

No no nonono nono ono

# Rio Paraíba do Sul: qualidade da água na Região Sul Fluminense

## *Paraíba do Sul River: Water quality in Southern Fluminense, in Rio de Janeiro*

› Luís Fernando Faulstich Neves; Cristina Aparecida Gomes Nassar; Luiz Constantino da Silva Junior

### › Resumo

Este estudo avalia a variação temporal da qualidade de água de um trecho de rio da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, localizado entre os municípios de Porto Real e Volta Redonda, entre os anos 2000 e 2015. Foram avaliados parâmetros físicos, químicos e biológicos, coletados pelas estações de amostragem do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) na calha principal do Rio Paraíba do Sul. Os resultados com maiores percentuais de não conformidade encontrados foram nos parâmetros Coliformes Termotolerantes, com todos os valores referentes às médias por estações do ano em desacordo com as resoluções CONAMA nº 357 e nº 430, seguido pelo Fósforo Total e o Alumínio Dissolvido, que também apresentaram todas as médias irregulares, e pelo parâmetro Mercúrio, com a média referente à estação inverno fora do padrão das resoluções supracitadas. Políticas eficientes, conscientização ambiental da população envolvida e, principalmente, investimentos voltados ao reflorestamento e no saneamento urbano são imprescindíveis para melhoria da qualidade da água do trecho de rio avaliado na região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.

### Palavras-chave

Qualidade da Água. Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos. Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.

### › Abstract

*This study evaluates the temporal variation of water quality in a Paraíba do Sul river stretch in Médio Paraíba do Sul River Basin, between 2000 and 2015. Physical, chemical and biological parameters were collected at the sampling stations of the Rio de Janeiro State Environmental Institute (INEA) in the main channel of the Paraíba do Sul River. Thermotolerant Coliforms parameter had the worst results, with all values (referring to the seasonal means) in disagreement with both CONAMA nº 357 e nº 430 Resolutions, followed by Total Phosphorus, Aluminium, also with violations throughout the whole period, and Mercury, with violations concentrated in the Winter period. Efficient policies, environmental awareness of the population involved and, mainly, investments in reforestation and urban sanitation are essential to improve the current framework of the river basin region of the Middle Paraíba do Sul.*

### Keywords

*Water quality. Physical-chemical and biological parameters. Médio Paraíba do Sul Region.*

## 1. Introdução

Tratando-se de recursos hídricos, é de senso comum que o Brasil possui uma situação privilegiada. No entanto, não existe uniformidade na abundância deles no território, nem ao longo do ano (ANA, 2012). A distribuição desigual não é atípica em países de proporções continentais como o Brasil. Por isso, representa um desafio para a gestão hídrica atual e futura (OCDE, 2015). Dentro desta perspectiva, a gestão dos recursos hídricos, nos moldes da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997), define, entre seus fundamentos, que a água é um bem de domínio público, limitado e de valor econômico. A Lei instrui também que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar usos múltiplos para a água, sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para a implementação desta política.

A Bacia do Rio Paraíba do Sul (BRPS) faz parte da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, englobando os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Responsável pelo abastecimento, integral ou parcial, de 184 municípios inseridos em seu território, essa bacia fornece água para mais de 17 milhões de habitantes. Apenas no Rio de Janeiro, ela abrange 62% da área do Estado, abastecendo cerca de 12,3 milhões de habitantes. Em seu percurso por terras fluminenses, o Rio Paraíba do Sul abastece diretamente 17 municípios, além de nove cidades na Região Metropolitana, através da transposição das suas águas para o Rio Guandu (FORMIGA-JOHNSON et al., 2015). Tais fatos determinam a importância do Paraíba do Sul para o Sudeste brasileiro, em especial para o Rio de Janeiro.

O desenvolvimento econômico e o crescimento urbano na BRPS vêm diminuindo tanto a qualidade quanto a disponibilidade de água. Essa deterioração se deve não somente à diluição excessiva de esgoto urbano no manancial do Rio Paraíba do Sul, mas também, conforme alertado no Plano de Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, (CEIVAP, 2006), ao crescimento desordenado das cidades e ao aumento no número de indústrias instaladas. A situação é agravada, ainda, pela ocupação das margens, que com-

promete a vegetação ribeirinha e sua função ecológica no ecossistema. Segundo Coelho (2012), no tocante ao saneamento básico, a situação é preocupante, uma vez que um bilhão de litros de esgoto doméstico são despejados diariamente nos rios da BRPS. A situação se complica em razão da falta de estação de tratamento de esgoto em alguns municípios da bacia hidrográfica. Em adição ao problema do despejo de esgoto, Tundisi & Tundisi (2016) alertam para o conjunto de outras substâncias tóxicas dissolvidas na água, algumas das quais podem se acumular nos sedimentos e na cadeia alimentar por meio do processo de bioacumulação. Esse acúmulo nos organismos pode gerar toxicidade crônica e/ou aguda e, inclusive, afetar o homem.

**Segundo Coelho (2012), no tocante ao saneamento básico, a situação é preocupante, uma vez que um bilhão de litros de esgoto doméstico são despejados diariamente nos rios da BRPS. A situação se complica em razão da falta de estação de tratamento de esgoto em alguns municípios da bacia hidrográfica**

Em razão dos problemas levantados, é essencial o monitoramento da água da bacia para subsidiar estudos de série temporal que permitam avaliar alterações na hidroquímica ao longo dos anos. Uma longa série temporal pode fornecer informações confiáveis para o processo de gestão desse recurso hídrico, bem como para seus diversos usos (abastecimento público e industrial, irrigação, geração de energia, pesca e recreação). Desse modo, visamos avaliar a variação sazonal de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água em um trecho de rio da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. O estudo tem, ainda, o objetivo de listar os principais impactos ambientais gerados pelas atividades humanas existentes.

