

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO
SUL: AVALIAÇÃO INTEGRADA DA
QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS ESTADOS DE
MINAS GERAIS, RIO DE JANEIRO E SÃO
PAULO**

Fabília Moreira Gonçalves

Belo Horizonte

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**

Fabírcia Moreira Gonçalves

Fabírcia Moreira Gonçalves

**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL:
AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DAS
ÁGUAS DOS ESTADOS DE MINAS GERAIS, RIO DE
JANEIRO E SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Caracterização, prevenção e controle da poluição.

Orientador: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2016

G635b

Gonçalves, Fabrícia Moreira.

Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul [manuscrito]: avaliação integrada da qualidade das águas dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo / Fabrícia Moreira Gonçalves. – 2016.
ix, 100 f., enc.: il.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais,
Escola de Engenharia.

Anexos: f. 101-141.

Bibliografia: f. 93-100.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Meio ambiente - Teses.
3. Água - Qualidade - Teses. 4. Análise multivariada - Teses. 5. Paraíba do Sul,
Rio, Bacia - Teses. I. Oliveira, Sílvia Maria Alves Corrêa. II. Universidade Federal
de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa

AGRADECIMENTOS

À Deus pelas bênçãos em minha vida e por estar sempre iluminando meus caminhos e me protegendo.

Aos meus pais pela dedicação, pela ajuda, por não medirem esforços e pelo apoio em todos os momentos da minha vida. Agradeço ao Felipe Faiad por todo amor, pelas conversas e conselhos, pela ajuda nas planilhas, pelo apoio e pela paciência. Aos familiares e amigos que me incentivaram e me deram força para que essa caminhada fosse menos exaustiva e pela compreensão nos momentos de ausência.

À professora Sílvia Oliveira pela orientação, pelo companheirismo, pela confiança e pela oportunidade de crescimento ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Às colegas Giovanna Calazans, Anna Flávia Perini e Ana Paula Dias Pena pelas contribuições, pela ajuda com os tratamentos dos dados e análises.

À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH) e aos professores pela oportunidade de aprimoramento profissional.

Aos meus queridos colegas de mestrado e, em especial, às minhas amigas Marília Cleto, Débora Ferreira, Laura Vargas, Maria Fernanda Espinosa, Ana Luiza Cunha e ao amigo Higor Suzuki, que estiveram mais próximos durante o desenvolvimento da dissertação, por compartilharem experiências e me incentivarem em diversas ocasiões.

À Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB – SP), ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM – MG), e ao Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA – RJ) e sua equipe técnica, pela disponibilização dos dados de monitoramento e pelo constante apoio e atendimento aos questionamentos.

À equipe da Crono Engenharia Ltda., especialmente à Ciomara de Carvalho, pelos conhecimentos adquiridos durante a minha vida profissional. À engenheira Márcia Romanelli pela ajuda, pelo apoio, conselhos e pelo estímulo. Ao amigo André Knop pelas conversas e pela disponibilidade e empenho na realização dos mapas.

RESUMO

O efetivo gerenciamento de recursos hídricos, essencialmente do ponto de vista da qualidade, implica não somente na caracterização dos corpos de água, realizada através de monitoramento de variáveis analisadas isoladamente, mas também no conhecimento dos aspectos qualitativos, das influências antrópicas e dos impactos associados e do uso e ocupação do solo. Tendo em vista o conceito de desenvolvimento sustentável, a interação dos instrumentos de gestão, o monitoramento e o enquadramento dos corpos de águas permitem o conhecimento da condição de qualidade e a verificação da compatibilidade com os usos previstos. Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise integrada da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, considerando os dados de três redes de monitoramento dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, identificando os parâmetros mais relevantes, do ponto de vista da degradação dos recursos hídricos, bem como comparando os níveis de qualidade dos cursos de água com os padrões de enquadramento. Ainda, foram aplicados testes não paramétricos e utilizadas análises multivariadas (Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais) para comparar as condições de qualidade das áreas de gestão/sub-bacias. A caracterização da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul indicou que as principais pressões sobre os recursos hídricos são o lançamento de esgotos sanitários, as drenagens superficiais das áreas de desenvolvimento da atividade agropecuária, as atividades minerárias e a remoção da cobertura vegetal, refletidas pelas ocorrências expressivas de não atendimento aos limites legais dos parâmetros coliformes termotolerantes/*E. coli*, fósforo total, ferro dissolvido, manganês total, oxigênio dissolvido, DBO e turbidez. A verificação da compatibilidade das condições de qualidade das águas da bacia com as classes de enquadramento para as variáveis consideradas relevantes mostrou situação menos favorável para o parâmetro coliformes termotolerantes/*E. coli*, sendo verificado predominância de condições de qualidade incompatíveis com as classes de enquadramento, quadro que torna mais restrito os usos na bacia. Dentre as estações de monitoramento, destacam-se as estações localizadas nas proximidades dos centros urbanos, cujo comprometimento da qualidade das águas associa-se à contaminação por poluição microbiológica, por matéria orgânica biodegradável e aporte de sólidos. Os resultados das análises multivariadas indicaram coerência dos agrupamentos formados e dos principais parâmetros identificados que explicam a variabilidade da qualidade da água, com as condições de qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul e também com a localização geográfica das sub-bacias. Além disso permitiram confirmar os principais fatores de pressão na bacia.

