

## MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARAÍBA DO SUL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

L. S. CINTRA<sup>1</sup>, C. R. DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, B.B.P COSTA<sup>3</sup>, D.A. COSTA<sup>4</sup>, V.P.S. OLIVEIRA<sup>5</sup>, T.M.R. ARAÚJO<sup>6</sup>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense  
luanascindra32@gmail.com<sup>1</sup>

Submetido 18/02/2020 - Aceito 16/04/2020

DOI: 10.15628/holos.2020.9564

### RESUMO

A demanda atual por mecanismos de gestão de recursos hídricos que considerem a quantidade e qualidade das águas tem sido prioridade, já que se trata de um recurso de extrema importância à manutenção da vida e à continuidade das atividades econômicas. A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul é responsável pelo abastecimento de milhões de pessoas e indústrias ao longo dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Devido a sua importância, é necessário o monitoramento contínuo visando verificar se suas águas estão adequadas para seus múltiplos usos e para manter a sua qualidade ecossistêmica. Nesse contexto, o objetivo principal do presente trabalho foi analisar alguns parâmetros de qualidade de água em um ponto do rio

localizado no Baixo Paraíba do Sul, na localidade de Martins Lage, município de Campos dos Goytacazes-RJ, de forma a verificar se a qualidade da água do referido ponto está de acordo com o enquadramento concedido ao trecho do rio em questão. Para isso, foram realizadas coletas ao longo de todo o ano, entre o período de 2015 a 2018. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas, do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes. Com os resultados obtidos, foi possível observar variações significativas ao longo dos anos em cinco dos nove parâmetros avaliados, porém, em sua maioria, eles se encontram dentro da classificação do trecho (água doce/classe III) segundo legislação vigente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos, Enquadramento, CONAMA 357/2005.

## WATER QUALITY PARAMETERS MONITORING OF THE RIO PARAÍBA DO SUL IN CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

### ABSTRACT

Demand current for water resource management mechanisms that consider the quantity and quality of water has been a priority, since it is extreme importance resource to the life maintenance and the economic activities continuity. Hydrographic Paraíba do Sul River Basin is responsible for supplying people millions and a lot of industries throughout Minas Gerais, São Paulo and Rio de Janeiro states. Due to its importance, it should be submitted to continuous monitoring to verify that its waters are suitable for its multiple uses and ecosystem quality maintain. In this context, this work analyzed some

water quality parameters at a point the river located in Martins Lage, Campos dos Goytacazes municipality-RJ, in order to verify that the water quality of that point is in accordance legislation. For this, collections were carried out period from 2015 to 2018. The analyses were made at Waters Analysis and Monitoring Laboratory of the Campos dos Goytacazes Innovation Center. The results showed variations over the analyzed for five of nine parameters, but mostly, they were within the classification of the stretch (fresh water/class III) according to current legislation.

**KEYWORDS:** Hydric resource, Classification, CONAMA 357/2005.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por água em quantidade e qualidade adequadas tem sido um dos grandes problemas da sociedade atual. O Brasil é considerado um país privilegiado quanto à questão hídrica, porém fatores como a diminuição de matas ciliares, despejo de efluentes domésticos, industriais e agrícolas têm ocasionado a depreciação da qualidade desse recurso em nosso país. Diante da importância econômica e biológica da água, é necessário que se busque mecanismos de gestão eficazes de modo a garantir seu uso eficiente e sustentável (Cavalcanti, 2016).

A Lei 9.433 de 1997, conhecida como Lei das Águas, trouxe as diretrizes para a gestão dos recursos hídricos instituindo a Política Nacional dos Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Entre as diretrizes estabelecidas estão a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos quantidade e qualidade e, também, a integração da gestão das águas com a gestão ambiental. Os planos de recursos hídricos e seus enquadramentos em classes segundo os usos preponderantes são instrumentos dessa norma. Esse enquadramento tem o objetivo de assegurar às águas qualidade compatível com seus usos mais exigentes, de modo a garantir a utilização das mesmas para as atividades diversas associadas à manutenção da sua qualidade (Brasil, 1997; Gonçalves, 2016).

A qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento do efeito que seus constituintes podem causar no meio ambiente e, conseqüentemente, na saúde dos seres humanos. Os diferentes usos da água exigem diferentes padrões de qualidade. Nesse sentido, a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) traz as diretrizes para a realização do enquadramento dos corpos hídricos, onde a água doce é dividida em Classe Especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV. Com efeito que, quanto maior o número da classe, menos restritivo é o uso a que ela pode se destinar.

A Conjuntura de Recursos Hídricos é um documento, produzido anualmente pela Agência Nacional das Águas (ANA), que se configura como uma referência para acompanhamento sistemático e periódico das estatísticas e indicadores relacionados aos recursos hídricos no Brasil. Ele apresenta detalhadamente os principais usos, consuntivos ou não consuntivos, dos recursos no país, assim como aspectos relacionados à gestão (ANA, 2018a). A ANA também é responsável pela coordenação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), possuindo um sistema que abriga atualmente 4.641 pontos de monitoramento no país, divididos em estações que monitoram parâmetros relacionados aos rios, como níveis, vazões, qualidade da água e transporte de sedimentos, e outras estações que monitoram principalmente as chuvas (ANA, 2018b).

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) realiza o monitoramento qualitativo e quantitativo, a nível estadual, com vistas a obtenção de informações necessárias para o manejo adequado dos ecossistemas aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. O Instituto vem realizando o monitoramento de rios, reservatórios, lagoas costeiras, baías e praias do Estado desde a década de 70 do século XX, possuindo atualmente 374 corpos hídricos monitorados por 610 estações de monitoramento (INEA, 2018). Ou seja, a realização de ações de monitoramento de corpos hídricos, visando verificar se suas

águas estão adequadas para seus múltiplos usos e para manter a sua qualidade ecossistêmica, é de extrema importância.

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (Figura 1) está localizada no sudeste brasileiro e percorre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Possui extrema importância tanto economicamente quanto na manutenção do abastecimento hídrico de milhões de pessoas. O desenvolvimento diversificado e a acentuada expansão demográfica em torno da bacia têm sido agravantes que afetam a qualidade de seus recursos hídricos (Demamoro, 2015). Para sua gestão foi instituído o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP). O último enquadramento foi instituído pela Portaria GM/086 do Ministério do Interior (04/06/1981), onde o rio Paraíba do Sul foi enquadrado como água doce/Classe III da cidade de Campos dos Goytacazes até a sua foz (Facioli; Bezerra, 2015).