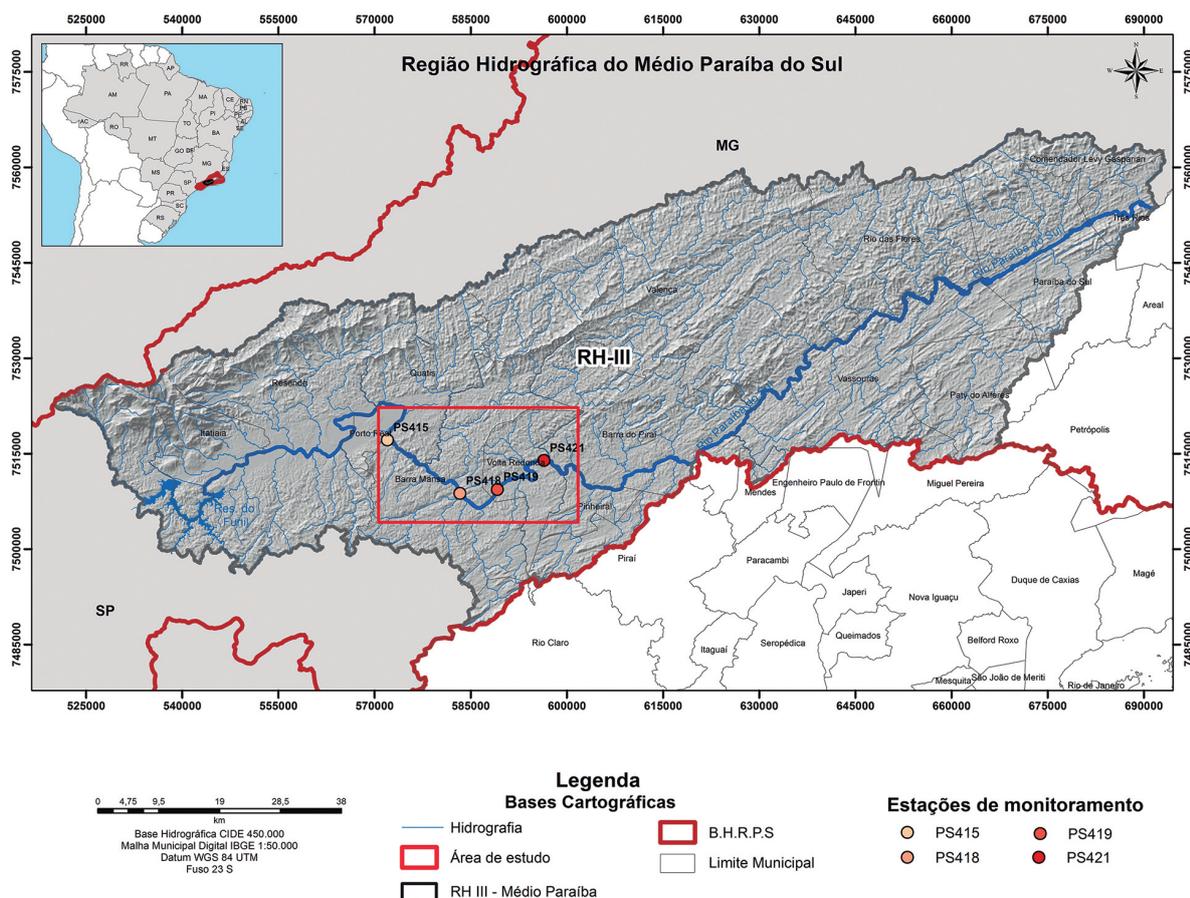
## 2. Metodologia

### 2.1 Área de estudo

O trecho estudado na BRPS faz parte da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (Figura 1), onde se localizam as quatro estações de monitoramento da qualidade da água contempladas no presente estudo, gerenciadas pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). As estações de monitoramento estão dispostas entre o Tecnopolo do município de Porto Real e o Parque Siderúrgico do município de Volta Redonda, abrangendo 38 km da calha principal do Rio Paraíba do Sul. As estações têm as seguintes denominações e localizações: PS415, ponte entre

os municípios Floriano/Quatis (22° 27' 01.69"S-44° 18' 01.36"O); PS418, ponte a jusante da siderúrgica de Barra Mansa (22° 31' 32.78"S-44° 11' 23.83"O); PS419, ponte de pedestre, próxima à fábrica Cimento Tupi, em Barra Mansa (22° 31' 11.89"S-44° 07' 59.53"O); e PS421, na BR-116, primeira ponte adentrando o município de Volta Redonda (22° 28' 42.42"S-44° 03' 46.87"O).

Nesse trecho, o rio recebe efluentes municipais e de empresas dos ramos automobilístico, químico, siderúrgico e de mineração (INEA, 2015). A vazão média de longo termo é de 178 m<sup>3</sup>/s na altura da cidade de Três Rios e os índices pluviométricos são de 1.000 mm a 1.250 mm, entre os municípios de Vassouras e Cantagalo (CEIVAP, 2014).



