

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIXO PARAÍBA DO SUL ATRAVÉS DA ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E DO IQA-NSF

*Carolina Ramos de Oliveira Nunes¹, Elianna Menezes Santana², Thamyres Higino Moreira³,
Vaneidy Carlos de Souza Ladeira⁴, Letícia Santos Venâncio⁵, Leonarda de Souza Silva⁶, Vicente de
Paulo Santos de Oliveira⁷ & Thiago Moreira de Rezende Araújo⁸*

Abstract: Recent studies have shown that some aquatic environments have parameters above those permitted by law. The results indicate that they are impacted and pose risks to the health of the population and the ecosystem. In this study, the water quality at a point in the Paraíba do Sul River in 2023 was assessed using the WQI-NSF and also through the analysis of physical-chemical and microbiological parameters. Water samples were collected monthly at the sampling point of the river. The parameters assessed were: pH, temperature, turbidity, DO, total solids, BOD_{5.20}, nitrate, total phosphorus and thermotolerant coliforms. The WQI-NSF was calculated using the product equation and a statistical correlation analysis was performed with the results of the assessed parameters, the WQI-NSF values and the river flow. The results were compared with CONAMA resolution no. 357/05, considering freshwater class 3. The parameters DO, pH, BOD_{5.20} and nitrate were within the limits. However, thermotolerant coliforms exceeded the limit allowed for animal watering throughout the year. Turbidity and total phosphorus exceeded the limits in January, influenced by higher flow during the rainy season. The WQI-NSF ranged from 52.8% to 69.9%, always indicating average quality, with negative impact mainly of microbiological load, BOD_{5.20}, turbidity and total phosphorus. Negative correlations were observed between river flow, total phosphorus and turbidity with the WQI-NSF. It was concluded that thermotolerant coliforms were the main factor in the decrease in water quality, and that sanitation in Campos dos Goytacazes needs to be improved.

Resumo: Trabalhos recentes vêm mostrando que alguns ambientes aquáticos possuem parâmetros acima dos permitidos pela legislação. Os resultados indicam que eles se encontram impactados e constituem riscos à saúde da população e ao ecossistema. Neste trabalho foi avaliada a qualidade da água em um ponto do Rio Paraíba do Sul em 2023 através do IQA-NSF e, também, da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Foram realizadas coletas de amostras de água no ponto amostral do rio mensalmente. Os parâmetros avaliados foram: pH, temperatura, turbidez, OD, sólidos totais, DBO_{5.20}, nitrato, fósforo total e coliformes termotolerantes. O IQA-NSF foi calculado através da equação do produtorio e foi realizada análise estatística de correlação com os resultados dos parâmetros avaliados, dos valores do IQA-NSF e da vazão do rio. Os resultados foram comparados com a Resolução CONAMA nº 357/05, considerando-se água doce classe 3. Os parâmetros OD, pH,

- 1) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, carolina.nunes@gsuite.iff.edu.br
- 2) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, elianna.m@gsuite.iff.edu.br
- 3) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, thamyres.higino@gsuite.iff.edu.br
- 4) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, vaneidy.l@gsuite.iff.edu.br
- 5) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, leticia.venancio@gsuite.iff.edu.br
- 6) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, leonarda.souza@gsuite.iff.edu.br
- 7) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, vicente.oliveira@gsuite.iff.edu.br
- 8) LabFoz, IFF/PICG, Martins Lage, BR 356 km 158, Campos dos Goytacazes-RJ, 28100-000, (22)2726-2553, taraujo@iff.edu.br

DBO_{5,20} e nitrato estiveram dentro dos limites legais. No entanto, coliformes termotolerantes excederam o limite permitido para dessecação animal durante todo o ano. Turbidez e fósforo total ultrapassaram os limites em janeiro, influenciados por maior vazão no período chuvoso. O IQA-NSF variou entre 52,8 % e 69,9 %, sempre indicando qualidade média, com impacto negativo principalmente da carga microbiológica, DBO_{5,20}, turbidez e fósforo total. Foram observadas correlações negativas da vazão do rio, fósforo total e turbidez com o IQA-NSF. Concluiu-se que os coliformes termotolerantes foram o principal fator de diminuição da qualidade da água sendo necessário melhorar o saneamento em Campos dos Goytacazes.

