



ANÁLISE DE DADOS E QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PARAÍBA DO SUL

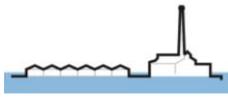
*Luana Santana Cintra*¹; *Annelise Martins de Sousa*²; *Carolina Ramos de Oliveira Nunes*³;
*Marcos Antônio Cruz Moreira*⁴ & *Flávia Ribeiro Villela Fernandes*⁵

RESUMO – Um dos maiores problemas ambientais de todo o mundo é a poluição dos rios superficiais tendo como principal fonte geradora os lançamentos de efluentes domésticos e industriais. O Rio Paraíba do Sul é um dos rios brasileiros que mais vem sofrendo, ao longo do tempo, uma série de impactos ambientais, e isto se deve ao fato de passar por regiões altamente industrializadas e urbanizadas, São Paulo e Rio de Janeiro. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar estatisticamente os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes Termotolerantes na região do baixo Rio Paraíba do Sul. A investigação estatística de dados apoiou-se na análise qualitativa dos dados em comparação ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Adicionalmente, teste de normalidade Shapiro Wilk, bem como a construção de histogramas e Normal Q-Q Plot. E ainda, estudo de variabilidade através de *Boxplots* em cada ponto de amostragem. As análises estatísticas foram implementadas no ambiente R *statistical software*. Quando se trata de recursos hídricos a segurança para a tomada de decisão está diretamente ligada a possibilidade de se chegar a conclusões que demandam o uso de Ciência de Dados.

ABSTRACT – One of the biggest environmental problems in the world is the pollution of surface rivers, the main source of which is domestic and industrial effluents discharge. The Paraíba do Sul River is one of the Brazilian rivers that has suffered a series of environmental impacts over time, due to the fact that it passes through highly industrialized and urbanized regions, São Paulo and Rio de Janeiro. Therefore, the present work had the objective of analyzing the parameters of dissolved oxygen (OD), biochemical oxygen demand (BOD) and thermotolerant coliforms in the region of the lower Paraíba do Sul River. The statistical investigation of data was based on the qualitative analysis of the data in comparison to that established by CONAMA Resolution 357/2005. Additionally, the Shapiro Wilk normality test was also performed, as well as plotting of histograms and Normal Q-Q Plot. Furthermore, variability study through *Boxplots* at each sampling point. Statistical analyzes were implemented in the R software environment. When one concerns over water resources, security for decision making is directly linked to the possibility of reaching conclusions that demand the use of Data Science.

Palavras-Chave – Rio Paraíba do Sul, Qualidade das Águas, Ciência de Dados

1) Instituto Federal Fluminense, Campus Macaé, email: luanascindra32@gmail.com
2) Instituto Federal Fluminense, Campus Macaé, email: annelismartinss@gmail.com
3) Instituto Federal Fluminense, Campus Macaé, email: carolnunes.1985@gmail.com
4) Instituto Federal Fluminense, Campus Macaé, email: macruz@iff.edu.br
5) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé, email: flaviavillela@macae.uff.br



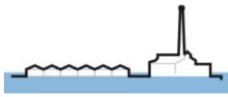
1. INTRODUÇÃO

A quantidade e qualidade dos recursos hídricos têm sido um dos grandes desafios para a sociedade, visto que a água é de suma importância para manutenção da vida no planeta e se configura como um fator determinante ao desenvolvimento. Em virtude disso é necessário um efetivo monitoramento de sua qualidade, tendo em conta os seus múltiplos usos garantidos por legislação. A Lei 9.433/1997, conhecida como Lei da Águas, se tornou um marco legal ao instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos, e se baseia em princípios como a gestão voltada aos usos múltiplos das águas, a água como um bem de domínio público dotado de valor econômico e a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, se localiza no sudeste brasileiro, tem grande importância para os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. O desenvolvimento diversificado e a acentuada expansão demográfica em torno da bacia tem sido um dos agravantes que afetam a qualidade de seus recursos hídricos (DEMANBORO, 2015). O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) realiza o monitoramento qualitativo e quantitativo, com vistas a obtenção de informações necessária para o manejo adequado dos ecossistemas aquáticos do Estado do Rio de Janeiro, onde estão inseridas as localidades pertencentes ao Baixo Paraíba do Sul (INEA, 2018).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Campos dos Goytacazes no ano de 2010 contava com apenas 57,1 % dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, a cidade de Itaocara possuía nesse mesmo período, 71,7% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, e São Fidélis com aproximadamente 75,2% de domicílios com esgotamento adequado (IBGE, 2018a, 2018b). Investimentos no setor de saneamento são fundamentais para os corpos hídricos, uma vez que a poluição por esgoto é um problema crítico, que pode pôr em risco os múltiplos usos do recurso hídrico e a saúde da população que utiliza essa água para fins de abastecimento.