**Figura 1** – Mapa da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (RH-III), demarcada pela Resolução nº 107 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Destaque para o trecho de rio analisado e para as estações de coletas: PS415; PS418; PS419 e PS421  
**Fonte:** elaborado pelos autores

## 2.2 Dados amostrais

Dez parâmetros da qualidade da água foram selecionados (Tabela 1) para análise por: (i) serem bons indicadores dos impactos conhecidos na calha do Rio Paraíba do Sul: despejo de efluentes domésticos e industriais (MALM et al., 1988; CEIVAP, 2006 e 2014; COELHO, 2012 e INEA, 2010, 2012 e 2015); e (ii) apresentarem um número relativamente elevado de amostras dentro do período histórico analisado. Entretanto, cabe enfatizar que as vazões do rio não foram relacionadas aos valores dos parâmetros analisados. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estão discriminados na Tabela 1, bem como os métodos de análise, conforme regulamentação da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (USA). As informações analisadas neste estudo foram disponibilizadas pelo INEA e compõem um intervalo temporal entre os anos 2000 e 2015, com amostragens semanais.

**Tabela 1** – Métodos de análise da qualidade da água utilizados pelo INEA, conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – USA* (INEA apud EATON et al., 1995).

Ensaio	Método
Alumínio dissolvido	SM 3111D
Coliformes termotolerantes	SM 9221E2
DBO520	SM 5210 A/B
Fósforo total	SM 4500-P A/B/E
Mercurio	SM 3112B
Nitrogênio amoniacal dissolvido	SM 4500-NH3 A/F
Oxigênio dissolvido	SM 4500-O A/C
pH	SM 4500-H+
Temperatura	Sonda multiparâmetros
Turbidez	SM 2130 A/B

Fonte: INEA, 2016

Cabe destacar que os dados provenientes das estações de monitoramento foram agrupados para a realização dos testes estatísticos. Desta forma, o diagnóstico refere-se à região que se estende de Porto Real a Volta Redonda como um todo.

Para comparação com a legislação vigente, foram inseridos os valores de referência para rios de classe II das resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 2005, e nº 430, de 2011 (que complementou e alterou a anterior). Essas resoluções apresentam os referenciais de classificação dos corpos hídricos, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes permitidos em corpos d'água. Os dados foram analisados de acordo com a média aritmética encontrada por estação do ano. O número de amostras não foi semelhante para todos os anos analisados.

Para verificar a ocorrência de diferenças entre as estações do ano, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA) para cada parâmetro avaliado, seguido de um teste *post hoc* quando  $p < 0,05$ . O teste de Correlação de Pearson foi utilizado para relacionar os parâmetros estudados. Para os testes, foi empregado o software *Statistica for Windows 5.0*.