Palavras-Chave – Coliformes termotolerantes, CONAMA nº 357/05, Vazão.

INTRODUÇÃO

As águas doces continentais, especialmente as águas superficiais, desempenham papel fundamental na sustentação da vida no planeta e no desenvolvimento socioeconômico global. Contudo, a quantidade e a qualidade desses recursos têm sido progressivamente comprometidas em razão das atividades antrópicas (Tundisi, 2008; Sperling, 2014). As principais causas de degradação da qualidade da água de recursos hídricos superficiais estão associadas ao despejo de efluentes sanitários domésticos e industriais (Cavalcanti e Marques, 2016; ANA, 2024).

O Rio Paraíba do Sul é um dos principais mananciais da região Sudeste do Brasil, com área de drenagem nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Possui aproximadamente 1.100 km de extensão, com a nascente localizada na Serra da Bocaina, no estado de São Paulo e a foz no município de São João da Barra, Rio de Janeiro. A relevância do Rio Paraíba do Sul está atrelada ao seu papel estratégico no abastecimento hídrico de milhões de habitantes, bem como na sustentação de atividades industriais. Além disso, o rio desempenha funções essenciais para a irrigação agrícola, a geração de energia hidrelétrica e o desenvolvimento de diversos setores produtivos. A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul também possui notável importância ecológica, por abrigar significativa biodiversidade e ecossistemas sensíveis, cuja conservação é imprescindível (CEIVAP a, 2025).

Apesar de sua expressiva importância socioambiental, o Rio Paraíba do Sul enfrenta diversos desafios. As transposições, a poluição, as práticas inadequadas de uso e ocupação do solo, bem como o desmatamento da mata ciliar, degradam a qualidade da água do rio impactando a todos (Togoro, 2006). A adoção de uma gestão sustentável dos recursos hídricos da bacia é imprescindível para assegurar a conservação do rio e a manutenção dos serviços ecossistêmicos por ele prestados. Nesse contexto, o monitoramento sistemático da qualidade da água configura-se como uma ferramenta essencial de suporte às estratégias de gestão e tomada de decisão (CEIVAP a, 2025).

A qualidade da água é determinada por sua composição físico-química e biológica, bem como pelo entendimento dos efeitos que seus constituintes podem exercer sobre o meio ambiente e, consequentemente, sobre a saúde humana (Sperling, 2014). Os diversos usos atribuídos à água exigem padrões específicos de qualidade, os quais orientam sua adequação a finalidades distintas. Nesse contexto, a Resolução n.º 357, de 18 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece a classificação dos corpos de água e dá as diretrizes para o enquadramento com base nos usos que são feitos dessas águas, assim como, traz as condições e padrões de qualidade para cada classe. Sendo assim, a Resolução CONAMA n° 357/05 é um importante instrumento de apoio à avaliação da qualidade das águas doces superficiais. O CEIVAP (Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) é o órgão responsável pelo enquadramento, que atualmente encontra-se em andamento com etapa técnico-propositiva. Dessa forma, têm-se usado o enquadramento proposto pela Portaria GM n° 86, Ministério Interior, de 04 de

junho de 1981, no qual o Rio Paraíba do Sul se enquadraria na categoria águas doces Classe III no trecho baixo-paraíba entre Campos dos Goytacazes e São João da Barra (CEIVAP b, 2025).