O CEIVAP é responsável pela produção de cadernos de ações com diretrizes para gestão dos recursos hídricos que contempla área de abrangência - GT-FOZ, analisada neste estudo. Segundo o comitê, a tendência de concentração populacional pode ser um fator de aumento de poluição na bacia. No tocante ao uso e ocupação do solo, observa-se uma situação precária em termos de distribuição percentual das florestas nos seus municípios com predominância de campos e pastagens. São usados sete recortes temáticos para as ações de melhoria quali-quantitativa na área de atuação do GT-FOZ que são redução de cargas poluidoras, aproveitamento e racionalização de uso dos recursos hídricos, drenagem urbana e controle de cheias, planejamento de recursos hídricos, projetos para ampliação da base de dados e informações, plano de proteção de mananciais e sustentabilidade no uso do solo e ferramentas de construção da gestão participativa.

O Plano de Aplicação Plurianual, aprovado pelo CEIVAP na Deliberação nº 237/2016, destinou R\$ 40 milhões para investimentos em ações voltadas ao saneamento no período de 2017 a 2020. Ainda que o CEIVAP mantenha ações voltadas a melhoria da qualidade da água, é destinada aos entes federativos União, Estados e Municípios, segundo a Constituição Federal de 1988, a atribuição de desenvolverem programas de saneamento básico (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2007).

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos o enquadramento é um instrumento que deve ser proposto pela Agência de Bacia e aprovado pelo seu respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica. A discussão a respeito do processo de atualização do enquadramento é parte integrante do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, onde se discute os prós e contras da atualização, com ênfase nos prováveis impactos financeiros de investimentos em recuperação e preservação dos recursos hídricos da bacia (Facioli; Bezerra, 2015).

Nesse contexto, o principal objetivo do presente trabalho foi analisar alguns parâmetros de qualidade da água em um ponto do rio Paraíba do Sul, no trecho Baixo Paraíba, na localidade de Martins Lage, município de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro, entre 2015 e 2018, e comparar os resultados encontrados com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e com o enquadramento dado ao mesmo através da portaria nº 86 de 04 de junho de 1981.

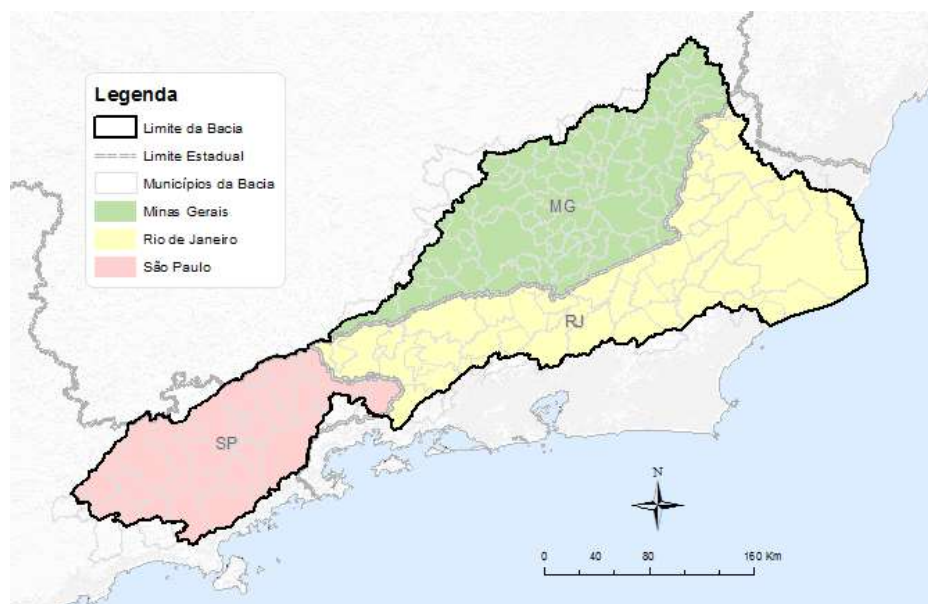


Figura 1: Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (CEIVAP; 2019).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Coleta das amostras

As amostras foram coletadas entre janeiro de 2015 e dezembro de 2018, em um ponto (21° 44'20.5" sul / 041° 12'27.7" oeste) do rio Paraíba do Sul, próximo ao Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense, conforme mostra a Figura 2. Nos anos de 2015, 2016 e 2018 foram realizadas 12 coletas, em intervalos de aproximadamente 30 dias, ao longo de cada ano. Já em 2017, devido a obras no laboratório de análises, foram realizadas apenas 6 coletas, de julho a dezembro. Para realização das amostragens foram seguidas as orientações que constam no Manual Prático de Análise de Água da FUNASA (2013). Resumidamente, foram utilizados frascos de polipropileno de 500 mL para coleta das amostras levadas para as análises físico-químicas e frascos com capacidade de 100 mL, previamente autoclavados, para coleta das amostras levadas para as análises microbiológicas. Todas as coletas foram realizadas no período da manhã.

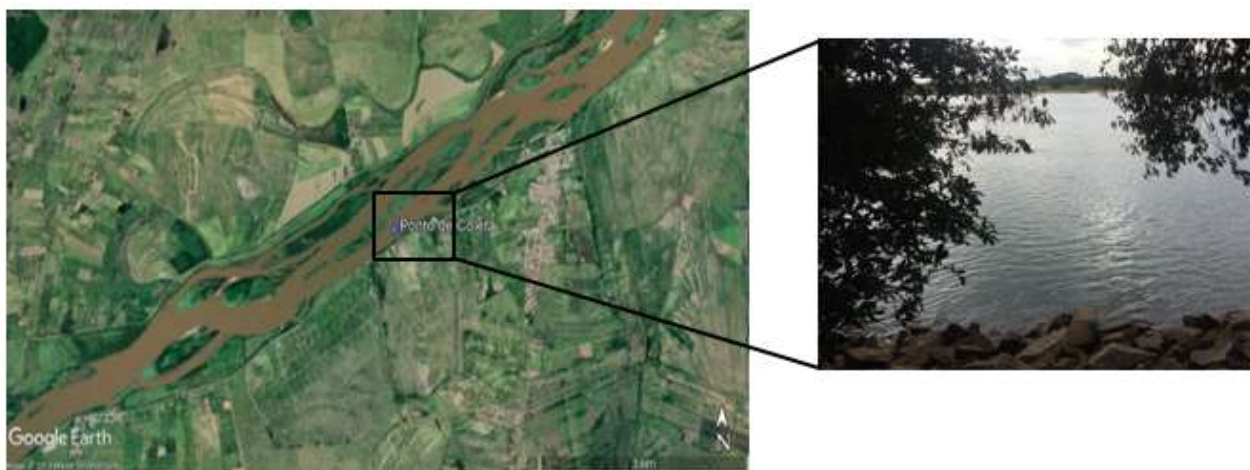


Figura 2: Local onde as coletas foram realizadas (Google Earth Pro; 2019).