ABSTRACT

Effective management of water resources, mainly from the quality point of view, implies not only the characterization of water bodies, carried out through monitoring variables individually and analyzing them, but also the knowledge of the qualitative aspects of anthropogenic influences and their associated impacts and land usage. In view of the sustainable development concept, interaction management tools, monitoring and classification of water bodies allows quality condition and verification of compatibility with the intended uses. This study aimed to carry out an integrated analysis of water quality of the Paraíba do Sul river basin, considering data from three monitoring networks in the states of São Paulo, Minas Gerais and Rio de Janeiro, identifying the most relevant parameters of water resources degradation, as well as comparing the quality levels of watercourses with the framework standards. Non-parametric tests were applied and used multivariate (Cluster Analysis and Principal Components Analysis) to compare the quality conditions of the sub-basins. The characterization of the quality of the Paraíba do Sul river basin waters indicated that the main pressures on water resources are discharges of domestic sewage, surface drainage from development areas of farming activities, mining activities and the removal of vegetation, reflected by expressive occurrences of legal limits violations for thermotolerant coliforms, phosphorus, iron, manganese, dissolved oxygen, Biochemical oxygen demand and turbidity. The compatibility of the quality conditions of the waters with the framework classes for the variables considered showed less a favorable situation for the thermotolerant coliforms, being verified predominance incompatible quality conditions with the framework classes, which greatly restricts the use of water. Among the monitoring stations, there are stations located near urban centers, which water quality is compromised due to microbiological pollution contamination by biodegradable organic matter and solids. The results of multivariate analysis indicated consistency of formed groups and the main parameters identified explained the variability of water quality conditions for the quality of the Paraíba do Sul river basin waters and also to the geographic location of the sub-basins. It was also possible to confirm the main pressure factors in the basin.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	V
LISTA DE QUADROS E TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VIII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 REDES DE MONITORAMENTO NO ÂMBITO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	4
3.2 INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO - ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA.....	7
3.3 USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA.....	10
3.4 ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS ..	11
3.5 ANÁLISE DE DADOS DE MONITORAMENTO ATRAVÉS DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS.....	14
3.6 ÁREA DE ESTUDO.....	16
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 REDE DE MONITORAMENTO DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL.....	26
4.2 ORGANIZAÇÃO, SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS.....	32
4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS MAIS RELEVANTES PARA A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA, DE ACORDO COM OS PERCENTUAIS DE NÃO ATENDIMENTO AOS LIMITES LEGAIS	33
4.4 VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO AO ENQUADRAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL	34
4.5 AVALIAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA).....	35
4.6 AVALIAÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS MAIS RELEVANTES PARA A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA, DE ACORDO COM OS PERCENTUAIS DE NÃO ATENDIMENTO AOS LIMITES LEGAIS	41
5.2 VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL AO ENQUADRAMENTO	47
5.2.1 Avaliação dos Usuários de Recursos Hídricos	62
5.3 AVALIAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA).....	72
5.4 AVALIAÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	78
5.4.1 Análise de Agrupamento – Análise de Cluster (AC)	79
5.4.2 Análise de Componentes Principais (ACP).....	81
5.4.3 Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e Teste de Comparações Múltiplas ...	85
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	91
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICES	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Censo Demográfico (IBGE 2010) na bacia do rio Paraíba do Sul.	19
Figura 3.2: Divisão da bacia do rio Paraíba do Sul em áreas de gestão.	22
Figura 4.1: Mapa de localização das estações de monitoramento – Bacia do rio Paraíba do Sul.	28
Figura 4.2: Fluxograma da metodologia para avaliação espacial da qualidade das águas.	38
Figura 5.1: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao total de violações, 2005 a 2014 - Bacia do Rio Paraíba do Sul.....	41
Figura 5.2: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao número de resultados por parâmetros – Porção Paulista	43
Figura 5.3: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao número de resultados por parâmetros – Porção Mineira.	43
Figura 5.4: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao número de resultados por parâmetros – Porção Fluminense.	44
Figura 5.5: <i>Box-plot</i> dos percentuais de não conformidades e resultados do teste de comparações múltiplas.	46
Figura 5.6: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para coliformes termotolerantes/ <i>E.coli</i>	49
Figura 5.7: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para fósforo total.	51
Figura 5.8: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para DBO.	54
Figura 5.9: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para oxigênio dissolvido.	56
Figura 5.10: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para turbidez.	58
Figura 5.11: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para ferro dissolvido.	60
Figura 5.12: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para manganês total.....	61
Figura 5.13: Mapa de localização de pontos de lançamento cadastrados e estações de monitoramento no estado de São Paulo.....	64

Figura 5.14: Mapa de localização de pontos de lançamento cadastrados e estações de monitoramento no estado de Minas Gerais.	65
Figura 5.15: Mapa de localização de pontos de lançamento cadastrados e estações de monitoramento no estado do Rio de Janeiro.	66
Figura 5.16: Percentual de lançamentos de efluentes por estado na bacia do rio Paraíba do Sul.	67
Figura 5.17: Distribuição dos tipos de empreendimentos na porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul.	68
Figura 5.18: Distribuição dos tipos de empreendimentos na porção fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul.	68
Figura 5.19: Distribuição dos tipos de empreendimentos na porção mineira da bacia do rio Paraíba do Sul.	68
Figura 5.20: Total de cargas de DBO lançadas da bacia do rio Paraíba do Sul por atividade.	69
Figura 5.21: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Esgotamento sanitário.	71
Figura 5.22: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Indústria química.	71
Figura 5.23: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Indústria alimentícia.	71
Figura 5.24: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Indústria metalúrgica e outras.	71
Figura 5.25: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Serviços e comércio atacadista.	71
Figura 5.26: Gráfico <i>Box-Plot</i> para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por trecho da bacia.	73
Figura 5.27: Gráfico <i>Box-Plot</i> para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por estação de monitoramento da CETESB.	74
Figura 5.28: Gráfico <i>Box-Plot</i> para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por estação de monitoramento da IGAM.	76
Figura 5.29: Gráfico <i>Box-Plot</i> para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por estação de monitoramento da INEA.	77
Figura 5.30: Gráfico das Distâncias Euclidianas para os agrupamentos formados na avaliação por Área de Gestão/Sub-bacia.	79
Figura 5.31: Dendograma da Análise de <i>Cluster</i> para o banco de dados de medianas do período entre 2012 a 2014.	80
Figura 5.32: Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores das Componentes Principais, Grupo 1 (Áreas de Gestão/Sub-bacias mineiras).	83
Figura 5.33: Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores das Componentes Principais, Grupo 2 (Áreas de Gestão/Sub-bacias fluminenses).	84
Figura 5.34: <i>Box-plot</i> dos resultados dos parâmetros de análise e do teste de comparações múltiplas.	86