O Índice de Qualidade de Água – *National Sanitation Foundation* (IQA-NSF) é uma metodologia amplamente utilizada para monitoramento de recursos hídricos. Desenvolvida com o propósito de sintetizar, em um único valor numérico, os parâmetros mais representativos da qualidade da água, permitindo uma avaliação abrangente e facilitando tanto a interpretação dos dados quanto a comunicação entre técnicos, gestores e o público em geral. São avaliados nove parâmetros de qualidade: pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrato e resíduo total (Brown *et al.*, 1970; Sperling, 2014). Esse índice se mostra sensível à contaminação dos corpos hídricos principalmente pelo aporte de nutrientes, sólidos e pelo lançamento de esgotos domésticos, a qual ainda é uma das principais fontes de poluição das águas superficiais no Brasil (ANA, 2024).

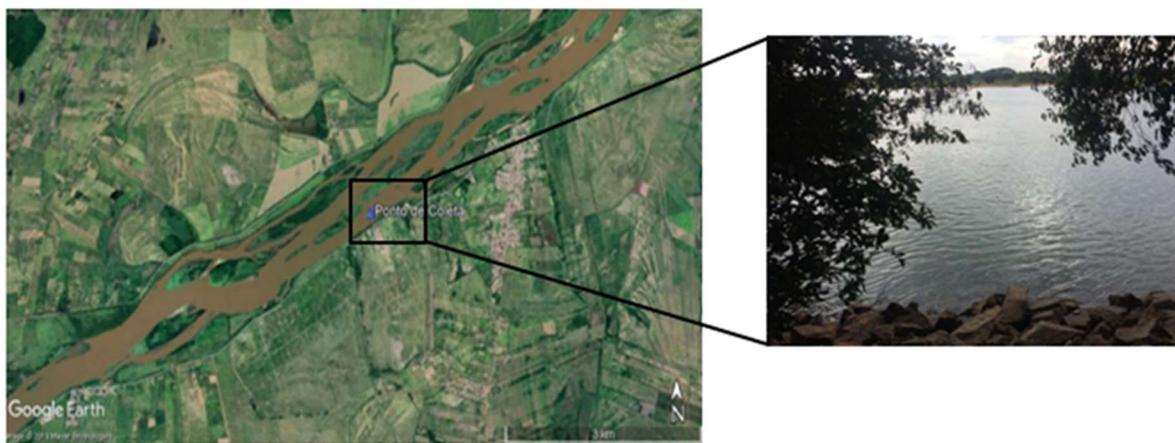
No presente estudo, visando obter informações acerca da qualidade da água de um ponto amostral no Rio Paraíba do Sul, foram avaliados os nove parâmetros da metodologia IQA-NSF em amostras coletadas mensalmente no ano de 2023. Foram calculados os valores do IQA-NSF em cada mês e realizadas comparações dos parâmetros analisados com as condições e padrões preconizados pela Resolução CONAMA nº357/2005. Foi realizada ainda análise estatística de correlação com os resultados dos parâmetros analisados, dos valores do IQA-NSF e da vazão do rio.

METODOLOGIA

1.1 Coleta de Amostras

As amostras foram coletadas mensalmente ao longo do ano de 2023, em um ponto do Rio Paraíba do Sul localizado em frente ao Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense ($21^{\circ} 44'20.5''$ sul / $041^{\circ} 12'27.7''$ oeste; Figura 1). O ponto de coleta em questão localiza-se cerca de 20 km a jusante da área central do município de Campos dos Goytacazes e próximo a estrada (BR-356) que faz a ligação entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São João da Barra. Para realização das análises físico-químicas as amostras foram coletadas em frascos de polipropileno de 500 mL e para as microbiológicas em frascos de vidro de 100 mL previamente autoclavados. As amostragens foram realizadas no período da manhã e próximo à margem direita do rio.

Figura 1 – Local de coleta das amostras (Google Earth Pro; 2025).



No momento de cada coleta, a vazão do Rio Paraíba do Sul na Estação nº 5897400 (Campos dos Goytacazes) foi consultada no aplicativo HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2023). Essa estação fica a aproximadamente 20 km a montante do local de coleta.