No dia de cada amostragem foi feita uma média da vazão do rio utilizando dados desse parâmetro obtidos no sítio eletrônico da Agência Nacional das Águas (ANA) por meio do portal HidroWeb. Os dados utilizados para o procedimento foram os da Estação nº 5897400, localizada no município de Campos dos Goytacazes-RJ. Ao final de cada ano, uma média anual, considerando apenas os dias de coleta, foi obtida.

## 2.2 Análises físico-químicas e microbiológicas

As análises das amostras foram realizadas no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes. Elas foram feitas em triplicata, exceto as microbiológicas, e a partir dos dados uma média anual para cada parâmetro foi obtida. As determinações realizadas foram: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, coliformes totais, *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes.

Os métodos utilizados para realização das análises dos referidos parâmetros seguiram o que preconiza o *Standard Methods for examination of water and wastewater 21st Edition* (2005). Resumidamente, o pH foi determinado utilizando-se um pHmetro de bancada da Thermo, Orion Star A 214. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos foram obtidos com o auxílio de um condutímetro de bancada da Tecnal, Tec - 4 MP. A salinidade, em gramas (de sal) por litro (de solução), ou seja, por mil (‰), foi determinada por meio de equação de conversão a partir da condutividade. Para tal procedimento foi necessário converter a unidade de medição da condutividade de microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) para milisiemens por centímetro ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), em seguida elevou-se a potência de 1,0878 e multiplicou-se por 0,4665.

A turbidez foi determinada por turbidimetria a partir da utilização de turbidímetro de bancada Digimed, DM - TU - EBC. O parâmetro oxigênio dissolvido foi realizado com um oxímetro de campo Alfakit, AT 160, assim como a temperatura.

Para determinação do número mais provável por 100 mL (NMP/100 mL) de coliformes totais e *Escherichia coli* utilizou-se o Método Colilert<sup>®</sup>, com tempo e temperatura de incubação de 24 h e

35,0 °C, respectivamente. Os dados de coliformes termotolerantes foram obtidos a partir dos resultados de *Escherichia coli* e cálculo de conversão proposto pela CETESB (2018). De acordo com o relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, Apêndice D, multiplicando-se o valor de *E. coli* por 1,25 chega-se à estimativa, em número mais provável por 100 mL, de coliformes termotolerantes para a mesma amostra.

### 2.3 Análises estatísticas

Foram realizadas análises estatísticas para corroborar as comparações entre os parâmetros analisados ao longo dos pontos e dos diferentes períodos de coleta, por meio do Programa Action Stat 3. O teste de variância (ANOVA) foi aplicado para confirmar ou rejeitar a existência de alguma diferença significativa entre as médias apresentadas. Para os parâmetros que apresentaram variações relevantes, foi aplicado o teste de médias de Scheffe, com o intuito de apontar precisamente onde ocorreram as variações. Para as análises foi utilizado o nível de significância de 0,05 (probabilidade de erro de 5 %). Para analisar a distribuição dos dados foi utilizado a ferramenta BoxPlot, que apresenta a forma de agrupamento dos dados em torno da mediana e a existência de *outliers*, ou seja, pontos discrepantes do restante dos dados. Para a confecção dos BoxPlot foi utilizado o Excel 2013.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Visando verificar a presença de diferenças significativas entre as médias encontradas para cada parâmetro nos anos avaliados no presente estudo foi realizada a análise de variância (ANOVA), seguido, caso necessário, do teste de média de Scheffe. Na Tabela 1 podem ser observadas as médias de cada parâmetro nos diferentes anos avaliados, a estimativa do desvio padrão (*s*) para cada caso e o *p*-valor do teste de ANOVA de um fator ao nível de significância de 0,05 (probabilidade de erro de 5 %). Observa-se ainda letras sobrescritas ao lado das médias, no caso em que o *p*-valor do teste de ANOVA é menor que 0,05, o que mostra diferença significativa entre as mesmas. Essas letras indicam os resultados encontrados no teste de Scheffe. Dessa forma, médias com as mesmas letras são estatisticamente iguais, ao nível de significância de 0,05, enquanto que, médias com letras distintas são estatisticamente diferentes. Por último, ainda na Tabela 1, encontram-se os valores médios de vazão do rio nos anos de 2015 a 2018.

**Tabela 1: Médias e estimativas do desvio padrão (*s*) dos parâmetros analisados entre os anos de 2015 a 2018 e o *p*-valor para o teste de ANOVA realizado.**

| Parâmetros                                 | 2015 <sup>x</sup>  |          | 2016 <sup>x</sup>  |          | 2017 <sup>y</sup>    |          | 2018 <sup>x</sup>    |          | <i>p</i> -valor <sup>w</sup><br>ANOVA |
|--|--------------------|----------|--------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|---------------------------------------|
|  | Média              | <i>s</i> | Média              | <i>s</i> | Média                | <i>S</i> | Média                | <i>S</i> |                                       |
| Temp. (°C)                                 | 25,30              | 2,15     | 21,10              | 2,45     | 24,90                | 1,41     | 23,20                | 1,99     | 0,0750                                |
| pH   | 7,1 <sup>b</sup>   | 0,4      | 7,1 <sup>b</sup>   | 0,2      | 7,8 <sup>a</sup>     | 0,2      | 7,9 <sup>a</sup>     | 0,4      | <b>1,07E-7</b>                        |
| Turbidez (UNT)                             | 13,8 <sup>b</sup>  | 20,6     | 54,7 <sup>a</sup>  | 38,7     | 11,0 <sup>b</sup>    | 6,0      | 20,5 <sup>b</sup>    | 20,8     | <b>0,00150</b>                        |
| Condutividade<br>( $\mu\text{s cm}^{-1}$ ) | 83,97 <sup>a</sup> | 11,61    | 69,82 <sup>b</sup> | 8,64     | 70,00 <sup>a,b</sup> | 1,93     | 80,37 <sup>a,b</sup> | 11,49    | <b>0,00316</b>                        |
| STD (mg L <sup>-1</sup> )                  | 41,79              | 5,76     | 34,98              | 4,48     | 34,63                | 1,01     | 44,79                | 6,38     | 0,513                                 |