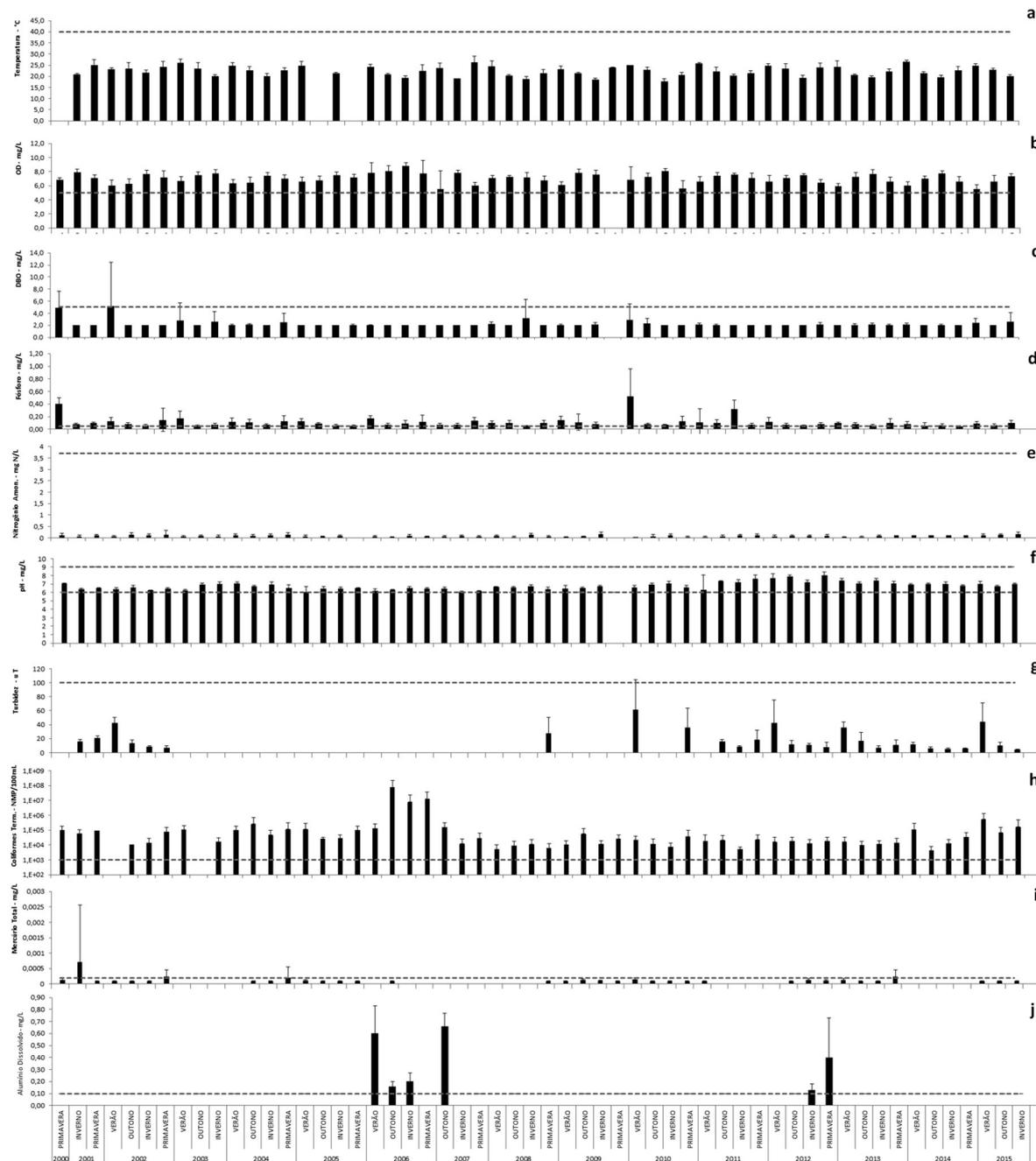
## 3. Resultados

A média e o desvio padrão dos dados da série histórica, de acordo com as estações do ano, foram sintetizados na Tabela 2. A tabela também indica os padrões definidos exigidos pelas Resoluções CONAMA nº 357 e nº 430.

### 3.1 Temperatura da Água

A temperatura da água na região ficou entre 16 e 30 °C, com média geral de 22,4 °C. Como era de se esperar, as mais baixas temperaturas foram registradas nos meses de junho a agosto (inverno) e as mais altas, nos meses de novembro a fevereiro (verão) (Figura 2a).

Não foi possível detectar violação nos padrões estipulados pela Resolução CONAMA nº 430 através dos dados analisados, pois o valor de referência (não superior a 40 °C) refere-se à temperatura do efluente descartado, e não o mensurado no corpo receptor. O teste ANOVA indicou diferença significativa entre as estações do ano ( $H=35,57$ ;  $p < 0,05$ ), sendo que a primavera e o outono demonstraram variações semelhantes entre si (Tabela 2).



**Figura 2** – Resultados da análise sazonal, conforme as médias dos parâmetros analisados (2000 a 2015), com inclusão dos limites legais (Resoluções CONAMA) representada pelas linhas horizontais.

- (a) Temperatura, limite de tolerância (não superior a 40°C)
- (b) Oxigênio Dissolvido, limite (não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>)
- (c) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C), limite de tolerância (até 5 mg/L)
- (d) Fósforo total, limite de tolerância (até 0,050 mg/L)
- (e) Nitrogênio Amoniacoal total, limite de tolerância (3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5)
- (f) Potencial Hidrogeniônico - pH, limite de tolerância (entre 6 a 9)
- (g) Turbidez, limite de tolerância (até 100 de UNT)
- (h) Coliformes Termotolerantes, limite de tolerância (até 1.000 NMP/100 mL): o gráfico foi expresso em escala logarítmica para uma melhor visualização do comportamento do parâmetro ao longo da série
- (i) Mercúrio total, limite de tolerância (0,0002 mg/L Hg)
- (j) Alumínio, limite de tolerância (não superior a 0,1 mg/L)

Fonte: elaborado pelos autores

### 3.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

Os valores de OD variaram entre 1,2 e 9,8 mg/L, tendo a mínima sido registrada no outono de 2007 e a máxima, no verão de 2006. A média de OD para a série temporal foi de 7mg/L. O padrão de referência (não inferior a 5 mg/L) da Resolução CONAMA nº 357 foi infringido 11 vezes (2,0 %), nos anos de 2002, 2004, 2007, 2010, 2014 e 2015 (Figura 2b), ocasiões em que os valores atingiram entre 1,2 e 4,8 mg/L. O comportamento oscilante do OD pode ter relação com aportes pontuais de esgoto e/ou chuvas torrenciais, atrelado à boa capacidade depurativa do rio, pois o trecho analisado apresenta corredeiras capazes de aumentar a taxa de oxigênio dissolvido. Houve, ainda, diferença significativa entre as estações do ano ( $H=14,08$ ;  $p<0,05$ ), apresentando o inverno valores mais altos (Tabela 2).

### 3.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub><sup>20</sup>)

A DBO<sub>5</sub><sup>20</sup> apresentou variações entre 2 e 20 mg/L, com o pico máximo registrado no verão de 2002 (4,6 mg/L.), corroborado com a baixa taxa de OD encontrada no mesmo período. A média geral da série ficou em 2,2 mg/L. O padrão de referência da Resolução CONAMA nº 357 (DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub>) foi infringido dez vezes (1,9 %) em toda a série analisada, com valores variando de 5,6 a 20,0 mg/L nos anos 2000, 2002, 2003, 2004, 2008, 2010 e 2015 (Figura 2c). A DBO<sub>5</sub><sup>20</sup> se manteve frequentemente dentro dos limites legais. Os valores mais altos (em desacordo com a resolução) coincidiram com os mesmos períodos de OD mais baixos. Não houve diferença significativa (Tabela 2) entre as estações do ano ( $H=1,58$ ;  $p>0,05$ ).