1.2 Análises Físico-Químicas e Microbiológica

As amostras foram analisadas no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) vinculado ao Polo de Inovação Campos dos Goytacazes. As determinações realizadas foram: pH, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, coliformes termotolerantes, sólidos totais, nitrato, fósforo total e demanda bioquímica de oxigênio.

Os métodos utilizados para realização das análises seguiram o que preconiza o *Standard Methods for examination of water and wastewater 23st Edition* (2017) e de forma similar as realizadas por Sousa *et al.*, (2022). De forma mais detalhada, o oxigênio dissolvido (OD) e a temperatura foram analisados *in loco*, com auxílio de um oxímetro da Alfakit (AT 160). O ensaio microbiológico (coliformes termotolerantes) foi realizado através do método de Colilert® com incubação de 24 horas a 44,5 °C em estufa da Ethik Technology (410/*NDR). A determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) foi realizada com auxílio do aparelho para medição de DBO com suporte/rack para garrafas integrado da Lovibond (BD 600) e da incubadora de DBO Cienlab (CE-300/350). A turbidez foi determinada através de um turbidímetro de bancada da DIGIMED (DM-TU-EBC). Para a determinação do pH foi utilizado o pHmetro de bancada da Instrutherm (PH-2000). O fósforo total foi analisado por espectroscopia UV/Vis (GEHAKA-UV-380 G), pelo método do ácido ascórbico/molibdato com oxidação prévia da amostra com persulfato de sódio. A determinação do nitrato foi realizada com o auxílio de um cromatógrafo de íons da Metrohm (883 Basic IC Plus) acoplado a um amostrador automático da mesma marca (863 Compact Autosampler). E o sólido total foi determinado por aquecimento de 50,00 mL de amostra, em cápsula de porcelana, em estufa da SolidSteel (SSDi – 85 L) a 105 °C até peso constante.

Após a realização das análises, os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pela legislação vigente, Resolução CONAMA nº 357/05.

1.3 Determinação do IQA-NSF e análise de correlação

Para cada coleta mensal foi determinado o IQA-NSF através da equação do produtório como realizado por Sousa *et al.*, (2022). Os valores obtidos foram comparados com as seguintes faixas de classificação: excelente ($90 < \text{IQA-NSF} \leq 100$), bom ($70 < \text{IQA-NSF} \leq 90$), médio ($50 < \text{IQA-NSF} \leq 70$), ruim ($25 < \text{IQA-NSF} \leq 50$) e muito ruim ($0 < \text{IQA-NSF} \leq 25$) (Sperling, 2014).

Visando avaliar a existência de correlações entre os parâmetros analisados, o IQA-NSF calculado e a vazão do rio foi realizada a análise estatística de correlação linear com auxílio do Excel 365 Apps.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como descrito pela Portaria GM nº 86 do Ministério do Interior de 1981, o Rio Paraíba do Sul (RPS) é de classe 3 na região entre a cidade de Campos dos Goytacazes até a sua foz, região a qual engloba o ponto onde as amostras foram coletadas. Desta forma, os resultados encontrados (Quadro 1) foram comparados com os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05 considerando-se água doce/classe 3.

Quadro 1 – Valores das análises realizadas mensalmente durante o ano de 2023, das vazões do Rio Paraíba do Sul nos horários das coletas e do Índice de Qualidade de Água. Valores em negrito estão em desacordo com a legislação vigente.