|   |                     |        |                     |        |                       |        |                       |        |                |
|---|---------------------|--------|---------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|----------------|
| Salinidade (‰)  | 0,0317 <sup>a</sup> | 0,0050 | 0,0259 <sup>b</sup> | 0,0030 | 0,0262 <sup>a,b</sup> | 0,0010 | 0,0301 <sup>a,b</sup> | 0,0050 | <b>0,0102</b>  |
| OD (mg L <sup>-1</sup> )                                    | 7,40 <sup>a</sup>   | 0,62   | 4,66 <sup>b</sup>   | 1,22   | 5,90 <sup>a,b</sup>   | 0,75   | 4,82 <sup>b</sup>     | 2,67   | <b>0,00602</b> |
| Coli. totais (NMP/100 mL)                                   | >2419,6             | -      | >2419,6             | -      | >2419,6               | -      | >2419,6               | -      | -              |
| <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)                        | 546,40              | 693,40 | 476,68              | 585,78 | 57,00                 | 31,76  | 596,66                | 737,45 | 0,369          |
| Coli. term. (NMP/100 mL)                                    | 683,04              | 866,75 | 595,85              | 732,22 | 71,25                 | 39,70  | 745,83                | 921,81 | 0,369          |
| Vazão do rio <sup>k</sup> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) | 341                 | 210    | 464                 | 435    | 235                   | 433    | 379                   | 428    | -              |

Onde: Temp.=Temperatura; STD=Sólidos totais dissolvidos; OD=Oxigênio dissolvido; Coli. totais=Coliformes totais; Coli. term.=Coliformes termotolerantes; <sup>x</sup>n=12; <sup>y</sup>n=6; <sup>k</sup>Média anual da média do dia de amostragem; <sup>w</sup>Nível de significância de 0,05; <sup>a,b</sup>Indicam os resultados do teste de média de Scheffe, letras iguais significam médias iguais ao nível de significância de 0,05 e letras distintas mostram médias diferentes.

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que foram encontrados valores estatisticamente diferentes entre as médias anuais para cinco dos nove parâmetros analisados. Verifica-se ainda que, para importantes parâmetros de qualidade de água, tais como: *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes, que podem indicar a contaminação por esgoto doméstico e conseqüentemente presença de patógenos, não houve variação significativa entre as médias anuais. Para o ano de maior vazão média, 2016, foram encontrados os menores valores de condutividade e de salinidade e o maior valor de turbidez. A primeira e a segunda observações provavelmente possuem relação com o efeito da diluição promovido pelo maior volume de água do rio. Já a terceira, provavelmente a maior vazão no ano de 2016 tem relação com mais chuvas na região da bacia hidrográfica do rio o que faz aumentar a turbidez da água.

Comparando-se agora alguns resultados médios do quadriênio 2015-18 obtidos no presente estudo com dados entre 1982-85 oriundos da estação PS441 (21° 44'40.0" sul/41° 19'50.0" oeste) fornecidos pelo INEA (Tabela 2), observa-se que, dos 8 parâmetros analisados por ambos, há diferença estatisticamente significativa para 6.

**Tabela 2: Médias e estimativas do desvio padrão (s) dos parâmetros analisados entre os anos de 1982-85 (INEA) e 2015-18 (presente estudo) e o p-valor para o teste de ANOVA realizado.**

| Parâmetros  | INEA - 1982-85 <sup>x</sup> |          | 2015-18 <sup>y</sup> |        | p-valor <sup>w</sup><br>ANOVA |
|---|-----------------------------|----------|----------------------|--------|-------------------------------|
|   | Média                       | s        | Média                | s      |                               |
| Temperatura (°C)  | 24,16                       | 3,02     | 24,58                | 2,23   | 0,4790                        |
| pH  | 7,1                         | 0,3      | 7,5                  | 0,5    | <b>6,56E-4</b>                |
| Turbidez (UNT)  | 27,5                        | 26,1     | 26,3                 | 30,5   | 0,8848                        |
| Condutividade (μs cm <sup>-1</sup> )                        | 64,20                       | 9,97     | 76,90                | 11,48  | <b>8,56E-7</b>                |
| Salinidade (‰)  | 0,0236                      | 0,0040   | 0,0288               | 0,0049 | <b>1,07E-7</b>                |
| Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )                   | 8,05                        | 0,69     | 5,72                 | 1,99   | <b>1,51E-9</b>                |
| <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)                        | 27490,40                    | 48008,06 | 467,87               | 628,03 | <b>5,46E-4</b>                |
| Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)                     | 34363,00                    | 60010,08 | 584,84               | 785,04 | <b>5,46E-4</b>                |
| Vazão do rio <sup>k</sup> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) | 799                         | 458      | 367                  | 275    | <b>2,25E-6</b>                |

<sup>x</sup>n=40; <sup>y</sup>n=42; <sup>k</sup>Média do quadriênio da média do dia de amostragem; <sup>w</sup>Nível de significância de 0,05.

Verifica-se ainda com auxílio da Tabela 2 que os valores para *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes são bem menores no quadriênio 2015-18 o que, considerando esses parâmetros, indica uma melhoria na qualidade da água do rio Paraíba do Sul na região estudada. Possivelmente essa diminuição vem ocorrendo devido ao aumento na coleta e tratamento de esgoto doméstico na bacia hidrográfica do rio. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mostra que entre os anos de 1991 a 2000, o município de Campos dos Goytacazes não possuía tratamento de efluentes domésticos, mesmo com a presença de uma rede coletora de esgoto que contemplava 30,35% dos domicílios. No ano de 2004, na cidade, o tratamento teve uma abrangência de 296 m<sup>3</sup>/ano, já em 2018 tratava 11.899,34 m<sup>3</sup>/ano, com uma rede coletora de 57,1% das residências.

A concentração de oxigênio dissolvido foi menor no mesmo quadriênio (2015-18) o que indica uma piora na qualidade da água frente a esse parâmetro. Essa diminuição pode ter sido observada, por exemplo, devido a um aumento na concentração de matéria orgânica, também da temperatura média e o decréscimo na vazão/volume do rio o que o torna menos lótico e diminui o seu poder de depuração. O aumento da condutividade e da salinidade no quadriênio 2015-18 também é um fator negativo com relação à qualidade da água, pois indica o aumento de espécies dissolvidas e mostra um acréscimo na salinização do corpo hídrico.