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 3.1: Classes de enquadramento e usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.	11
Quadro 3.2: Trabalhos de avaliação de banco de dados de redes de monitoramento da qualidade das águas, realizados no âmbito do programa SMARH, empregando técnicas multivariadas.	16
Quadro 4.1: Estações de monitoramento da qualidade das águas por Área de Gestão/Sub-bacia.	27
Quadro 4.2: Parâmetros analisados nas águas superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul – CETESB.	29
Quadro 4.3: Parâmetros analisados nas águas Superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul – IGAM.	30
Quadro 4.4: Parâmetros analisados nas águas Superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul – INEA.	30
Quadro 4.5: Resumo das informações do monitoramento da qualidade das águas pelos órgão gestores na bacia do rio Paraíba do Sul.	31
Quadro 5.1: Etapas do trabalho e período de dados avaliados.	40
Tabela 5.1: Detalhamento do banco de dados de monitoramento, do período de 2005 a 2014, na bacia do rio Paraíba do Sul.	39
Tabela 5.2: Cargas dos componentes principais obtidos pela ACP para o grupo 1.	81
Tabela 5.3: Cargas dos componentes principais obtidos pela ACP para o grupo 2.	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Análise de <i>Cluster</i> - Análise de Agrupamento
ACP	Análise de Componentes Principais
AD	Análise Discriminante
AGEVAP	Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul
ANA	Agência Nacional de Águas
CEEIVAP	Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CEIVAP	Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNARH	Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNARH	Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
CP	Componente Principal
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
HPAs	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INEA	Instituto Estadual do Meio Ambiente
IQA	Índice da Qualidade das Águas
KW	<i>Kruskal-Wallis</i>
LQ	Limite de Quantificação
MG	Minas Gerais

MMA	Ministério do Meio Ambiente
PCB	Bifenilos policlorados
PDRH	Plano Diretor de Recursos Hídricos
pH	Potencial hidrogeniônico
PNQA	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PPG	Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul
PQA	Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica
PRODES	Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas
RH	Região Hidrográfica
RJ	Rio de Janeiro
RNQA	Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas
SAAE	Serviços Autônomos de Água e Esgoto
Semi-COVs	Compostos Orgânicos Semi-Voláteis
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SP	São Paulo
TCM	Teste de Comparações Múltiplas
THM	Trihalometanos
UF	Unidade da Federação
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UPGRHI	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
WFD	<i>Water Framework Directive</i>

1 INTRODUÇÃO

A essencialidade dos recursos hídricos, bem como a crescente problemática da degradação dos corpos de água, com o comprometimento de sua qualidade e a redução na disponibilidade hídrica, tornam cada dia mais evidentes as questões relacionadas à gestão dos recursos hídricos integrada à gestão ambiental. Além disso, o aumento populacional, principalmente, no centros urbanos, aliado à intensificação das atividades produtivas e à condição de sistemas de saneamento básicos deficitários constituem um aspecto crítico para a natureza finita do recurso, culminando em situações de estresse hídrico e ambiental.

Por intermédio da Lei das Águas (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), surge uma nova mentalidade com relação ao gerenciamento dos recursos hídricos, impulsionada pelo estabelecimento do pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social (BRASIL, 2006).

Como premissa à sustentabilidade dos recursos hídricos, o estabelecimento do instrumento enquadramento dos corpos de água em classes, visa a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, de maneira a viabilizar a utilização da água para as atividades diversas associada à manutenção da qualidade. Trata-se de um importante instrumento de planejamento para garantir à água um nível de qualidade que pode assegurar os seus usos preponderantes. Ressalta-se a clara interação do enquadramento com o monitoramento das águas, de maneira a obter informações relevantes das condições de qualidade das águas e verificar a compatibilidade com os usos previstos.

Tendo em vista que a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul constitui-se de uma importante bacia no âmbito federal, sendo de grande contribuição hídrica em três estados, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, bem como em função da deficiência de estudos mais aprofundados que avaliem em conjunto a qualidade das águas ao longo do curso principal, das nascentes à foz, esta bacia foi escolhida como objeto de estudo.

O desenvolvimento acelerado das atividades econômicas e da ocupação urbana, contribuíram para o estado de degradação ambiental em que a bacia se encontra. A sobrecarga de poluentes

lançados em suas águas, sobretudo de efluentes sanitários sem tratamento, assim como o aumento substancial da captação de água para abastecimento da população urbana tem provocado grandes impactos negativos na qualidade das águas.

Assim, a proposta deste trabalho consistiu na avaliação da qualidade das águas das redes de monitoramento operadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB – SP), pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM – MG), e pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA – RJ), em termos da verificação do atendimento aos padrões de enquadramento estabelecidos para os cursos de água, da análise da evolução espacial da degradação da qualidade das águas e da identificação dos principais fatores responsáveis pela poluição da bacia. A avaliação dos aspectos qualitativos da bacia, juntamente com as informações das principais interferências, de forma integrada, permitiu o aprimoramento da avaliação da bacia do rio Paraíba do Sul por meio de uma densa rede de monitoramento. Se tratando de um grande conjunto de pontos e diversas variáveis de monitoramento, a utilização de ferramentas de análises multivariadas apresenta grande relevância para a simplificação de um complexo conjunto de informações, de forma a subsidiar uma avaliação consistente da qualidade das águas ao longo da bacia do rio Paraíba do Sul.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral dessa pesquisa é realizar a avaliação integrada da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, através de dados de três distintas redes de monitoramento dos órgãos ambientais dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

2.2 *Objetivos específicos*

- Identificar os parâmetros mais relevantes para a qualidade da água da bacia, de acordo com os percentuais de não atendimento aos limites legais;
- Verificar o atendimento ao enquadramento da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, de acordo com os padrões exigidos nas legislações vigentes;
- Analisar a variação espacial da qualidade das águas por meio do Índice da Qualidade das Águas (IQA);
- Comparar, em termos da qualidade das águas, as sub-bacias do rio Paraíba do Sul, utilizando técnicas multivariadas exploratórias.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Redes de monitoramento no âmbito da gestão dos recursos hídricos*

O monitoramento de recursos hídricos é um conjunto de ações e esforços que visa permitir o conhecimento da situação da qualidade das águas e seu padrão de comportamento ao longo do espaço e do tempo. As redes de monitoramento e os programas em que estas estão inseridas permitem a avaliação da qualidade das águas em locais específicos, em que os critérios para a definição da localização das estações de amostragem estão relacionados a requisitos distintos e dependentes dos objetivos peculiares aos sistemas de gestão dos recursos hídricos. Dentre as finalidades do monitoramento aponta-se a obtenção de informações relevantes das condições de qualidade das águas para os usos previstos, assim como o auxílio na determinação de tendências de qualidade e identificação dos impactos nos corpos de água, associados ao lançamento de contaminantes e às atividades antrópicas (CHAPMAN, 1992). Xie *et al.* (2005) também reforçaram a importância para o planejamento regional e o manejo sustentável dos recursos hídricos, o conhecimento das relações entre os corpos de águas, os aspectos geológicos e o uso do solo.