Parâmetros/ Mês	OD mg/L	Temp °C	C term NMP por 100 mL	pH	DBO _{5,20} mg/L	Nit mg N/L	P total mg P/L	Turb UNT	S tot mg/L	IQA/ NSF %	Vazão m ³ /s
Janeiro	8,17	26,30	2419,60	7,34	2,00	0,420	0,18	154,00	180,0	52,8	1420
Fevereiro	7,95	28,20	2419,60	7,58	3,00	0,737	0,13	81,97	76,00	60,0	1790
Março	7,34	27,00	2419,60	7,63	3,00	0,811	0,09	28,30	20,00	64,2	602
Abril	7,28	24,00	1986,30	7,19	1,00	0,735	0,09	47,73	88,00	64,7	613
Maio	13,69	23,20	1203,30	7,04	<1,00	0,789	0,05	16,98	24,00	63,9	479
Junho	7,47	21,70	2419,60	6,82	1,00	0,785	0,09	8,31	22,00	67,2	458
Julho	8,20	27,40	2419,60	7,40	<1,00	0,942	0,10	7,94	7,50	69,2	388
Agosto	7,55	24,90	2419,60	7,44	1,00	0,897	0,07	4,82	66,00	69,0	381
Setembro	8,10	26,90	2419,60	7,92	4,00	0,889	0,12	12,14	78,00	65,0	331
Outubro	8,04	27,30	1986,30	7,55	3,00	1,106	0,09	9,22	104,00	67,7	370
Novembro	7,93	28,30	1986,60	7,81	6,00	0,779	0,05	18,54	104,00	68,1	337
Dezembro	8,08	27,00	1203,30	8,15	7,00	0,692	0,10	23,30	100,00	69,9	468
CONAMA 357/05 ¹	>4,00	-	≤1000 ^a ≤2500 ^b ≤4000 ^c	6,0 a 9,0	≤10,00	≤10,00	≤0,15 ²	≤100	-	-	-

Onde: OD: oxigênio dissolvido; Temp: temperatura; C term: coliformes termotolerantes; pH: potencial hidrogeniônico; DBO_{5,20}: demanda bioquímica de oxigênio; P total: fósforo total; Turb: turbidez; S tot: sólidos totais; IQA-NSF: Índice de Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation*; NMP por 100mL: número mais provável por 100 mililitros; UNT: unidade nefelométrica de turbidez; (1) Valores máximos, mínimos ou faixa permitida considerando-se água doce/classe 3; (2) Para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários; Uso da água para: (a) dessedentação de animais; (b) recreação de contato secundário; (c) Demais.

Analizando os resultados encontrados, observa-se que, de forma geral, há resultados para os parâmetros coliformes termotolerantes, turbidez e fósforo total em divergência com a legislação. Os demais resultados estão de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05.

Considerando o uso da água para a dessedentação de animais, os valores de coliformes termotolerantes estão em desacordo com a legislação vigente. Em todos os meses avaliados o valor ficou superior a 1000 NMP/100 mL, variando de 1203,30 a 2419,60 NMP/100 mL. A presença de coliformes termotolerantes nas amostras pode indicar contaminação por esgoto doméstico, estando

associado à presença de patógenos (Sperling, 2014; Cintra *et al.* 2020). Esses valores são preocupantes, uma vez que, há muitas fazendas de criação de animais próximo ao ponto amostral e, provavelmente, elas fazem o uso da água do rio para tal finalidade. Principalmente porque as águas de poços da região em questão caracterizam-se por elevadas concentrações de ferro e, em alguns casos, de serem salobras (Cerqueira *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2021). Isso indica que a rede de coleta e tratamento de esgoto sanitário no município de Campos dos Goytacazes deve ser aperfeiçoada. Ainda com relação aos coliformes termotolerantes, observa-se que para os demais usos os valores encontrados estão de acordo com a legislação vigente.

Quanto à turbidez, pode-se observar ampla faixa de variação, de 4,82 UNT (julho) a 154,00 UNT (janeiro). A Resolução CONAMA nº 357/05 admite que para o parâmetro turbidez em corpos hídricos de classe 3 para águas doces os valores não devem ultrapassar 100,00 UNT, sendo assim, o valor de 154,00 UNT se encontra fora do que é estabelecido por lei. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a turbidez pode ser definida como sendo uma indicação do grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Ainda de acordo com a ANA, a atenuação se dá pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão como por exemplo a areia, argila, algas etc. Sendo assim, o principal fator que eleva a turbidez das águas é a erosão do solo e, em períodos de chuva, as águas pluviais levam quantidade significativa de materiais sólidos para os corpos d'água (ANA, 2025).