### 3.4 Fósforo Total

O Fósforo apresentou variações entre 0,01 e 1,2 mg/L, registrando a máxima no verão de 2010. A média geral da série ficou em 0,10 mg/L. O limite máximo de tolerância do Fósforo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357 é de até 0,05 mg/L, em ambientes intermediários. Esse parâmetro ultrapassou 436 vezes o limite de referência, ficando demonstrado que 80% das amostras apresentaram Fósforo em concentrações elevadas (Figura 2d). Não houve diferença significativa (Tabela 2) entre as estações do ano ( $H=2,65$ ;  $p>0,05$ ).

### 3.5 Nitrogênio Amoniacal

O Nitrogênio Amoniacal apresentou valores entre 0,01 e 0,81 mg N/L, tendo o pico máximo sido registrado no verão de 2002, em um evento esporádico. A média da série analisada ficou em 0,08 mg N/L. Não houve registro de violação no padrão da Resolução CONAMA nº 357 (3,7 mg N/L para  $pH \leq 7,5$ ) (Figura 2e). O Nitrogênio apresentou alguma variação em relação às quatro estações do ano, mas isso não demonstrou ser um problema na região estudada, que segue preservando o status Mesotrófico, conforme classificação apresentada por Vollernweider (1968). Observou-se diferença significativa entre as estações do ano ( $H=4,80$ ;  $p<0,05$ ), sendo que os valores observados no verão, primavera e outono foram semelhantes entre si (Tabela 2).

### 3.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH variou de 3,6 a 8,5, com a mínima registrada no verão de 2005 e a máxima, na primavera dos anos 2011 e 2012. O padrão de referência da Resolução CONAMA nº 357 (pH entre 6,0 a 9,0) foi violado dez vezes, totalizando 2% das amostras com valores de pH entre 3,5 e 5,9 nos anos 2004, 2005, 2006, 2007 e 2009 (Figura 2f). No período analisado, a variação do pH mostrou um comportamento tendente à neutralidade, conforme a média geral encontrada (6,8).

O pH demonstrou comportamento com pequenas oscilações ao longo da série, com variações associadas aos períodos de cheia (de outubro a março) e seca (de abril a setembro), como também a descartes de efluentes e particulados oriundos da mineração. Não houve diferença significativa entre os valores de pH (Tabela 2) nas estações do ano ( $H=0,23$ ;  $p>0,05$ ).

### 3.7 Turbidez

A Turbidez mostrou taxas variando entre 1,5 e 170 uT, com a mínima registrada no inverno de 2013 (período seco) e a máxima, no verão de 2010 (período chuvoso). A série apresentou intervalo de amostragens entre os anos 2003-2007 e 2009. A média geral ficou registrada em 18,4 uT. O padrão de referência da Resolução CONAMA nº 357 (até 100 UNT) foi infringido três vezes, em cerca de 2% da série tem-

**Tabela 2** – Média geral, desvio padrão e número de amostras dos parâmetros da qualidade da água analisados na Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, entre 2000 e 2015, bem como os padrões de referência conforme as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011

Parâmetro / Unidade de medida/ Nº de amostras	Verão	Outono	Inverno	Primavera	CONAMA
Temperatura - °C (n. 513)	24,6 ± 0,98	22,2 ± 1,37a	19,8 ± 1,93	22,9 ± 1,75a	≤ 40 <sup>(1)</sup>
Oxigênio Dissolvido - mg/L (n. 537)	6,34 ± 0,38 b	7,01 ± 0,30a	7,70 ± 0,69a	6,69 ± 0,58b	≥ 5
DBO520 - mg/L* (n. 550)	2,59 ± 0,99	2,03 ± 0,75	2,17 ± 0,30	2,25 ± 0,83	≤ 5
Fósforo Total - mg/L* (n. 542)	0,13 ± 0,08	0,08 ± 0,08	0,08 ± 0,06	0,14 ± 0,07	≤ 0,05
Nitrogênio Amoniacal - mg N/L (n. 539)	0,06 ± 0,03a	0,07 ± 0,03a	0,10 ± 0,03ab	0,08 ± 0,02ab	3,7 <sup>(2)</sup>
pH* (n. 546)	6,6 ± 0,48	6,8 ± 0,40	6,8 ± 0,37	6,7 ± 0,60	6,0 a 9,0
Turbidez - uT (n. 277)	44,1 ± 25,07b	12,1 ± 4,92a	8,2 ± 3,4a	22,8 ± 21,4ab	≤ 100 <sup>(3)</sup>
Coliformes Termotolerantes NMP/100 mL* (n. 451)	98426 ± 175098	5820141 ± 3212035	527907 ± 193063	883012 ± 41716	≤ 1000
Mercúrio - mg/L* (n. 123)	0,0001 ± 0	0,0001 ± 0	0,0002 ± 0,0002	0,0001 ± 0,0001	≤ 0,0002
Alumínio Dissolvido - mg/L (n. 24)	0,6 ± 0,23	0,46 ± 0,27	0,15 ± 0,06	0,40 ± 0,33	≤ 0,1

\* sem diferença significativa entre as estações do ano;

<sup>a,b</sup> Letras indicam semelhança entre as estações do ano;

n. Número de amostras

<sup>(1)</sup> valor referente ao lançamento do efluente no corpo hídrico; sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura (redação CONAMA 430);

<sup>(2)</sup> para pH ≤ 7,5 (redação CONAMA 357);

<sup>(3)</sup> até 100 de UNT (redação CONAMA 357).

poral, nos anos de 2010, 2011 e 2015 (Figura 2g). Os valores de Turbidez apresentaram diferenças significativas ao longo das estações (H=5,49; p<0,05). O verão apresentou semelhança com os valores da primavera, sendo esses os mais altos (Tabela 2).