Embora tenham ocorrido tendências de uma gestão integrada da água, tendo o monitoramento como uma importante ferramenta (DO *et al.*, 2012), o efetivo gerenciamento de recursos hídricos, essencialmente do ponto de vista da qualidade, implica não somente na caracterização dos corpos de água, realizada através de monitoramento de variáveis qualitativas, que na maioria das vezes são analisadas isoladamente. Na realidade, o estado de um ecossistema é dependente simultaneamente de muitos fatores e parâmetros (SIMEONOV *et al.*, 2002), de maneira que a avaliação e a interpretação dos resultados devem ser integradas aos fatores climáticos, aos atributos geomorfológicos e geoquímicos, bem como ao uso e ocupação do solo e às interferências positivas e negativas correlatas. A importância do aperfeiçoamento das redes de monitoramento para avaliar a quantidade e qualidade das águas, através do conhecimento de informações básicas, como características físicas dos sistemas hídricos, comportamento hidroclimatológico e dados econômicos da área em estudo, também é relatada por Braga *et al.* (2006) e Xie *et al.* (2005).

Salienta-se a relevância da realização do monitoramento da qualidade das águas superficiais para a gestão adequada dos recursos hídricos. O emprego dessa ferramenta, de forma sistemática, busca auxiliar no conhecimento do estado dos corpos de água e das tendências qualitativas e quantitativas espaciais e temporais (ALVES, 2008). A efetiva gestão dos recursos hídricos exige a necessidade de se considerar de forma articulada o monitoramento com outros instrumentos de gestão, tais como a outorga de lançamento de efluentes, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o enquadramento.

Historicamente, a maioria dos programas de monitoramento foi concebida e implementada com a participação e orientação limitada em termos do que é necessário para apoiar decisões sobre a gestão da água (MACDONALD *et al.*, 2009). Conforme citaram Strobl e Robillard (2008), em 1960 e 1970, o monitoramento da qualidade da água foi desenvolvido para descrever o estado geral da qualidade da água. As redes de monitoramento eram definidas sem projetos ou objetivos específicos, e contemplavam, predominantemente, pontos localizados nos exutórios de sub-bacias, próximos ou diretamente sobre o curso principal, visando o controle e avaliação da poluição, principalmente relacionados ao esgotamento sanitário dos municípios.

Através do emprego de leis e diretrizes, uma nova mentalidade impulsionou mudanças no cenário do gerenciamento das águas. Em âmbito federal, destaca-se a Lei Nº 9.433, 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH). Ressalte-se a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade (BRASIL, 1997). Da mesma maneira, os países europeus têm mostrado evolução na concepção das redes de monitoramento. A União Europeia tem estabelecido leis e requisitos de monitoramento que alteraram significativamente o desenho das redes de amostragem, a exemplo do *Water Framework Directive* (WFD), guia com estabelecimento de diretrizes para acompanhamento de bacias hidrográficas, que além de determinar a classificação do estado das massas de água ou grupos de massas de água, tem como objetivos definir procedimentos de avaliação de risco de apoio, projetar futuros programas de monitoramento, avaliar mudanças de longo prazo cujas causas são tanto naturais como antropogênicas, entre outros (STROBL e ROBILLARD, 2008).

De acordo com a ANA (2013), 17 das 27 Unidades de Federação - UF do Brasil realizam o monitoramento de suas águas superficiais, totalizando 2.463 pontos de monitoramento ativos

de avaliação da qualidade. Considerando todo território nacional, isto representa aproximadamente uma densidade de 0,28 ponto para cada 1.000 km². Outros países apresentam densidades maiores, como o Canadá, com densidade de 0,8/1.000 km².

Em 2014, a ANA lançou a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas (RNQA), principal eixo do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), que busca monitorar, avaliar e oferecer à sociedade informações padronizadas de qualidade das águas superficiais e gerar conhecimento para subsidiar a gestão dos recursos hídricos do Brasil. Ademais, objetiva identificar áreas críticas em termos de poluição hídrica e de apoiar ações de planejamento, outorga, licenciamento e fiscalização das águas. Inicialmente, através de uma carta de compromisso, a implantação da rede conjunta entre a ANA e as Unidades da Federação (UF) englobou os estados da Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo e Sergipe, que já operam redes estaduais de monitoramento, sendo os demais estados a serem contemplados em próximas etapas. Nesse intuito, a ANA investiu em equipamentos a serem concedidos às UFs para auxílio e aprimoramento do monitoramento das águas superficiais (MMA, 2014).

Para a definição da alocação dos pontos da RNQA, consideraram-se, essencialmente os lançamentos municipais de carga orgânica, capacidade de diluição dos corpos d'água, áreas estratégicas de fronteiras, áreas de conservação e a rede hidrometeorológica nacional. Os pontos de monitoramento estão classificados em três tipologias: de impacto, estratégica e de referência (ANA, 2015a).

Conforme supracitado, a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) apresenta como diretriz a gestão sistemática dos recursos hídricos de forma integrada à avaliação dos aspectos quantitativo e qualitativo. Um dos maiores desafios para engenheiros e técnicos responsáveis pelo planejamento e operação de sistemas de aproveitamento de recursos hídricos, é fornecer quantidades adequadas de água com qualidade apropriada e no momento certo para atender os seus múltiplos usos. Embora do ponto de vista teórico não haja grande dificuldade em se integrar o gerenciamento de quantidade e qualidade, na prática esta integração é raramente alcançada, representando um grande obstáculo para a operação eficiente de sistemas e a utilização racional do recurso hídrico (AZEVEDO *et al.*, 1998).

3.2 Instrumento de planejamento - Enquadramento dos corpos de água

Os instrumentos de planejamento são importantes na prevenção e na solução dos problemas relacionados à gestão das águas, e devem ser elaborados levando em conta os interesses sociais, econômicos, políticos e ambientais, bem como a utilização de bases técnicas que mostram as potencialidades e as perspectivas de crescimento das demandas hídricas, os níveis de comprometimento, as restrições de uso e as questões institucionais, legais e jurídicas relacionadas à água (ANA, 2011).