Os valores de fósforo total variaram de 0,05 mg de P/L (maio e novembro) a 0,18 mg de P/L (janeiro), este último valor, não se encontra dentro do limite preconizado pela legislação, onde é estabelecido que o valor máximo permitido é de 0,15 mg de P/L. O fósforo total encontrado nos corpos d'água pode ser oriundo de fontes como o esgoto doméstico, pela presença de detergentes e até da própria matéria fecal. Também pode ser influenciado pela drenagem de águas pluviais de áreas agrícolas e urbanas. Além dos efluentes industriais como os de indústrias de fertilizantes, alimentícias, frigoríficos, entre outras (Sperling, 2014; ANA, 2025). Desta forma, observa-se que os valores de turbidez e fósforo total em divergência com a legislação ocorreram no mês de janeiro, onde o rio apresentou elevada vazão. Isso indica que o aumento das chuvas influencia de maneira negativa na qualidade desses dois parâmetros no RPS no ponto avaliado.

Com relação ao parâmetro oxigênio dissolvido (OD), o mesmo manteve-se acima do valor mínimo (4,00 mg/L) indicado pela Resolução CONAMA nº 357/05, tendo seu menor valor em abril (7,18 mg/L) e maior valor em maio (13,69 mg/L). Os valores de OD se alteraram de acordo com os processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água (Leal *et al.* 2023).

Com relação à temperatura, nota-se que não houve grandes variações ao longo do ano, mantendo valores de 21,70 °C (junho) a 28,30 °C (novembro). Não há valores ou limites estabelecidos para a temperatura na legislação citada, mas é importante monitorá-la pois, de acordo com Sousa *et al.* (2022), ela interfere diretamente em alguns parâmetros físico-químicos como, por exemplo, o OD.

As análises referentes ao pH mostraram que os valores encontrados, entre 6,82 (junho) e 8,15 (dezembro), estão dentro da faixa recomendada pela CONAMA 357/05 que é de 6,0 a 9,0, indicando pH próximo à neutralidade. Estes valores se mantiveram nesta faixa durante todo o ano de 2023. Comportamento semelhante foi relatado por Cintra *et al.* (2020) durante os anos de 2015 a 2018 em análises de amostras de água do RPS no mesmo ponto amostral.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pode ser definida como sendo a quantidade de oxigênio que é consumida durante determinado período a uma temperatura específica de incubação para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiológica aeróbica (CETESB, 2020). Os valores obtidos para a DBO estavam dentro do limite estabelecido ($\leq 10,00 \text{ mg/L}$). Eles variaram de <1,00 mg/L (maio e junho) a 7,00 mg/L (dezembro).

O limite máximo de nitrato (NO_3^-) estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 é de 10,00 mg de N/L. Os valores obtidos para este parâmetro se mantiveram dentro do limite estabelecido durante todo o ano de 2023, a faixa de valores encontrados foi de 0,420 mg de N/L (janeiro) a 1,106 mg de N/L (outubro). Para o nitrato, observou-se o inverso do fósforo total, com maiores vazões do rio (ou seja, período chuvoso) os valores encontrados foram menores. Isso indica que as águas das chuvas levam ao rio pequenas quantidades de nitrato e acabam promovendo a diluição desse poluente. Nunes *et al.*, (2022) relataram que o nitrato é um íon característico do Rio Paraíba do Sul na região do presente estudo.