### 3.8 Coliformes Termotolerantes

Este parâmetro apresentou valores entre 200 e 300.000.000 NMP/100 ml, com a mínima registrada no verão de 2015 e a máxima, no outono de 2006. Em relação à média geral da série histórica, o valor foi 895.964 NMP/100 mL, bem acima do limite legal permitido. O padrão da Resolução CONAMA nº 357 (1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros) foi violado em 98% das amostras. O gráfico referente às médias por estações do ano, ao longo da série histórica, foi expresso em escala logarítmica para melhor visualização (Figura 2h). Em relação às variações sazonais

(Tabela 2), não houve diferença significativa (H=0,88; p>0,05) entre as estações do ano, possivelmente em razão da grande variação dos valores entre as coletas.

### 3.9 Mercúrio (Hg)

O Hg apresentou variações entre 0,0001 mg/L e 0,0060 mg/L, com a máxima registrada no inverno de 2001. Aproximadamente 13% das amostras ficaram acima do limite máximo permitido pela legislação, característica que pode estar vinculada a descartes de indústrias de metais e agroquímicos contendo Hg em sua composição. A média geral da série se manteve em 0,0001 mg/L (valor limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357), porém a média referente ao período do inverno foi a única que se manteve em desacordo com a legislação. A Figura 2i apresenta as médias conforme as estações do ano, sendo que nos anos de 2003, 2007

e 2014 não houve amostragens. Não foi encontrada diferença significativa (Tabela 2) entre as estações do ano ( $H=0,69$ ;  $p>0,05$ ).

### 3.10 Alumínio Dissolvido

O Alumínio deteve variações máxima e mínima entre 0,10 e 0,95 mg/L, com a máxima registrada no verão de 2006. A média geral ficou em 0,32 mg/L, valor acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357. Neste parâmetro, ocorreram amostragens apenas nos anos de 2006, 2007 e 2012. Ao todo, foram 24 amostras, sendo este parâmetro o que apresentou o menor N amostral (Figura 2j). Do total de amostras, 66,7% estavam em desacordo com resolução vigente (Tabela 2).

## 4. Discussão

A análise de Correlação de Pearson indicou que a Demanda Bioquímica de Oxigênio teve correlação positiva ( $p<0,05$ ) com Nitrogênio Amoniacal ( $r=0,47$ ) e com Coliformes Termotolerantes ( $r=0,64$ ). O Oxigênio Dissolvido teve correlação negativa ( $p<0,05$ ) com Temperatura ( $r=-0,52$ ) e com Turbidez ( $r=-0,52$ ). Já a Turbidez apresentou correlação positiva com o Fósforo ( $r=0,71$ ) e negativa com o Nitrogênio ( $r=-0,59$ ).

O estudo de Malm e colaboradores (1988) apresentou os seguintes valores para BRPS, incluindo o Rio Guandu: Coliformes fecais (210.000 mg/L);  $DBO_5^{20}$  (2,4 mg/L); Partículas em suspensão (80%) e pH (6,6). O parâmetro Coliformes apresentou valores em desacordo com a resolução vigente à época (Resolução CONAMA nº 20, de 1986). Os autores afirmam que o alto nível de matéria orgânica particulada presente no manancial deve ser considerado o principal veículo transportador de metais pesados no Rio Paraíba do Sul, sendo este um amplificador do problema.

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP, 2007) apresentou dados sobre a qualidade da água de toda a bacia. Nesse estudo, foram estabelecidas as percentagens de violações dos índices para classe II, perante a Resolução CONAMA nº 357. Entre os parâmetros que apresentaram valores mais preocupantes, estavam: Mercúrio; compostos fosfatados; Coliformes e  $DBO_5^{20}$ . Tal fato indica o contínuo processo de poluição por material orgâni-

co na bacia, conforme já alertado por diversos trabalhos (MALM et al.,1988; CEIVAP, 2006, 2007 e 2014; COELHO, 2012; e INEA, 2010, 2012 e 2015).

O trabalho de Coelho (2012) na região da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em Volta Redonda, no período de 1990 a 2001, apresentou os seguintes valores para os parâmetros: OD (7,0 mg/L); DBO (2,0mg/L); Fósforo (0,09 mg P/L); pH (6,9); Coliformes Termotolerantes (50.000 NMP/100ml) e Mercúrio ( $<0,10$  mg/L). Para o Nitrogênio Amoniacal, o estudo detectou nos anos de 2002 e 2003 concentrações que variaram de 0,08 a 0,07 mg/L no trecho a montante da CSN e de 0,13 a 0,12 mg/L no trecho a jusante. Todos esses valores estão próximos aos encontrados no presente estudo, confirmando a progressiva degradação do rio desde o ano de 1990.