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, é um instrumento de planejamento fundamental para a gestão dos recursos hídricos, definido através da promulgação da Lei Nº 9.433, em 8 de janeiro de 1997, que dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Segundo a Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005 (CONAMA, 2005), o enquadramento é o estabelecimento do nível ou metas de qualidade, a ser alcançado ou mantido em segmento de corpo de água ao longo do tempo, baseado não necessariamente na condição atual do corpo de água, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade. A resolução supramencionada dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos descreve que o enquadramento visa a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, além de diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997). Dessa maneira, a lei obriga a compatibilização dessa meta de qualidade, que tanto pode ser de proteção, no caso de corpos hídricos não degradados, como de recuperação, no caso de corpos hídricos degradados, com o plano da bacia, a outorga e a cobrança pelo uso da água (AGEVAP, 2007a).

Conforme a ANA (2009) o enquadramento de rio ou de qualquer outro corpo de água deve considerar três aspectos principais, quais sejam: o rio que temos, o rio que queremos e o rio que podemos ter. O rio que temos representa a condição atual de qualidade das águas e os seus usos possíveis. A expectativa dos usuários representa o rio que queremos. A visão mais realista, que incorpora as limitações tecnológicas e financeiras, somadas às questões de ordem política e social, desdobra-se na expressão o rio que podemos ter.

Em planos de bacias, o enquadramento se insere entre as metas de racionalização do uso, demandando definições de usos previstos para a água, em função dos usos presentes, planos de intervenção e das disponibilidades quantitativas (AGEVAP, 2007). Dessa maneira, para a implementação das políticas de gestão dos recursos hídricos, quanto para o enquadramento devem ser considerada a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação da quantidade e qualidade da água.

O enquadramento, assim como os Planos de Bacias Hidrográficas, são referências para os demais instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (outorga, cobrança) e instrumentos de gestão ambiental (licenciamento, monitoramento), sendo, portanto, importante elo entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (ANA, 2009). Sua aplicação fortalece a relação entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental, promovendo a proteção e a recuperação dos recursos hídricos (LEEUEWESTEIN, 2000) .

Em relação à interação com outros instrumentos, essencialmente, com o plano de recursos hídricos, o enquadramento é mencionado pela ANA (2005), como um processo que envolve um extenso diagnóstico da bacia para determinar os usos atuais e futuros associados à vocação e às características sócio-econômico-culturais da região, além de estudos hidrológicos envolvendo a quantidade e a qualidade da água. Portanto, é essencial que as propostas de enquadramento, quando possível, estejam incluídas na elaboração de todos os Planos de Bacia.

Em um enfoque mais amplo, o enquadramento possui um sentido de proteção, representando, indiretamente, um mecanismo de controle do uso e de ocupação do solo, já que restringe a implantação de empreendimentos cujos usos não consigam manter a qualidade de água na classe em que o corpo d'água fora enquadrado (ANA, 2007). Assim, este instrumento é um processo de planejamento entre o uso da água, o zoneamento de atividades e o estabelecimento de medidas para o controle da poluição. Os usuários da bacia hidrográfica devem estar cientes que quanto mais restritiva a qualidade da água para atender aos usos, maiores serão os custos necessários para tratar as cargas poluidoras (BRITES, 2010).

Segundo Porto (2002), uma das principais vantagens em utilizar metas de qualidade da água como instrumento de gestão está em colocar o foco da gestão da qualidade da água sobre os problemas específicos a serem resolvidos na bacia, tanto no que se refere aos impactos

causados pela poluição, quanto nos usos que possam vir a ser planejados. Assim, estabelece uma visão de conjunto dos problemas da bacia e não uma visão individualizada que leve a soluções apenas locais.

O enquadramento deve ser elaborado com base em estudos específicos, no âmbito dos Plano de Recursos Hídricos da bacia e os Planos de Recursos Hídricos Estadual ou Distrital, Regional e Nacional, propostos e aprovados por órgãos de gestão do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos. Devem ainda seguir, principalmente, as diretrizes estabelecidas na Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH Nº 91, de 5 de novembro de 2008, que fixa procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. De acordo com o Art. 3º dessa resolução, a proposta de enquadramento deverá conter o diagnóstico e o prognóstico da bacia, as propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e o programa de efetivação. Ainda, esta resolução estabelece no Artigo 14 que os corpos de água já enquadrados com base na legislação anterior à publicação desta Resolução deverão ser objeto de adequação aos atuais procedimentos (CNRH, 2008).

No âmbito de bacia hidrográfica, reconhecem-se os Comitês de Bacia Hidrográfica e as Agências da Água como instâncias atuantes na gestão das águas. O Comitê é um foro democrático responsável pelas decisões a serem tomadas na bacia e a Agência é reconhecida como “braço executivo” do Comitê. Os Comitês e suas Agências de Água procuram solucionar conflitos de usos da água na bacia e dependem da política formulada pelo CNRH ou Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH e pelos órgãos federais e estaduais gestores de recursos hídricos e de meio ambiente (ANA, 2007).

Conforme apontado por Brandão *et al.* (2006), apesar de todo o esforço institucional para elaboração de normas e diretrizes sobre o tema, a situação da qualidade de muitos dos corpos de água ainda está muito aquém das condições preconizadas nas classes de uso estabelecidas. Além disso, a maioria dos rios do país ainda não foi submetida ao processo de enquadramento, tendo sido estes enquadrados na classe 2, sem ter sido alvo de estudos mais aprofundados. A utilização da classe 2 vem da determinação da Resolução CONAMA nº 357, que no artigo 42 dispõe que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (CONAMA, 2005).

Uma análise sobre a situação atual do enquadramento dos corpos hídricos nas bacias federais realizada por Brites (2010) mostrou que existem dificuldades metodológicas para implementação do instrumento nas bacias hidrográficas, assim como a falta de integração de conceitos estabelecidos pelo sistema de gestão para elaboração das propostas de enquadramento.

3.3 Usos múltiplos da água

Ao estabelecer uma meta de qualidade para um corpo de água é requerida a análise de quais serão os usos preponderantes naquela região. A primeira classificação das águas interiores de acordo com seus usos preponderantes foi estabelecida pela Portaria GM 013 do Ministério do Interior, de 15 de janeiro de 1976. Em decorrência da execução da Política Nacional do Meio Ambiente, a citada Portaria foi substituída pela Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986, relativa à classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional.

A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas, tais como: preservação das comunidades aquáticas, abastecimento doméstico, recreação, irrigação, dessedentação animal, navegação, produção de energia, etc. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes (CONAMA, 2005). Em contraste, para a navegação os requisitos de qualidade da água são bem menores, devendo estar ausentes os materiais flutuantes e os materiais sedimentáveis que causem assoreamento do corpo d'água (PNQA, 2016).