É importante destacar que o Rio Paraíba do Sul é um dos rios brasileiros que mais vem sofrendo, ao longo do tempo, uma série de impactos ambientais, e isto se deve pelo fato de passar por regiões altamente industrializadas e urbanizadas (São Paulo e Rio de Janeiro), e acabar recebendo toda a sua carga. Além disso, o rio tem grande relevância pelo fato de ser utilizado para o abastecimento de água e energia de grande parte da população fluminense (TOGORO & MARQUES, 2006). Desta forma, o objetivo do presente trabalho é analisar estatisticamente os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes Termotolerantes na porção inferior do Rio Paraíba do Sul ao longo dos anos 2015, 2016 e 2017.



2. MATERIAL E MÉTODOS

O rio Paraíba do Sul tem suas nascentes na serra da Bocaina, no estado de São Paulo, sendo neste trecho denominado como Rio Paraitinga e, somente após a confluência com o Rio Paraibuna é que recebe a denominação de Paraíba do Sul. Tem um comprimento de mais de 1.100 km desde a nascente até a sua foz, situada na praia de Atafona, município de São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro. Está localizado na bacia de mesmo nome, que possui uma área de drenagem de aproximadamente 62.074 km², distribuída pelos estados de São Paulo (14.510 km²), Rio de Janeiro (26.851 km²) e Minas Gerais (20.713 km²), uma das regiões mais desenvolvidas do país. A bacia abrange 184 municípios, 39 no Estado de São Paulo, 57 no Estado do Rio de Janeiro e 88 em Minas Gerais (Figura 1) (CEIVAP, 2018).

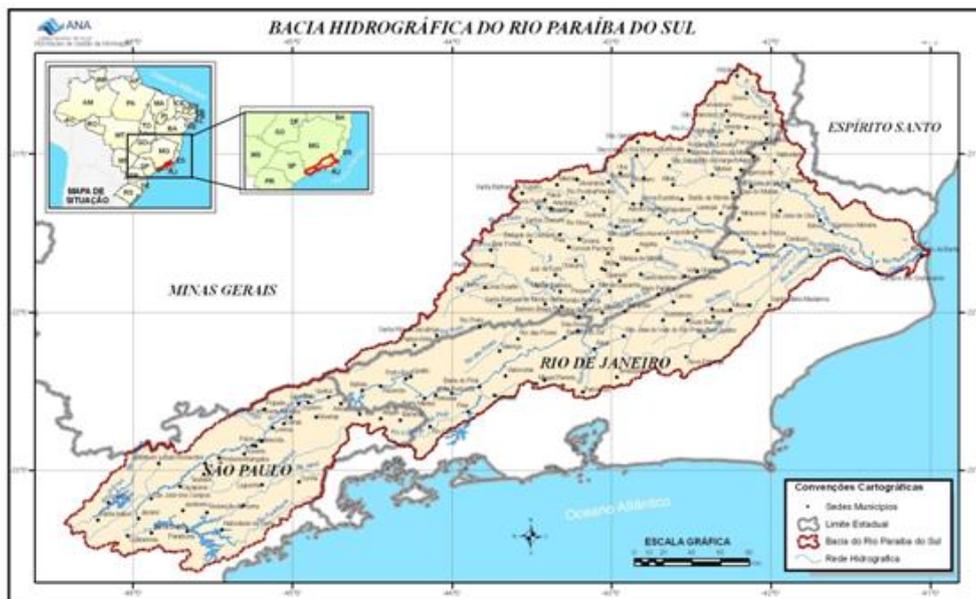
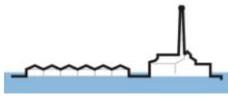


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul

Fonte: ANA (2018b)

A área de estudo está inserida na porção inferior da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, compreendendo o trecho entre os municípios de Itaocara e Campos dos Goytacazes. Conforme indicado na Figura 2, foram selecionadas 4 (quatro) estações de monitoramento do INEA para a coleta dos dados. As duas primeiras se encontram no município de Itaocara (PS434 e PS436), a terceira em São Fidélis (PS439) e a quarta em Campos dos Goytacazes (PS441).



