5, e9564, 2020.

COLETTI, C.; TESTEZLAFL, R.; RIBEIRO, T. A. P.; SOUZA, R. T. G. de; PEREIRA, D. de A. Water quality index using multivariate factorial analysis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 517-522, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem. In: Série Relatórios/CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2009**. 2ª edição. Apêndice A. São Paulo/SP, Brasil. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Variáveis de qualidade de água**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#transparencia>>. Acesso em: 19 Jan. 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB (São Paulo). **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017**. [recurso eletrônico] . São Paulo : CETESB, 2018. 1 arquivo de texto, 301 p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH. **Resolução nº 91**, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Diário Oficial da União. 6 Fev 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 396**, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasil, 2008.

COPPETEC. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, PERHI-RJ. **Relatório Síntese. Rio de Janeiro**, 2014. 125 p.

FINKLER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T. A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V. E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Rev. Ambient. Água** v. 10, n. 4, p. 782-792, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Water for Sustainable Food and Agriculture**. FAO: Roma, 2017.

GERALDES, A. M.; GEORGE, C. Limnological variations of a deep reservoir in periods with distinct rainfall patterns. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 24, n. 4, p. 417-426, 2012.

GLEICK, P. H. **Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources**. New York: Oxford University Press, 1993.

GONZÁLEZ, O.; ALMEIDA, C.; QUINTAR, S.; MALLEA, M.; GONZÁLEZ, P. Application of multivariate statistical techniques to evaluate organic pollution on a river in Argentina. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 27-42, 2011.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (IEMA). **Região hidrográfica do Rio Itabapoana**. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Search?q=rio+Itabapoana&culture=pt-BR>. Acesso em: 15 de set de 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). (2018). **Gestão da Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/index.htm&lang=PT-BR>. Acesso em: 15 de set de 2020.

LEITE, M. A. et al. **Usos múltiplos da água**. In: DORNFELD, C. B.; TALAMONI, A. C. B.; QUEIROZ, T. V. O Jogo digital na sala de aula - ÁGUA, AÇÃO E REFLEXÃO: elaboração de jogo digital para a Educação Básica. Ilha Solteira: Unesp, 2019. Cap. 4. p. 44-57.

MALAFAIA, J. P.; MIRANDA, A. C.; GOMES, H. P. A Bacia do Rio Paraíba do Sul: cenário de uma atividade de EA a partir de problemas ambientais. **ANAP Brasil**, v. 5, n. 5, p. 1-12, 2012.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 4, 33-38, 2002.

PASSIG, F. H.; LIMA, S. B.; CARVALHO, K. Q.; HALMEMAN, M. C. R.; SOUZA, P. C.; GUSMÃO, L. K. Monitoring of urban and rural basins: water quality of Mourão basin. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 158-164, 2015.

PEREIRA, M. C. S. et al. Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar–Bacia hidrográfica do rio Pinheiros em São Paulo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, p. 577-590, 2021.

QUEIROZ, L. G. et al. Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v. 12, n. 2, Taubaté – Mar. Apr., 2017.

ROCHA, B. C. S.; DA HORA, M. A. G. M.; MORAES, J. R. Diagnosis of water quality of the Mataruna river, municipality of Araruama, RJ, through physical, chemical and microbiological parameters, **Revista Espacios**, v. 38, n. 27, p. 2, 2017.

ROCHA, E. S. et al. Análise Microbiológica da Água de Cozinhas e/ou cantinas das Instituições de Ensino do Município de Teixeira de Freitas (BA). **Revista Baiana de Saúde Pública**. v. 34, n. 3, p. 694-705, 2010.

RODRIGUES, M. B.; LIPP-NISSINEN, K. H. Diagnóstico de parâmetros de qualidade do rio Gravataí no interior da Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande, RS, e a detecção de situação de criticidade, **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 1137-1153, 2018.

SANTOS, R. C. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C.; MARQUES, M. N. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 33-46, 2018.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 115-123, 2010.

SÃO FIDÉLIS, 2012a. **Plano Municipal de Saneamento Básico: plano regional de saneamento com base nas modalidades água, esgoto e drenagem urbana** – São Fidélis. AGEVAP. CEIVAP. DRZ Geotecnologia e Consultoria. 2012. Disponível em: . Acesso em: jan 2020.

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 Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SOUZA, C. F. et al. Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté-SP. **Revista Biociências**, v. 16, n. 1, 2010.

SPERLING, M. V., **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento De Esgotos**. 3ª edição. Volume 1. Belo Horizonte/MG, Brasil. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2005.

TYAGI, S., SHARMA, B., SINGH, P., DOBHAI, R. Water quality assessment in terms of water quality index. **American Journal of water resources**, v. 1, n. 3, p. 34-38, 2013.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2014. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).