No Quadro 3.1 encontram-se as classes de enquadramento, segundo a qualidade das águas requerida para os seus usos preponderantes. Não são mencionados na Resolução CONAMA nº 357/2005 o uso industrial, cujos requisitos de qualidade podem variar de acordo com o tipo de indústria, o uso para geração hidrelétrica, em que devem ser observados parâmetros que possam comprometer a durabilidade dos equipamentos, causem eutrofização ou assoreamento do reservatório, e o uso para diluição de efluentes, com ausência de requisitos de qualidade.

Quadro 3.1: Classes de enquadramento e usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Classe de Enquadramento	Usos - CONAMA nº 357/2005
Classe especial	abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras pesca amadora; recreação de contato secundário; dessedentação de animais;
Classe 4	Navegação; harmonia paisagística.

3.4 Aspectos legais relacionados à gestão dos recursos hídricos superficiais

A gestão dos recursos hídricos no Brasil tem apresentado significativos avanços na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A primeira legislação brasileira relacionada aos recursos hídricos foi decretada em 1934, o Código das Águas, que definiu o regime jurídico e de concessões das águas, de forma a controlar e incentivar o aproveitamento industrial das

águas, bem como foi atribuído à União o poder de autorizar ou conceder o direito de exploração da energia hidráulica (BRASIL, 1934). Com o avanço dos anos, diversas outras legislações relacionadas aos recursos hídricos foram estabelecidas, no intuito, principalmente, de racionalizar os usos das águas, classificá-las, definir normas e padrões para qualidade das águas e lançamento de efluentes, e ainda promover a criação de instrumentos de gestão.

Um dos principais avanços conceituais foi o da mudança de paradigma quanto à gestão, que consiste em passar o gerenciamento de um sistema setorial, local e de resposta a crises e impactos, para um sistema integrado, preditivo e no âmbito de ecossistema, bacia hidrográfica (TUNDISI, 2006). A definição da bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e gestão foi estabelecida por meio da Lei Federal 9.433 (BRASIL, 1997) e, ainda, em leis dos estados da federação. O conceito de bacia hidrográfica aplicado ao gerenciamento de recursos hídricos estende as barreiras políticas tradicionais (municípios, estados, países) para uma unidade física de gerenciamento e planejamento e desenvolvimento econômico e social (SCHIAVETTI e CAMARGO, 2002). Dessa maneira, foram criados e instituídos Comitês de Bacia Hidrográfica em todas as regiões do país, bem como a instituição, em algumas delas, de entidades delegatárias das funções de Agência de Água.

Conforme apontado no artigo 20, inciso III da Constituição Federal de 1988, se tratando da divisão das bacias hidrográficas, cabe à União, isto é, à tutela administrativa do Governo Federal, os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais (BRASIL, 1988). As bacias hidrográficas nacionais apresentam domínio compartilhado entre a União e os estados, e representa um caso típico de políticas públicas. O processo de gestão nessas bacias deve assim conformar entendimentos, interesses, capacidades institucionais das burocracias e vontades políticas em diferentes esferas de atuação, federal e dos estados onde se situa a bacia (PEREIRA, 2005).

Concernente à área de estudo, os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro apresentam políticas de recursos hídricos próprias, norteadas pela, respectivamente, Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991 (SÃO PAULO, 1991), Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999 (MINAS GERAIS, 1999) e Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999 (RIO DE JANEIRO, 1999), e que seguem estrutura relativamente semelhante à Lei da Política Nacional, de 1997.

Salienta-se que a lei paulista é considerada como a inspiradora para a legislação federal e foi a primeira editada após a promulgação da Constituição Federal de 1988 (AGEVAP, 2013a).

Muito embora tenham ocorrido avanços na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, alguns instrumentos tiveram pouco ou quase nenhum avanço desde o advento da Lei de Águas e das leis estaduais, como é o caso do instrumento “enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água” (AGEVAP, 2013a). Considerado como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o enquadramento de corpos d’água estabelece o nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo (CONAMA, 2005).

Em relação à área de estudo, o Paraíba do Sul é rio de jurisdição federal, pois se estende por três estados da Federação. Nessa condição, desde a década de 80, a gestão ambiental do rio Paraíba do Sul é feita pelo Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - CEIVAP (Decreto nº 87.561/82), tendo sido revitalizada, posteriormente, com a aprovação da Lei nº 9433/97, da Política Nacional de Recursos Hídricos.

A bacia hidrográfica apresenta o enquadramento dos diversos trechos dos cursos de água federais, estabelecido pela Portaria GM/086 (BRASIL, 1981). A Deliberação Normativa COPAM nº 16/1996 enquadrando as águas estaduais da bacia do Paraíba do Sul, afluente do rio Paraíba do Sul, na porção mineira da bacia, estabelecendo a classificação das águas (COPAM, 1996). Enquanto que a legislação do Estado de São Paulo, Decreto Estadual nº 10.755/1977, dispõe sobre o enquadramento dos cursos de água situados na parte paulista da bacia do rio Paraíba do Sul (SÃO PAULO, 1977).

Salienta-se que, conforme estabelece o artigo 42 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e no artigo 37 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1/2008, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais foram melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

3.5 Análise de dados de monitoramento através de técnicas estatísticas multivariadas

Em muitos países em desenvolvimento, a maioria das redes de monitoramento apresenta deficiências em termos de fornecimento de informações necessárias para o gerenciamento integrado das bacias hidrográficas (PARK, 2006). A avaliação dos dados de monitoramentos, na maioria das vezes, se restringe apenas à análise dos parâmetros individualmente, com comparações dos resultados com os padrões legais.

Existem vários estudos que confirmam a utilidade dos tratamentos estatísticos multivariados na análise de grandes e complexos conjuntos de dados, visando o controle das fontes de poluição e o planejamento de redes de monitoramento eficientes para a gestão dos recursos hídricos (TRINDADE, 2013). As técnicas estatísticas multivariadas e a análise exploratória de dados são ferramentas apropriadas para uma redução significativa das medidas físico-químicas, permitindo a análise e interpretação desses complexos conjuntos de dados de qualidade de água e a compreensão das variações temporais e espaciais (SINGH *et al.*, 2004; ZHOU *et al.*, 2007; KOKLU *et al.*, 2010).