Com os resultados obtidos no presente estudo, foi possível também realizar os cálculos de mediana, quartis e amplitude interquartílica para cada parâmetro avaliado durante os anos de 2015 a 2018 (Figura 3 a Figura 7). Nessas figuras é possível observar as variações dos resultados e também a presença de pontos com resultados mais discrepantes em relação à mediana, chamados de *outliers*. Os dados apresentados nas mesmas, serão comparados com trabalhos científicos similares e à Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 357/2005 para verificar se a água do ponto de coleta encontrava-se dentro do enquadramento que lhe foi conferido, água doce/classe III, segundo a portaria nº 86 de 04 de junho de 1981.

Os valores de salinidade são importantes para a definição do recurso hídrico como de água doce, salobra ou salgada. Quando a salinidade é igual ou inferior a 0,5‰, considera-se o mesmo de água doce, como de águas salobras, quando a salinidade for superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ e, como águas salgadas, os que possuem salinidade superior a 30‰. Os dados encontrados para esse parâmetro (Figura 3) mostraram valores sempre abaixo de 0,5‰, ou seja, o corpo hídrico avaliado é considerado de água doce no ponto analisado. O ano de 2015 apresentou os maiores valores de salinidade, média de 0,0317‰, assim como a maior variação dos dados, de 0,0240 a 0,041‰, com amplitude interquartil, diferença entre o primeiro e terceiro quartil, de 0,009‰. Esses últimos valores evidenciam maior dispersão dos dados de salinidade para esse ano.



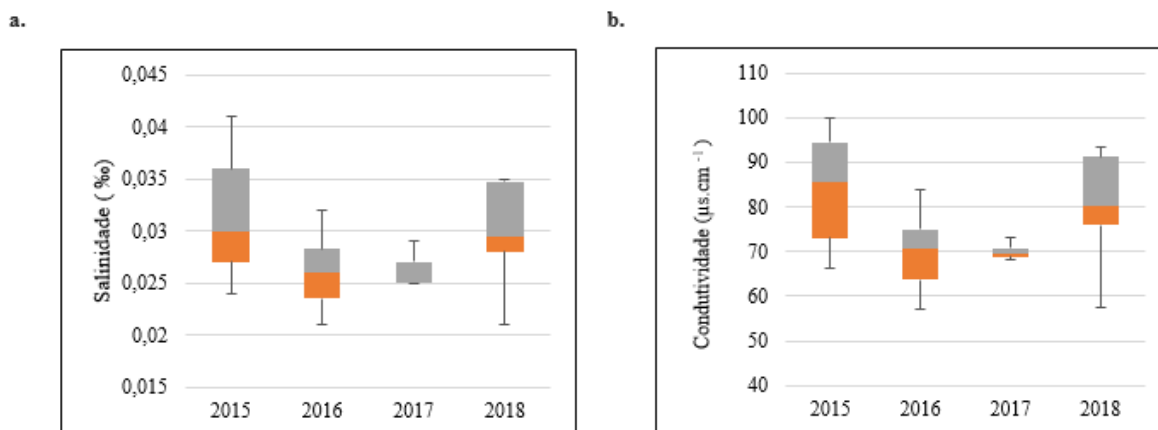


Figura 3: Boxplots para os parâmetros (a) salinidade (‰) e (b) condutividade ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ ) em cada ano estudado.

Com relação ao parâmetro condutividade, na Figura 3 é possível observar uma distribuição assimétrica dos dados obtidos, uma vez que os valores das medianas não se apresentam no centro da caixa. Reforçando o perfil encontrado para salinidade, novamente no ano de 2015, foram encontrados os maiores valores para a condutividade, média de  $83,97 \mu\text{s cm}^{-1}$ , assim como a maior amplitude interquartil, aproximadamente  $21,46 \mu\text{s cm}^{-1}$ . Entretanto, a maior variação de distribuição dos dados ocorreu no ano de 2018, com o valor máximo de  $93,43 \mu\text{s cm}^{-1}$  e mínimo de  $57,5 \mu\text{s cm}^{-1}$ .

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016), é possível definir a condutividade como a expressão numérica da capacidade da água conduzir corrente elétrica, apontando a quantidade de sais presentes no recurso hídrico analisado. Os valores encontrados podem representar uma medida indireta da concentração de poluentes e valores muito elevados podem conceder características corrosivas à água.

A CONAMA nº 357/05 não estipula valores máximos de condutividade, independente da classe e salinidade do corpo hídrico, porém Von Sperling (2014) e Piratoba *et al.* (2017) mencionam que em águas naturais de água doce a condutividade geralmente varia de 10 a  $100 \mu\text{s cm}^{-1}$  e que, em águas extremamente poluídas por esgoto, esse valor pode chegar até  $1000 \mu\text{s cm}^{-1}$ . Ou seja, os valores encontrados não indicam que o ambiente esteja altamente impactado por esgoto doméstico.

Em seu trabalho, Pacheco *et al.* (2017) analisaram diferentes parâmetros de qualidade de água, em 210 pontos amostrais localizados da cabeceira até a foz do rio Paraíba do Sul, com o intuito de confrontá-los com o uso e ocupação do solo da área durante o período de 2014 a 2016. Foi possível constatar que o parâmetro condutividade apresentou altos valores no *cluster* 6, que corresponde a 44% da extensão do trecho do rio Paraíba do Sul em que foram coletadas as amostras, encontrando valores de condutividade máximos próximos a  $100 \mu\text{s cm}^{-1}$ .

Segundo Rocha *et al.* (2010), a turbidez e os sólidos totais dissolvidos (STD) são parâmetros que condicionam a penetração de raios solares na água. Valores altos dos mesmos podem reduzir a fotossíntese da vegetação enraizada submersa nos corpos hídricos, o que pode suprimir a produtividade de peixes. Logo, esses parâmetros podem não só influenciar as comunidades

biológicas aquáticas, como também prejudicar os usos domésticos, recreacional e industrial dos recursos hídricos (CETESB, 2016).