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises qualitativas dos parâmetros analisados conforme limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005 estão apresentados na Figura 3. Conforme observado, foi possível constatar que todos os resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), de todos os pontos analisados, estão dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para demais usos. Quanto aos resultados do parâmetro coliformes termotolerantes, observamos que, no primeiro ponto analisado (PS0434-Itaocara) cerca de 23,33% dos resultados ficaram fora dos limites aceitáveis, no segundo ponto (PS0436-Itaocara) aumentou para 70% os resultados considerados inadequados e no terceiro (PS0439-São Fidélis) ocorreu um aumento para 86,67%, sendo este ponto o que mais apresentou resultados fora do limite. Já no quarto ponto (PS0441-Campos dos Goytacazes) o número caiu para 26,67% dos resultados fora do limite estabelecido.

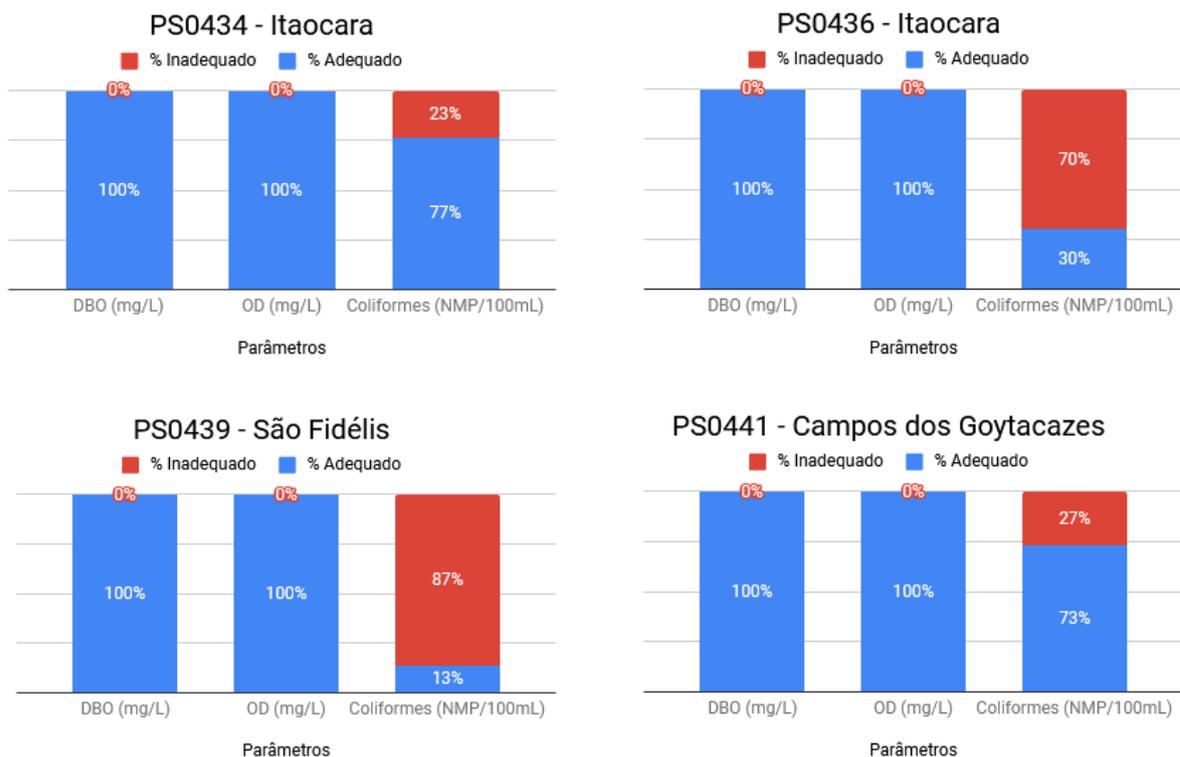
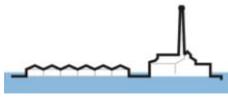


Figura 3 – Análise qualitativa dos dados de OD, DBO e Coliformes Termotolerantes –
Comparação com a Resolução CONAMA 357/2005.