Nesse intuito, esses métodos têm sido empregados em variadas situações, com grande sucesso no apoio da gestão ambiental, principalmente, dos monitoramento da qualidade das águas superficiais (LIAO *et al.*, 2008; NONATO *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2011). Simenov *et al.* (2004) aplicaram diferentes análises estatísticas multivariadas para consolidar e avaliar uma série histórica de três anos de monitoramento das águas superficiais no norte da Grécia, englobando os principais rios, seus tributários e alguns córregos. Calazans (2015) utilizou as ferramentas de análises multivariadas para propor uma adequação das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas do rio das Velhas e do rio Paraopeba, com obtenção de resultados eficientes para orientação de alterações nos pontos, parâmetros e frequência de monitoramento.

Destacam-se dentre as técnicas estatísticas multivariadas a Análise de Cluster (AC), Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Discriminante (AD), por serem mais empregadas na avaliação de dados.

A Análise de Cluster (AC), também conhecida como Análise de Agrupamento, agrupa objetos (casos) em classes (clusters) com base nas similaridades dentro da classe e dissimilaridades

entre as diferentes classes. O agrupamento hierárquico é a abordagem mais comum, na qual os clusters são formados sequencialmente, começando com o par mais similar de objetos e formando clusters maiores, passo por passo, até que se tenha apenas um cluster (SINGH *et al.*, 2004). Os dendogramas formados permitem visualizar os agrupamentos de pontos com similaridade, com características físicas e químicas semelhantes, podendo ser utilizados para determinação da exclusão de estações equivalentes (BU *et al.*, 2010; CHRISTOFARO, 2009).

Diante do conhecimento prévio dos membros de um cluster particular, a Análise Discriminante (AD) pode ser aplicada para fornecer a classificação estatística das amostras. Essa técnica multivariada ajuda a agrupar amostras que possuem propriedades comuns (SINGH *et al.*, 2004), e possibilita a construção de uma função discriminante para cada grupo, que pode ser usada para explicar as diferenças entre os grupos (LATTIN *et al.*, 2011). As possíveis interferências do uso e ocupação do solo na qualidade das águas da bacia do Gama-DF foram estudadas por Moura *et al.* (2010) por meio da aplicação de técnicas multivariadas, sendo que a Análise Discriminante permitiu o agrupamento de duas condições de qualidade das águas, impactada e não impactada.

A Análise de Componentes Principais (ACP) corresponde a um método para reexpressar os dados multivariados, já que ela permite que o pesquisador reorienta os dados de modo que as primeiras poucas dimensões expliquem o maior número possível de informações disponíveis (LATTIN *et al.*, 2011). A ACP possibilita, ainda, identificar os parâmetros mais significativos para a formação dos agrupamentos na AC. Objetivando a identificação de grupos de poluição no médio Rio Pomba representados pelos fatores comuns e independentes, a Análise de Componentes Principais foi empregada por Guedes *et al.* (2012), e permitiu a seleção de três componentes indicadores relacionados aos nutrientes (influência de fontes de poluição difusa, como drenagem das áreas agrícolas e esgoto doméstico), aos orgânicos (indicativo de lançamento de esgotos domésticos *in natura* no curso de água) e aos sólidos (representando o processo de erosão hídrica). Essa análise também foi aplicada por Zaiber *et al.* (2012) em estudos de avaliação da qualidade das águas subterrâneas na região costeira da Ilha Sul de Nova Zelândia, cujos resultados do tratamento estatístico dos dados hidroquímicos demonstraram as interações naturais de água e rocha, mecanismos de recarga e influências antrópicas.

No Quadro 3.2 podem ser observados os diversos estudos utilizando técnicas multivariadas realizados no âmbito do Programa de Pós- Graduação de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH), no intuito de avaliar complexos bancos de dados de redes de monitoramento.

Quadro 3.2: Trabalhos de avaliação de banco de dados de redes de monitoramento da qualidade das águas, realizados no âmbito do programa SMARH, empregando técnicas multivariadas.

Referências	Objetivo do estudo	Ferramentas utilizadas
Almeida, 2013	Avaliar a distribuição espacial da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais do rio das Velhas (MG)	Análise de Cluster
Trindade, 2013	Analisar, por meio de técnicas estatísticas, os dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio São Francisco para identificação e avaliação espaço-temporal da sub-bacia mais impactada	Análises de Cluster, Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial
Souza, 2013	Caracterizar aspectos hidrodinâmicos e avaliar a qualidade das águas do aquífero Bambuí na porção mineira das sub-bacias do rio Verde Grande – UPGRH SF10 – e dos rios Jequitáí e Pacuí – UPGRH SF6.	Análises de Cluster e Análise Fatorial
Calazans, 2015	Avaliar e propor uma adequação das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas do rio das Velhas e do rio Paraopeba, utilizando técnicas estatísticas multivariadas	Análises de Cluster, Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial
Barbosa, 2015	Avaliar a qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Paracatu, inserida na bacia do rio São Francisco, em função do uso e ocupação do solo	Análises de Cluster e Análise de Componentes Principais

3.6 Área de estudo

A bacia do rio Paraíba do Sul está localizada na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, entre as latitudes 20°26' e 23°00' e longitudes 41°00' e 46°30'. Apresenta uma forma alongada, com comprimento três vezes maior que sua largura, sendo limitada ao Norte pelas bacias dos rios Grande e Doce e pelas Serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo (AGEVAP, 2013b).

O rio Paraíba do Sul é formado pela união dos rios Paraibuna e Paraitinga, na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, a 1.800 m de altitude, e o seu comprimento de 1.120 km, drena também parte dos territórios de Minas Gerais e Rio de Janeiro, desaguando no norte fluminense, no município de São João da Barra. A bacia constitui-se de importantes afluentes em que se destacam os rios Paraibuna mineiro, Pomba e Muriaé. Na margem direita os afluentes mais representativos são os rios Piraí, Piabanha e Dois Rios. Além dos importantes afluentes acima relacionados constam, atualmente, cadastrados na Agência Nacional de Águas - ANA, cerca de 90 cursos de água de domínio federal e 180 de domínio estadual (CASTRO, 2008).