Com relação ao IQA-NSF calculado, observa-se que o mesmo variou de 52,8 % (janeiro) a 69,9 % (dezembro). Ou seja, sempre com qualidade considerada média. De forma geral, o parâmetro que apresentou menor qualidade (q_i) no cálculo do IQA-NSF foi o microbiológico (coliformes termotolerantes). Ele variou de aproximadamente 15 % a 20 % quando os valores encontrados foram de 2419,60 NMP/100 mL e 1203,30 NMP/100 mL, respectivamente. Ou seja, para que valores melhores de IQA-NSF sejam alcançados no ponto estudado é necessário que o esgoto sanitário da cidade de Campos dos Goytacazes seja tratado de forma mais adequada. Ainda com relação aos valores de IQA-NSF calculados, observa-se que em períodos de maior vazão do rio (janeiro e fevereiro), foram encontrados menores valores para o IQA-NSF. Indicando assim que o período de chuvas piora a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul considerando-se os parâmetros que são avaliados no IQA-NSF. E, como discutido anteriormente, a piora é observada principalmente devido a elevação na concentração dos parâmetros turbidez e fósforo total na época de chuva.

A análise estatística de correlação realizada (Quadro 2) corrobora algumas observações que já foram realizadas nas discussões. Por exemplo, foram observadas correlações negativas próximas ou acima de 75 % entre o IQA-NSF e os parâmetros turbidez, fósforo total e vazão do rio, mostrando que, quando os valores desses parâmetros aumentam o IQA-NSF diminui. Foi observado ainda correlações positivas acima de 70 % entre o fósforo total e turbidez com a vazão do rio, indicando assim que, com a vazão mais alta tem-se maiores concentrações de fósforo total e turbidez. Foi observado ainda correlação positiva acima de 80 % entre o fósforo total e a turbidez, indicando que as concentrações/valores desses parâmetros aumentam ou diminuem de forma atrelada.

Quadro 2 – Análise estatística de correlação entre os valores dos parâmetros analisados, vazões do rio Paraíba do Sul e dos valores do Índice de Qualidade de Água calculados. Valores em negrito possuem correlações superiores a 0,7000 ou inferiores a -0,7000.

	OD	Temp	C term	pH	DBO _{5,20}	Nit	P tot	Turb	S tot	IQA	Vazão
OD	1										
Temp	-0,3062	1									
C term	-0,6272	0,1461	1								
pH	-0,2869	0,7949	-0,1543	1							
DBO _{5,20}	-0,2984	0,5943	-0,2814	0,8552	1						
Nit	-0,0232	0,1050	0,0530	0,0713	-0,1147	1					
P tot	-0,3668	0,2407	0,4504	0,1039	0,0525	-0,5781	1				
Turb	-0,0824	0,1635	0,2111	-0,0718	-0,0162	-0,8089	0,8164	1			
S tot	-0,2317	0,3285	-0,0344	0,3304	0,4358	-0,5053	0,5618	0,6766	1		
IQA	-0,1065	-0,0383	-0,2639	0,2123	0,1750	0,7087	-0,7457	-0,9263	-0,5120	1	
Vazão	-0,0796	0,2487	0,2684	-0,0690	-0,0408	-0,5519	0,7073	0,8410	0,4204	-0,8026	1

Onde: OD: oxigênio dissolvido; Temp: temperatura; C term: coliformes termotolerantes; pH: potencial hidrogeniônico; DBO_{5,20}: demanda bioquímica de oxigênio; P total: fósforo total; Turb: turbidez; S tot: sólidos totais; IQA: Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation.

CONCLUSÕES

Ao longo do ano de 2023, segundo os valores de IQA-NSF calculados, a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul no ponto avaliado foi considerada média.

Considerando-se todas as coletas e análises realizadas, os coliformes termotolerantes foi o parâmetro que mais contribuiu negativamente para a qualidade da água do rio no ponto amostral. Em todos os meses avaliados, esse parâmetro mostrou divergências com a Resolução CONAMA nº 357/05. Desta forma, para que se tenha melhorias na qualidade da água no ponto avaliado, a coleta e o tratamento de esgoto sanitário no município de Campos dos Goytacazes têm que ser aperfeiçoados.