De acordo com a CONAMA nº 357/05, o limite máximo estabelecido para sólidos totais dissolvidos para corpos hídricos de água doce e classe III é de 500 mg L<sup>-1</sup>. Os valores encontrados nas análises (Figura 4) se apresentam dentro dos limites preconizados, sendo possível observar uma distribuição assimétrica entre os anos. Observa-se ainda, que o ano de 2018 apresentou a maior média para STD entre os anos avaliados (44,79 mg L<sup>-1</sup>), porém a maior variação de distribuição dos resultados, de 32,38 a 50,01 mg L<sup>-1</sup> (máximo e mínimo), e maior amplitude interquartil, de 10,23 mg L<sup>-1</sup>, foram encontrados no ano de 2015 (Figura 4 e Tabela 1). Mostrando maior dispersão dos resultados para STD nesse ano.

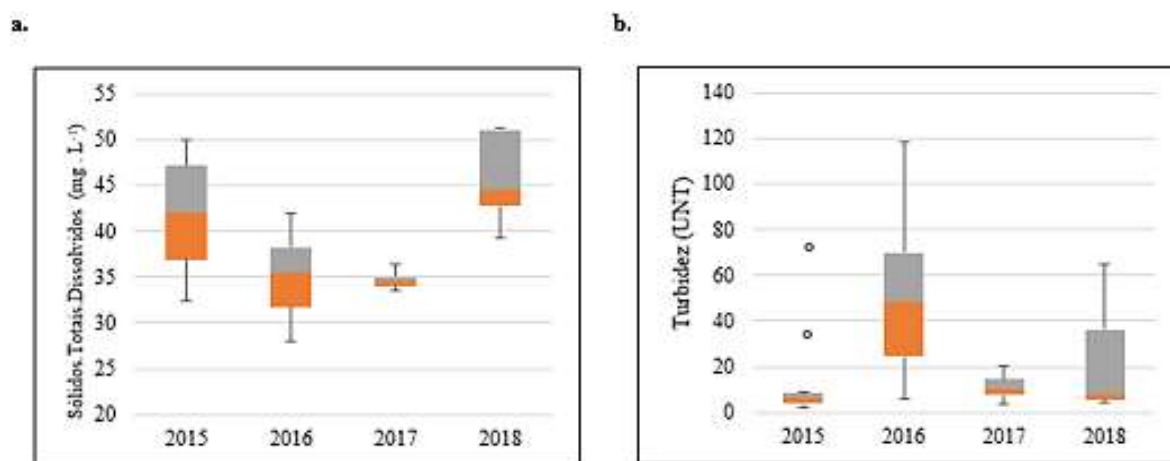


Figura 4: Boxplots para os parâmetros (a) sólidos totais dissolvidos (mg L<sup>-1</sup>) e (b) turbidez (UNT) em cada ano estudado.

Com relação à turbidez, o limite estabelecido pela CONAMA nº 357/05 para esse parâmetro, em corpos hídricos de água doce e enquadrados como classe III, é de até 100 UNT. Desta forma, pode-se observar que a maioria dos valores encontrados nas análises se apresenta dentro do limite preconizado para a classificação especificada (Figura 4). Os resultados apresentam-se de maneira assimétrica, em que é notável a disparidade entre as medianas de cada ano. O ano de 2017 apresentou a menor média entre os avaliados, igual a 11,0 UNT, como pode ser observado na Tabela 1. Foi possível verificar no ano de 2015 dois *outliers* (33 e 74 UNT). Em 2016 ocorreu a maior dispersão dos dados obtidos, visto a diferença entre os valores máximo e mínimo encontrados (118 a 5,8 UNT), com uma amplitude interquartil de 45,7 UNT, assim como a maior média de vazão entre os anos estudados (464 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>).

As análises referentes ao pH também se mostraram assimetricamente distribuídas (Figura 5). O ano de 2017 apresentou a menor variação de distribuição dos dados, de 0,5 entre os valores máximo e mínimo, possuindo uma amplitude interquartil de 0,18. O ano de 2018 apresentou a maior variação de distribuição dos dados, com valores máximo e mínimo de 8,4 e 7,2, respectivamente, amplitude de 0,4 e um ponto discrepante dos demais no valor de 8,8. A CONAMA nº 357/05 preconiza o valor de pH de 6,0 a 9,0 para enquadramento em todas as classes de água doce. Constata-se, desta forma, que os resultados encontrados estavam adequados ao preconizado. Embora se tenha valores discrepantes nos anos 2015, 2016 e 2018 (6,5; 7,6 e 8,8), os mesmos não

ultrapassaram os valores preconizados na legislação de referência para o enquadramento do ponto do rio analisado.

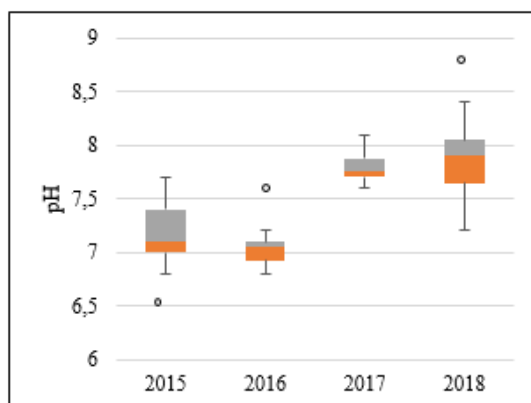


Figura 5: Boxplots para o parâmetro pH em cada ano estudado.

Resultado diferente foi encontrado no trabalho de Costa (2017), em que se analisou o comportamento dos elementos traços As, Cd, Pb e Zn no médio curso do rio Paraíba do Sul – Itatiaia – RJ, e também avaliou o pH. Parâmetro que, segundo o autor, é importante devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e também sua contribuição, em algumas situações, para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados. Foi observado, no trabalho em questão, variações mais elevadas no mês de outubro do ano de 2017.

É possível observar a variação de temperatura ao longo dos anos estudados (Figura 6). Os valores encontrados possuem distribuição assimétrica, visto que as medianas não se encontram no centro da caixa. No ano de 2017 ocorreu a menor variação de temperatura, de 1,6 °C entre valores máximo e mínimo, com amplitude interquartil de 1,4 °C. A maior variação de distribuição dos dados de temperatura foi no ano de 2015 em que os mesmos se concentraram nos valores de 22,3 a 29,7 °C, com amplitude interquartil de 2,8 °C. Nos anos de 2016 e 2017 foram observados *outliers* 19,6 e 27,6 °C, respectivamente. A norma legal usada para comparação não preconiza valores para o parâmetro temperatura.