Analisando os resultados do teste de normalidade de Shapiro Wilk foi possível perceber Distribuição Normal para os dados referentes ao parâmetro OD em 3 das estações de coleta. Os dados referentes aos coliformes termotolerantes apresentaram distribuição que não segue a normalidade em



todas as estações (PS0434-Itaocara, PS0436 - Itaocara, PS0439 - São Fidélis, PS0441 - Campos dos Goytacazes). Nas Figuras 4 e 5 é possível observar os Histogramas e o gráficos dos Quantis Normais das duas variáveis analisadas, para a estação PS0441 - Campos dos Goytacazes. Os resultados obtidos com o teste de normalidade Shapiro-Wilk para os dados da variável oxigênio dissolvido foram $W = 0,95455$ e $p\text{-valor} = 0,168$, confirmando adequação à Distribuição Normal. Para a variável coliformes foram obtidos os valores de $W=0,75018$ e $p\text{-valor}= 7,005\%$, sendo possível constatar que para esses dados não houve adequação à normalidade.

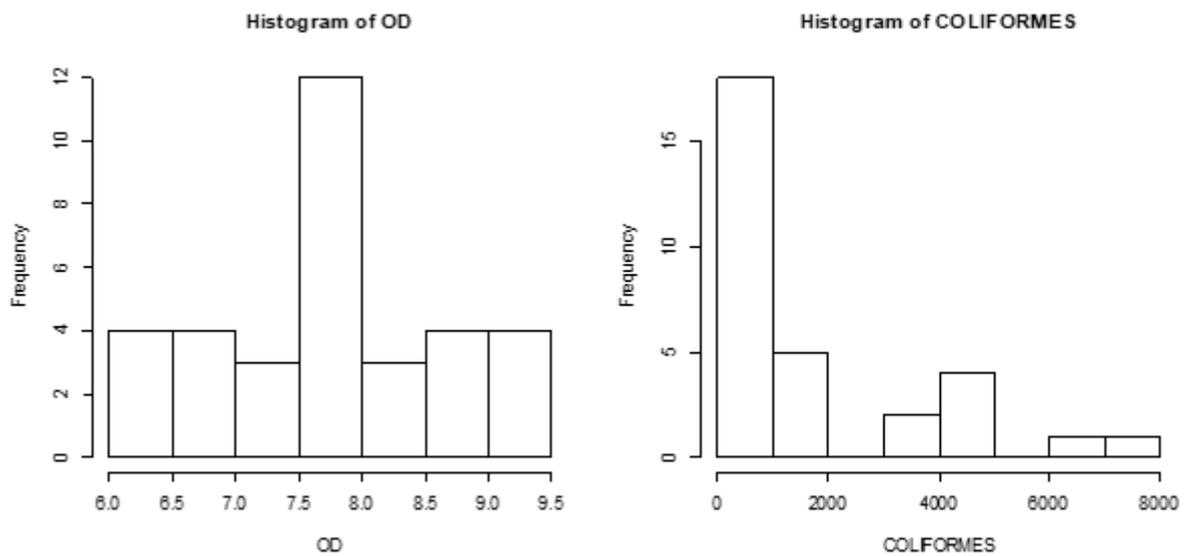


Figura 4 – Histograma de oxigênio dissolvido (OD) e Coliformes Termotolerante da estação PS0441 - Campos dos Goytacazes.