O período de chuvas, onde o rio apresenta maiores valores de vazão, tem influência negativa na qualidade da água do Rio Paraíba do Sul no ponto avaliado, principalmente por promover acréscimos nos parâmetros turbidez e fósforo total.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional das Águas. *Portal da qualidade das águas*. Disponível em: [Portal da Qualidade das Águas](#). Acesso em 15 de abril de 2025.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. “*Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual*”. Brasília-DF, 2024.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Hidroweb Disponível em: [HIDROWEB](#) Acesso em: 2023.
- APHA. American Public Health Association *et al.* Standard methods for the examination of water and wastewater. 23th ed. Washington, 2017.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (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.*” Resolução nº- 357, de 17 de março de 2005.
- BROWN, R. M.; McCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A.; TOZER, R. G. (1970). “*Water quality index-do we dare?*”. Water Sewage Works, 117(10), pp. 339-343.
- CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. G. (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, 15(1), pp. 4-16.
- CEIVAP a. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Dados Gerais. Disponível em: [Dados Gerais - CEIVAP](#) . Acesso em: 07 de junho de 2025.
- CEIVAP b. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Instrumentos de Gestão Enquadramento. Disponível em: [Enquadramento - CEIVAP](#). Acesso em: 07 de junho de 2025.
- CERQUEIRA, F. C.; ALVES, M. G.; CHRISPIM, Z. M. P.; ALMEIDA, F. F.; CORREIA, L. C.; DA SILVA JÚNIOR, G. C. (2014). “*Análise preliminar da qualidade das águas do aquífero livre no município de São João da Barra, RJ*”. in Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Belo Horizonte, Out. 2014, pp. 1-16.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2020) “*Apêndice E: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2019.*” São Paulo: CETESB, 57 p.
- CINTRA, L. S.; DE OLIVEIRA, C. R.; COSTA, B. B. P.; COSTA, D. A.; OLIVEIRA, V. P. S.; ARAÚJO, T. M. R. (2020). “*Monitoramento de parâmetros de qualidade da água do rio Paraíba do Sul em Campos dos Goytacazes-RJ*”. Holos, 36(5), pp. 1-16.

- LEAL, M. D. V.; ALMEIDA, U. S.; ALVES, I. C. B.; LIMA, A. S.; MARQUES, P. R. B. O. (2023). “Impacto antrópico e qualidade das águas no baixo curso do Rio Itapecuru”. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 9(2), pp. 1-21.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR (1981). “Classificação dos cursos d’água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul”. Portaria GM nº 86, de 04 de junho de 1981.
- NUNES, C. R. O.; PRÉ, H. L. S.; SILVA, K. C.; NETO, P. B.; OLIVEIRA, V. P. S.; ARAÚJO, T. M. R. (2022). “Ionic characterization and salinity evaluation in the Paraíba do Sul River estuary, southeast, Brazil, between 2018 and 2019”. *Regional Studies in Marine Science*, 55(102507), pp. 1-12.
- SANTOS, C. J.; LÄMMLE, L.; MOREIRA, V. B.; PICANÇO, J. L.; MINCATO, R. L.; AYER, J. E. B. (2021). “Avaliação da qualidade da água em aquífero raso em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(06), pp. 3241-3254.
- SOUSA, A. M.; NUNES, C. R. O.; SANTOS, L. F. U.; ARAÚJO, T. M. R. (2022). “Análise estatística multivariada de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e cálculo do índice de qualidade de água (IQA) da Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes/RJ.” *Geosciences=Geociências*, 41(3), pp. 689-702.
- SPERLING, M. V. (2014). *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. 2. ed. Editora UFMG-Belo Horizonte-MG, 592 p.
- TOGORO, E. S. (2006). Qualidade da água e integridade biótica: estudo de caso num trecho fluminense do Rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- TUNDISI, J.G. (2008). “Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções”. *Estudos avançados*, 22(63), pp. 7-16.