**Os autores afirmam que o alto nível de matéria orgânica particulada presente no manancial deve ser considerado o principal veículo transportador de metais pesados no Rio Paraíba do Sul, sendo este um amplificador do problema**

Nos trabalhos de monitoramento realizados pela Superintendência do INEA na região, parte deles reunida no relatório "Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul trecho Funil - Três Rios", a qualidade da água foi analisada por meio do convênio entre as empresas Votorantim-CSN-Servatis, entre os anos de 2007 a 2010 (INEA, 2010), 2010 a 2012 (INEA, 2012) e 2012 a 2014 (INEA, 2015). Nos dados obtidos nas estações de coletas PS6, PS7 e PS8 (entre o distrito de Floriano e Volta Redonda), a média do Fósforo foi de 19,7 mg/L (2010), 0,37 mg/L (2012) e 0,04 mg/L (2015). Os outros parâmetros registraram as seguintes médias: Nitrogênio - 0,26 mg/L (2010), 0,11 mg/L (2012) e 1,6 mg/L (2015); pH - 6,7 (2010), 7,0 (2012) e 6,42 (2015); OD - 6,5 mg/L (2010), 8,54 mg/L (2012) e 7,72 mg/L (2015); Temperatura - 23,9 °C (2010), 23,5 °C (2012) e 21,6 °C (2015); Turbidez - 37,3 uT (2010), 115 uT (2012) e 11,17 uT

(2015). No que se refere às concentrações de Mercúrio, no conjunto das amostras não foram detectadas violações do padrão legal. As concentrações de Alumínio registradas foram de 0,17 mg/L (2010) e 0,08 mg/L (2012 e 2015).

O estudo denominado “Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul” (CEIVAP, 2014) investigou a região do distrito de Floriano, encontrando valores médios em 2011 de: 6,85 mg/L para o parâmetro OD; 15.000 mg/L para Coliformes Termoresistentes; 2 mg/L para DBO e 0,1 mg/l para Fósforo total.

O Fósforo mostrou ser um parâmetro crítico na região, característica que pode ter forte vínculo com o aporte de fertilizantes, detergente doméstico e industrial e esgoto *in natura* no corpo hídrico (DIVISION, 2007). Já os níveis de Nitrogênio encontrados no manancial, até o presente momento, não foram preocupantes. Logo, proliferações descontroladas de cianobactérias relacionadas a compostos nitrogenados podem não estar acontecendo.

Segundo INEA (2015), o alumínio na calha do Rio Paraíba do Sul pode estar relacionado à presença de solos álicos com concentrações de alumínio superiores a 50% na região. Outras fontes de alumínio no manancial são o uso de sulfatos de alumínio como agentes floculantes em processos de tratamento de águas (PRIMO, 2006). Desse modo, a taxa elevada desse metal, com todas as médias por estação do ano fora dos limites legais, deve servir de alerta para as autoridades competentes e ser investigada mais a fundo, pois o Alumínio no organismo humano pode causar doenças neurodegenerativas, como o Alzheimer (FREITAS, et al., 2001).

Os valores dos estudos de comparação estão próximos aos encontrados no presente trabalho, o que corrobora, mais uma vez, a afirmação do estado delicado do manancial, possivelmente fruto do aporte excessivo de efluentes de diversas categorias. Nesse contexto, o estudo (CEIVAP, 2014) alerta para a possível piora da região analisada, caso investimentos intensos em saneamento básico e tratamento de efluentes não sejam realizados para reverter o quadro atual e, conseqüentemente, o futuro.

## 5. Conclusão

Entre os parâmetros mais críticos analisados na calha principal do Rio Paraíba do Sul, estão: Coliformes Termotolerantes, com todos os valores (referentes às médias por estações do ano) em desacordo com a Resolução CONAMA nº 357, caracterizando 98% das amostras da série analisada fora dos padrões legais; o Fósforo, com 80% das amostras da série fora do limite legal, e o Alumínio Dissolvido, com 66,7% das amostras irregulares. No caso do Mercúrio, 13% de todas as amostras estavam fora dos limites da Resolução CONAMA nº 357.

Os estudos pretéritos encontraram valores muito próximos ao deste diagnóstico, comprovando impactos ambientais no trecho do rio, pelo menos, desde 1990. Nesse sentido, desenvolver políticas públicas voltadas ao aperfeiçoamento do sistema de esgotamento sanitário na região poderá melhorar o quadro atual e futuro. Um exemplo seria intensificar esforços no programa Pacto pelo Saneamento do Estado do Rio de Janeiro, promulgado pelo Decreto nº 42.930, em 2011, que objetiva tratar 80% do esgoto até o ano 2018, visando à redução dos impactos negativos decorrentes da prestação ineficiente dos serviços de saneamento no Estado.

Cabe ressaltar ainda que, mesmo com o impacto antrópico que o Paraíba do Sul vem sofrendo por décadas, o rio mostra um relativo grau de resiliência, pois é capaz de suportar tais efeitos, devido ao seu porte, perenidade e sua capacidade de aeração. Contudo, esses atributos naturais do rio não deveriam justificar a diluição de efluentes com tratamento deficiente ou, até mesmo, ausente no manancial. Desse modo, ações voltadas à recuperação da integridade da bacia estudada, como, por exemplo, proteção das nascentes, reflorestamento da vegetação marginal, gerenciamento do solo, conscientização da população envolvida e, principalmente, melhora contínua dos índices de tratamento do esgoto lançado no corpo hídrico, serão imprescindíveis para garantir água em qualidade e quantidade para as atuais e futuras gerações.

## 6. Agradecimentos

À Gerência de Avaliação de Qualidade da Água do Inea (GEAG), pelo fornecimento dos dados de monitoramento qualitativo, base deste estudo.

## Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2012. Ed. especial. Brasília, 2012. 215 p. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: maio de 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods**: for the examination of water and wastewater. 19th. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1995. 1325 p. ISBN: 0875532233.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 9 jan. 1997, p. 470.