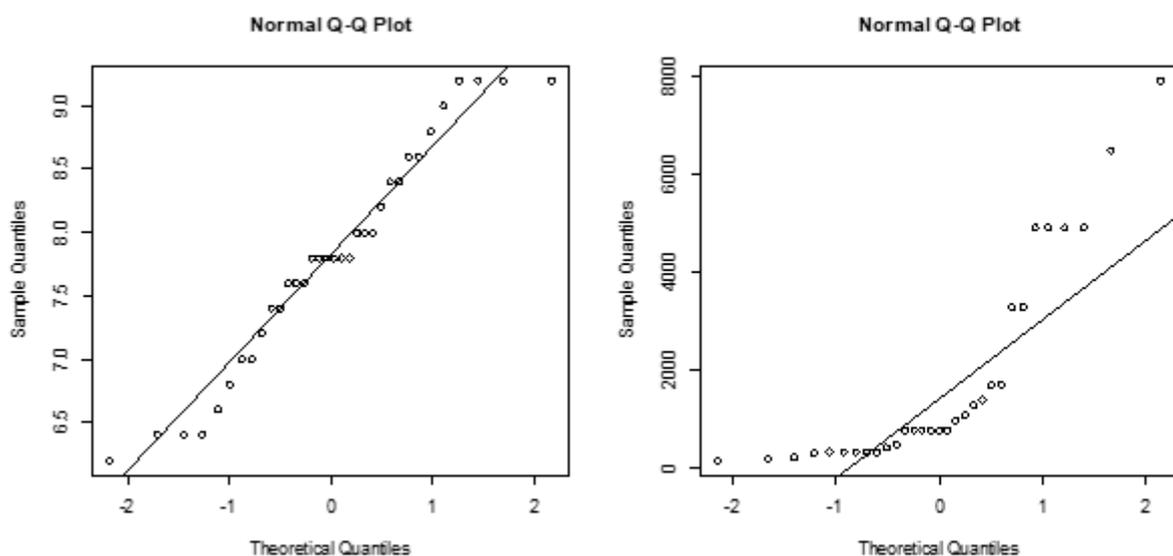


Figura 5 – Gráficos dos quantis normais e oxigênio dissolvido (OD) e Coliformes Termotolerante da estação PS0441 - Campos dos Goytacazes.



Os resultados da análise de variabilidade através dos *Boxplots* apresentados na Figura 6 sugerem, considerando o parâmetro oxigênio dissolvido, que os dados possuem baixa dispersão e se apresentam de forma homogênea. Observa-se que os valores de mediana dos quatro pontos estão bem próximos, variando entre 7,8 e 8,2. Além disso, o ponto PS0436 apresentou maior variabilidade entre os seus valores, enquanto o ponto PS0439 apresentou menor variabilidade dos resultados e os pontos PS0439 e PS0441 possuem distribuição simétrica. Considerando o parâmetro coliformes termotolerantes todas as estações apresentaram distribuição assimétrica positiva, com dados na forma heterogênea, ou seja, com alta dispersão. O ponto PS0439 apresentou maior variabilidade entre os seus valores, enquanto o ponto PS0441 apresentou menor variabilidade dos resultados.

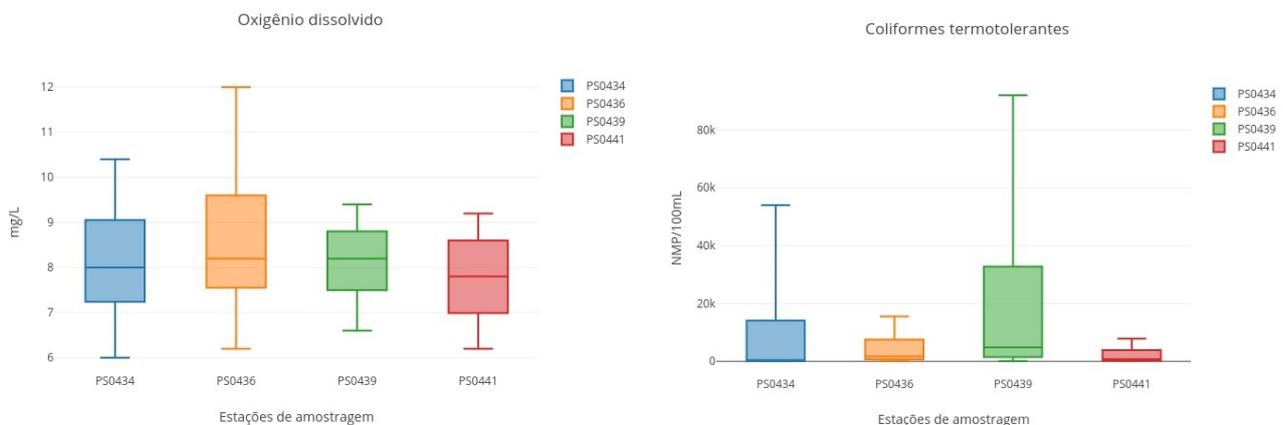
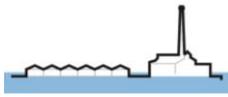