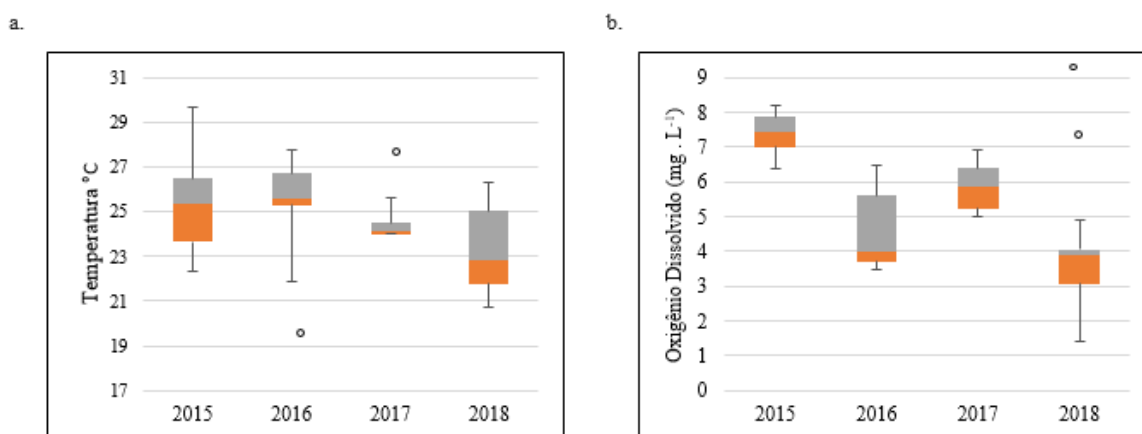


Figura 6: Boxplots para os parâmetros (a) temperatura (°C) e (b) oxigênio dissolvido em cada ano estudado.

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 são indicativos de recebimento de matéria orgânica no corpo hídrico, uma vez que a sua decomposição por bactérias aeróbias consome oxigênio, podendo levar a valores muito baixos, impactando diretamente os organismos aeróbios (Souza, 2010).

O limite de oxigênio dissolvido estabelecido para enquadramento em água doce e classe III é não inferior a 4 mg L<sup>-1</sup>. Os anos de 2015 e 2017 apresentaram valores de oxigênio dissolvido sempre adequados (Figura 6), porém, nos anos de 2016 e 2018, foram encontrados alguns valores abaixo do estabelecido. Os valores mínimos encontrados foram de 3,5 e 1,4 mg L<sup>-1</sup>, para os anos de 2016 e 2018, respectivamente. No ano de 2018 ocorreu a maior variação dos dados encontrados entre valor máximo e mínimo (3,5 mg L<sup>-1</sup>), porém a variação interquartil encontrada não foi muito acentuada (0,9 mg L<sup>-1</sup>) em comparação ao ano de 2016 (1,9 mg L<sup>-1</sup>). Ainda no ano de 2018, foram encontrados dois *outliers* (7,3 e 9,2 mg L<sup>-1</sup>).

É possível observar os valores de coliformes termotolerantes encontrados na Figura 7. O ano de 2017 apresentou a menor variação de distribuição dos dados entre valor máximo e mínimo (58,38 NMP/100mL), possuindo uma amplitude interquartil de apenas 12,6 (NMP/100mL), a média para esse parâmetro nesse ano também foi a mais baixa (Tabela 1). Contudo, vale salientar que no mesmo ano não foi possível realizar as coletas e análises em todos os meses, o que pode ter levado a resultados diferentes dos demais anos estudados. Ainda com relação aos coliformes termotolerantes, em todos os anos analisados foi possível observar a ocorrência de valores discrepantes dos demais, como 1.767,0 e 3.024,5 (2015); 2.482,9 (2016); 142,1 (2017) e 3.024,5 (NMP/100mL) em 2018 respectivamente.

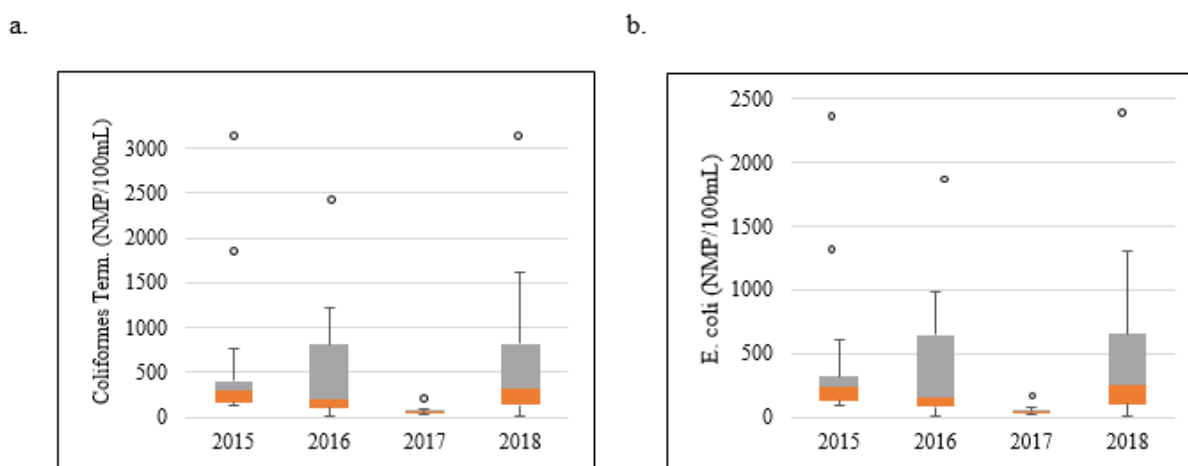


Figura 7: Boxplots para os parâmetros (a) Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) e *Escherichia coli* (NMP/100mL) em cada ano estudado.

A Resolução CONAMA nº 357/05 preconiza um limite de coliformes termotolerantes de 2500 NMP/100mL, em pelo menos 80% das amostras, coletadas bimestralmente ao longo de um ano, para corpos hídricos de água doce/classe III, caso o uso preponderante seja a recreação de contato secundário. Caso o uso preponderante seja a dessedentação de animais, esse valor diminui para 1000 NMP/100 mL, e, para os demais usos, o limite é de 4000 NMP/100mL. Diante disto, muito

provavelmente, a água do ponto coletado poderia ter sido utilizada para o uso mais restritivo, uma vez que, para todos os anos estudados, ao menos 75 % dos resultados encontrados estão abaixo de 1000 NMP/100 mL. Vale ressaltar ainda que, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, a água doce/classe III pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano somente após tratamento convencional ou avançado, uma vez que, para esse uso, segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, esses microrganismos devem estar ausentes. Desta forma, como os coliformes termotolerantes sempre estiveram presentes nas amostras coletadas, a água do ponto em questão não deve ser usada para consumo humano direto.