\_\_\_\_\_. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial União**, 18 mar. 2005. n.º 053, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 04 set. 2015.

COELHO, V. M. B. **Paraíba do Sul**: um rio estratégico. 1. ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012. 336 p. ISBN: 9788577342822.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Plano de hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**: diagnóstico dos recursos hídricos, relatório Final, PSR-010-R0. Resende, RJ: Fundação COPPETEC: Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente, 2006. 201 p. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-010-R0.pdf>>. Acesso em: julho de 2016.

\_\_\_\_\_. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo**: Relatório Contratual - R-10. Resende, RJ: Fundação COPPETEC: Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente, 2006. 147 p. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-RE-012-R1.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2017.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo**. Relatório Contratual - R-10. Fundação COPPETEC - Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente, 147. (2007) Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdyy/-edisp/inea0062140.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul e Planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes**: relatório de diagnóstico, RP - 06. Resende, RJ: COHIDRO: Consultoria Estudos Projetos, 2014. Tomos I, II e III. Disponível em: <<http://ceivap.org.br/prodcohidro.php>>. Acesso em outubro de 2016.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Rio de Janeiro). **Resolução CERHI-RJ nº 107, de 22 de maio de 2013**. Rio de Janeiro, 2013. 5 p. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/legirj/ResolucoesCERHI/Resolucao-CERHI%20107.pdf>>. Acesso em: julho de 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 4 set. 2015.

FORMIGA-JOHNSSON, R. M. et al. Segurança hídrica do Estado do Rio de Janeiro face à transposição paulista de águas da Bacia Paraíba do Sul: relato de um acordo federativo. **Revista INEANA**,

- Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 48 – 69, jul./dez. 2015. ISSN: 2238-2496. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter\\_vpres\\_geiat/documents/document/zwew/mte4/-edisp/inea0118222.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_vpres_geiat/documents/document/zwew/mte4/-edisp/inea0118222.pdf)>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- FREITAS, M. B., BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, maio/jun. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v17n3/4647.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (Rio de Janeiro). Superintendência Regional do Médio Paraíba. **Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul**: trecho Funil-Santa Cecília. Rio de Janeiro, 2010. 119 p. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads2011/REL%20INEA%20AA%20Funil.pdf>>. Acesso em: maio de 2016.
- \_\_\_\_\_. **Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul**: trecho Funil-Santa Cecília. Rio de Janeiro, 2012. 109 p. Disponível em: <[http://200.20.53.3:8081/cs/idcplg?IdcService=GET\\_FILE&fldFile=fFileGUID:3F0E658FD-D47E3210E8536409438848E&fldBrowsingMode=contribution](http://200.20.53.3:8081/cs/idcplg?IdcService=GET_FILE&fldFile=fFileGUID:3F0E658FD-D47E3210E8536409438848E&fldBrowsingMode=contribution)>. Acesso em: maio de 2016.
- \_\_\_\_\_. **Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul**: trecho Funil-Santa Cecília. Rio de Janeiro, 2015. 130 p.
- MALM, O. et al. Transport and availability of heavy metals in the Paraíba do Sul-Guandu river system, Rio de Janeiro state, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 75, n. 2-3, p. 201-209, set. 1988. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0048-9697\(88\)90033-2](https://doi.org/10.1016/0048-9697(88)90033-2)>. Acesso em: janeiro de 2017.
- MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY. Regional Division. **Phosphorus**: sources, forms, impact on water quality - a general overview. Minnesota: MPCA, 2007. 2 p. (wq iw3-12). Disponível em: <<https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw3-12.pdf>>. Acesso em: outubro de 2016.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Governanças dos Recursos Hídricos**. Paris: OECD Publishing, 2015. 304 p. ISBN 978-92-64-23816-9. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150902\\_OCDE-GovernancadosRecursosHidricosnoBrasil.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150902_OCDE-GovernancadosRecursosHidricosnoBrasil.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2015.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto n.º 42.930, de 18 de abril de 2011. Cria o Programa Estadual Pacto pelo Saneamento. **Diário Oficial**, Poder Executivo, Rio de Janeiro, 19 abr. 2011. Disponível em: <[http://www.silep.planejamento.rj.gov.br/decreto\\_42\\_930\\_-\\_18042011\\_-\\_cr.htm](http://www.silep.planejamento.rj.gov.br/decreto_42_930_-_18042011_-_cr.htm)>. Acesso em: março de 2017.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Estado do Ambiente. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**: R9 – metas e estratégias de implementação dos cenários propostos (versão final). Rio de Janeiro: Fundação COPPETEC: Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente, 2014. 258 p. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdyy/-edisp/inea0062140.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2017.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Texto, 2016. 631 p.
- VOLLERNWEIDER, R. A. **Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication**. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 1968. 192 p.

## Sobre os autores

### Cristina Aparecida Gomes Nassar

Cientista biológica formada pela Universidade Santa Úrsula (USU), com mestrado e doutorado em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Atualmente, coordena o Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Escola Politécnica/Escola de Química da UFRJ.

### Luís Fernando Faulstich Neves

Mestre pelo Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFRJ e pós-graduado em Gestão Ambiental pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da UFRJ. Atualmente, é (inserir cargo) do INEA.

### Luiz Constantino da Silva Junior

Cientista biológico, na modalidade de Biologia Marinha, formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Atualmente, é (inserir cargo) do INEA. Participou, também, da elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ) e do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé/Ostras.