Figura 6 – Boxplots para os parâmetros oxigênio dissolvido (OD) e coliformes termotolerantes em cada ponto de amostragem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à sua extrema importância, é fundamental que haja um monitoramento da qualidade das águas Rio Paraíba do Sul em toda a sua extensão para que sejam adotadas medidas de controle e prevenção. A escolha do trecho entre os municípios de Itaocara e Campos dos Goytacazes se deu pelo fato de estar localizado na porção inferior do rio, e as mudanças ambientais que ocorrem ao longo do mesmo e sua bacia possam estar mais evidentes nesta região.

Destaca-se que a utilização de ciência de dados para análise da qualidade da água de corpos hídricos é de suma importância, pois possibilita a obtenção do máximo de informações possíveis da complexa matriz de dados geradas por um programa de monitoramento. Quando se trata de recursos hídricos a segurança para a tomada de decisão está diretamente ligada a possibilidade de se chegar a conclusões que demandam o uso de técnicas estatísticas criteriosas. Acrescenta-se a demanda para o tratamento estatístico de dados de outros parâmetros necessários ao monitoramento de água da bacia em questão, assim como abranger o estudo para uma maior quantidade de estações de coleta.



Com efeito, foi possível perceber que os todos os dados levantados para OD e DBO, considerando todas as estações de coleta, encontram-se em concordância com os limites propostos pela resolução nº CONAMA 357/2005. Já os dados levantados para o parâmetro Coliformes Termotolerantes apresentaram grande número ultrapassando os limites desta resolução, principalmente as estações PS0436 (Itaocara) e PS0439 (São Fidélis) sugerindo despejo de esgoto doméstico sem o devido tratamento. Desta forma, o levantamento de dados relacionados ao lançamento de esgoto doméstico com e sem tratamento neste trecho do Rio Paraíba do Sul, e, posteriormente, o tratamento estatístico destes dados poderia auxiliar no melhor entendimento dos parâmetros analisados no presente trabalho.

Diante deste cenário de diagnóstico das potencialidades e fragilidades, a necessidade de gestão sustentável dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul e sua conservação ambiental se torna indispensável. É fundamental a elaboração de um planejamento que leve em conta as características da dinâmica vigente na bacia, a fim de evidenciar possíveis ações para mitigação dos problemas existentes e melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional das Águas. (2018b). *Mapa PBS*. Recuperado em 09 de setembro, 2018, de <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/BaciaPBS/img/MapaPBS.jpg>.
- ANA. Agência Nacional de Águas. (2018a). *Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil*. Recuperado em 23 de setembro, 2018, de <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>.
- BRASIL. *Lei n. 9433, de 08 de janeiro de 1997* (1997). Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. *Resolução CONAMA, n. 357, de 17 de março de 2005* (2005) *do Conselho Nacional do Meio Ambiente*. 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.
- CEIVAP. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. (2018). Recuperado em 08 de setembro, 2018, de www.ceivap.org.br.
- DEMANBORO, A. C. (2015). *Gestão ambiental e sustentabilidade na macrometrópole paulista-Bacia do Rio Paraíba do Sul*. Sociedade & Natureza, 27(3).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018a). *Campos dos Goytacazes - Panorama*. Recuperado em 23 de setembro, 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/campos-dos-goytacazes/panorama>.



XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas

Outubro/2020 – Porto Alegre/RS

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018b). *São Fidélis - Panorama*. Recuperado em 09 de setembro, 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sao-fidelis/panorama>.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente (2018). *Monitoramento da Qualidade da Água. Águas Interiores*. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Estação-de-Monitoramento-Atualização-ÁguasInteriores.pdf>. Acessado em 08 de setembro, 2018.

TOGORO, E. S., & MARQUES, M. (2006). *Qualidade da água e integridade biótica: estudo de caso num trecho fluminense do Rio Paraíba do Sul* (Doctoral dissertation, Tese Doutorado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 184p).