A CONAMA nº 357/05 estabelece que os valores de *E. coli* podem ser utilizados em substituição ao parâmetro “coliformes termotolerantes” de acordo com os limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Os valores encontrados de *E. coli* (Figura 7), ao longo dos anos estudados, mostraram uma distribuição assimétrica, apresentando alguns valores discrepantes em todos os anos analisados. A maior variação de distribuição dos dados entre valor máximo e mínimo foi encontrada no ano de 2018 (1.299,7 a 14,5 NMP/100mL). Os valores encontrados para coliformes totais foram acima de 2.419,6 (NMP/100mL) em quase todas as amostras, sendo encontrada apenas em uma coleta, no ano de 2016, o valor discrepante de 579,4 (NMP/100 mL). Na legislação utilizada para comparação dos parâmetros de enquadramento, não há referência aos valores limites de coliformes totais.

#### 4 CONCLUSÕES

Considerando-se os parâmetros físico-químicos e microbiológicos que foram contemplados no presente trabalho, na maior parte do período avaliado, a qualidade da água do ponto do rio Paraíba do Sul estudado está de acordo com o enquadramento indicado na Portaria GM/086 do Ministério do Interior (04/06/1981), ou seja, água doce/classe III. Porém, medidas como: reflorestamento das matas ciliares e o aumento da coleta e do tratamento dos esgotos domésticos e industriais ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul devem ser sempre almejadas visando a melhoria da qualidade da água desse importante corpo hídrico brasileiro.

A vazão do rio foi um fator que influenciou os valores obtidos para os parâmetros salinidade, condutividade e turbidez.

Para a maioria dos parâmetros contemplados no trabalho foi observado diferença significativa entre os valores médios obtidos nos anos avaliados.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional das Águas. (ANA). (2018a). Estudos Auxiliares para Gestão de Risco de Inundações. Rio Paraíba do Sul. Acessado em 10 de julho 2019, de <http://gripbsul.ana.gov.br/Hidrografia.html>.

Agência Nacional e Águas. (ANA). (2018b). Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil. Acessado em 23 de setembro, 2018, de <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursoshidricos>.



- APHA – American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21st edition.
- BRASIL.(1997). Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, D.F., 1o de setembro de 1997. Seção 1, p.470.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2011) 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.
- 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.
- CEIVAP - Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. (2019). <http://www.ceivap.org.br>.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017). Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relatorio-de-Qualidade-das-aguas-Interiores-no-Estado-de-São-Paulo-2017.pdf> Acessado em 06 de maio de 2019.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) (2019). Apêndice E Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. Recuperado em 10 de julho de 2019. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wpcontent/uploads/sites/12/2017/11/Apendice-E-Significado-AmbientalSanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf>.
- Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005 (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. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- COSTA, J. B. de S. et al. (2017). Determinação de As, Cd, Pb e Zn por voltametria no médio curso do Rio Paraíba do Sul–Itatiaia–RJ.
- DEMANBORO, A. C. (2015). Gestão Ambiental e Sustentabilidade na Macrometrópole Paulista-Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Sociedade & Natureza*, 27(3).
- FACIOLI, M. da C.; BEZERRA, G. (2015). Bacia do Rio Paraíba do Sul: Conflitos no Processo Pré-enquadramento de Rios Federais em Classes de Uso. In: XXI Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 11., 2015, Brasília. **Anais**. Brasília: ABrh. p. 3 - 8.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. (2013). Manual Prático de Análise de Água. 4ª edição. Brasília, Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf) Acessado 06 de maio de 2019.



- FUNDAÇÃO COPPETEC. (2007). Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo Consolidado. Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Relatório Contratual R-10. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-RE-012-R1.pdf>>.
- GONÇALVES, F. M. (2016). Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul: avaliação integrada da qualidade das águas dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.
- HORTON, R.K. (1965). An index number system for rating water quality. J. Water Poll.Cont. Fed., 3: 300–305.
- Instituto Estadual do Ambiente (INEA). (2018). Gestão da Qualidade das Águas. Acessado em 29 de abril de 2019, em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/index.htm&lang=PT-BR>.
- PACHECO, F. S. *et al.* (2017, jun. 07). Water quality longitudinal profile of the Paraíba do Sul River, Brazil during an extreme drought event. *Limnology And Oceanography*, S.i., v. 62, n. 1, p.131-146, Doi: 10.1002/lno.10586
- PIRATOBA, A. R. A. *et al.* (2017, mai. 2). Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 12, n. 3, p.435-445. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>.
- ROCHA, E. S. *et al.* (2010). 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.
- SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Ministério de Desenvolvimento Regional Série Histórica. Secretaria Nacional de Saneamento. Acessado em 14 de abril de 2020 em <https://http://www.snis.gov.br/>
- SOUZA, C. F. *et al.* (2010). Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté-SP. **Revista Biotécnicas**, v. 16, n. 1.
- TUNDISI, J.G. (2008). Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, v.22, n.63, p.7-16.
- VON SPERLING, M. (2014). Estudos e Modelagem da Qualidade de Água de Rios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuais. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG.

#### COMO CITAR ESTE ARTIGO:

CINTRA, L. S., OLIVEIRA, C. R. de, 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), 1-16.

#### SOBRE OS AUTORES



**L. S. CINTRA**

Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF). E-mail: luanascintra32@gmail.com  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4323-7879>

**C. R. DE OLIVEIRA**

Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF). E-mail: carolnunes.1985@gmail.com  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4029-2880>

**B.B.P COSTA**

Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF). E-mail: brunabarbosapinheiro9@gmail.com  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5408-0080>

**D.A. COSTA**

Engenheiro de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente formado pela Universidade Federal Fluminense - UFF, Mestre em Sensoriamento Remoto no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Doutorando em Planejamento Ambiental no Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ. E-mail: david.costa@iff.edu.br  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1814-5892>

**V.P.S. OLIVEIRA**

Engenharia de Agrimensura pela Universidade Federal de Viçosa, mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail: vicentepsoliveira@gmail.com  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

**T.M.R. ARAÚJO**

Licenciatura em Química pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Mestrado e Doutorado em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. E-mail: taraujo@iff.edu.br  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2512-9743>

**Editor(a) Responsável:** Francinaide de Lima Silva Nascimento

**Pareceristas Ad Hoc:** João Amorim e Neide Kazue Shinohara