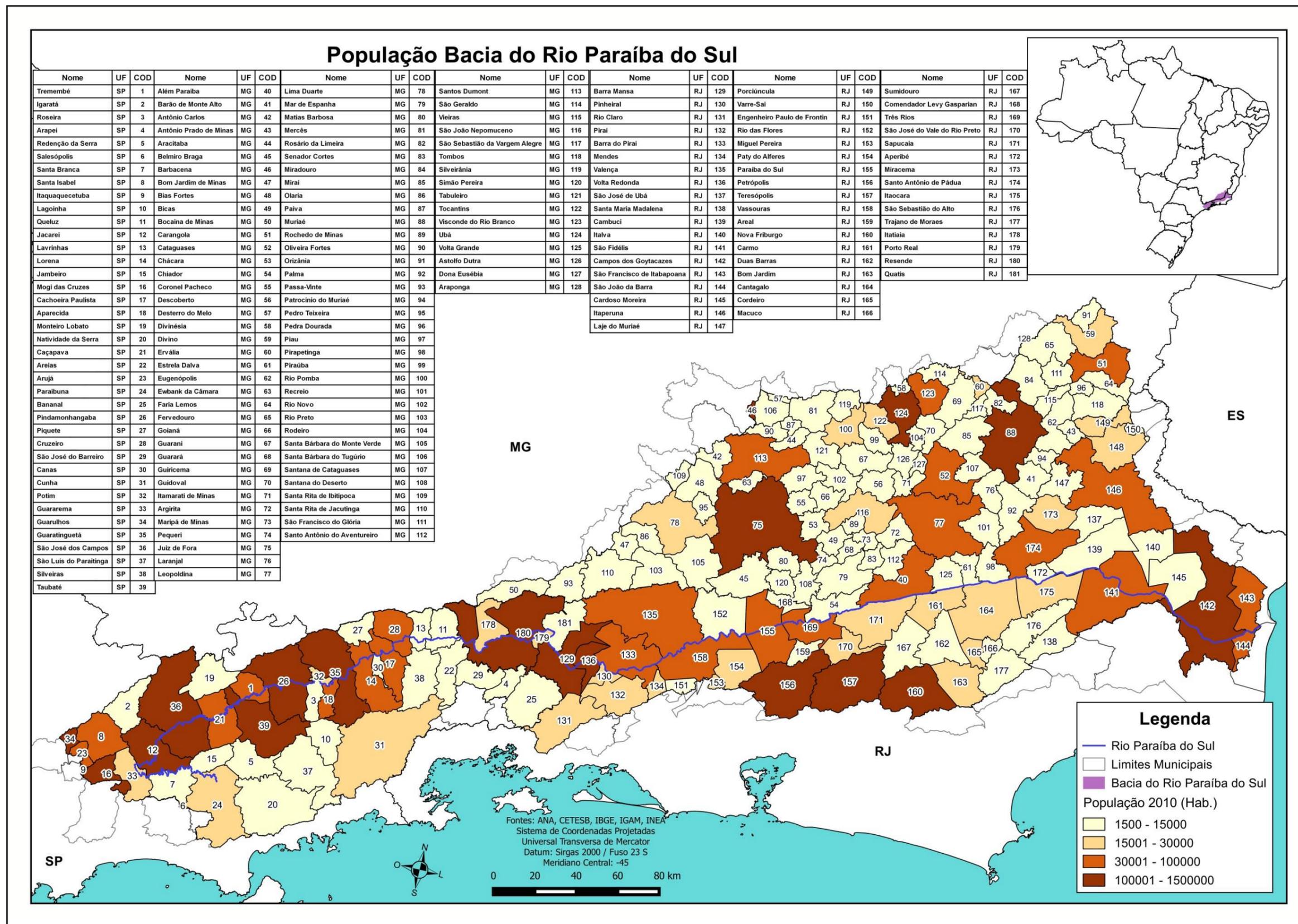
Inicialmente a bacia abrangia 180 municípios, contudo, em outubro de 2008, através do Decreto Federal nº 6.591, houve incremento da área da bacia que passou a abranger 184 municípios, sendo 39 localizados no estado de São Paulo, 57 no Rio de Janeiro e 88 em Minas Gerais, com territórios totais ou parcialmente inseridos nos limites da bacia. Posteriormente, com o Decreto nº 6.591, a área de abrangência dos Comitês da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul foi ampliada para 61.594 km², estendendo-se pelos estados de São Paulo (13.944 km²), Rio de Janeiro (26.926 km²) e Minas Gerais (20.732 km²). A área da bacia corresponde a cerca de 0,7% da área do país e, aproximadamente, a 6% da região sudeste. No Rio de Janeiro, a bacia abrange 62% da área total do Estado; em São Paulo, 6% e, em Minas Gerais apenas 4%.

De acordo com o último Censo Demográfico (IBGE, 2010), a população total residente nos municípios que fazem parte da bacia é majoritariamente urbana, seguindo o mesmo padrão de outras regiões brasileiras. Cerca de 6,5 milhões de pessoas vivem na bacia do rio Paraíba do Sul, que abrange 184 municípios, sendo 171 sedes urbanas dentro dos limites desta bacia (Figura 3.1). O conjunto de municípios mineiros tem a menor proporção de população urbana (88%), seguido pelos conjuntos de municípios paulistas (96%) e fluminenses (97%). Em geral, a ocupação urbana é também majoritariamente concentrada nas cidades-sedes dos municípios (AGEVAP, 2013c).

A maior parte da população e das atividades econômicas na bacia do Paraíba do Sul está concentrada nas formas de uso urbano e industrial. O eixo principal de ocupação e crescimento urbano e industrial é a rodovia Nova Dutra (Rio – São Paulo), ao longo da qual se encontram as principais cidades dos trechos paulista e fluminense. A BR-040 representa

outro eixo importante de ocupação, ligando os trechos fluminense e mineiro, e uma densa malha de rodovias estaduais permite acesso fácil às inúmeras cidades da bacia (AGEVAP, 2011).

Figura 3.1: Censo Demográfico (IBGE 2010) na bacia do rio Paraíba do Sul.



A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul destaca-se pela importância no cenário federal por estar localizada em uma das regiões mais desenvolvidas do país, onde encontram-se os maiores polos industriais e populacionais. A efetiva ocupação da Zona da Mata iniciou-se no primeiro quarto do século XIX com a introdução da cafeicultura na bacia mineira do Paraíba do Sul. Trata-se de território quase completamente antrópico, com a Mata Atlântica original restrita a parques e reservas florestais, a exemplo das Serras do Mar e da Mantiqueira, e das Unidades de Conservação de importância nacional, como os Parques Nacionais de Itatiaia, da Bocaina e da Serra dos Órgãos, e internacional, como a Reserva da Biosfera.

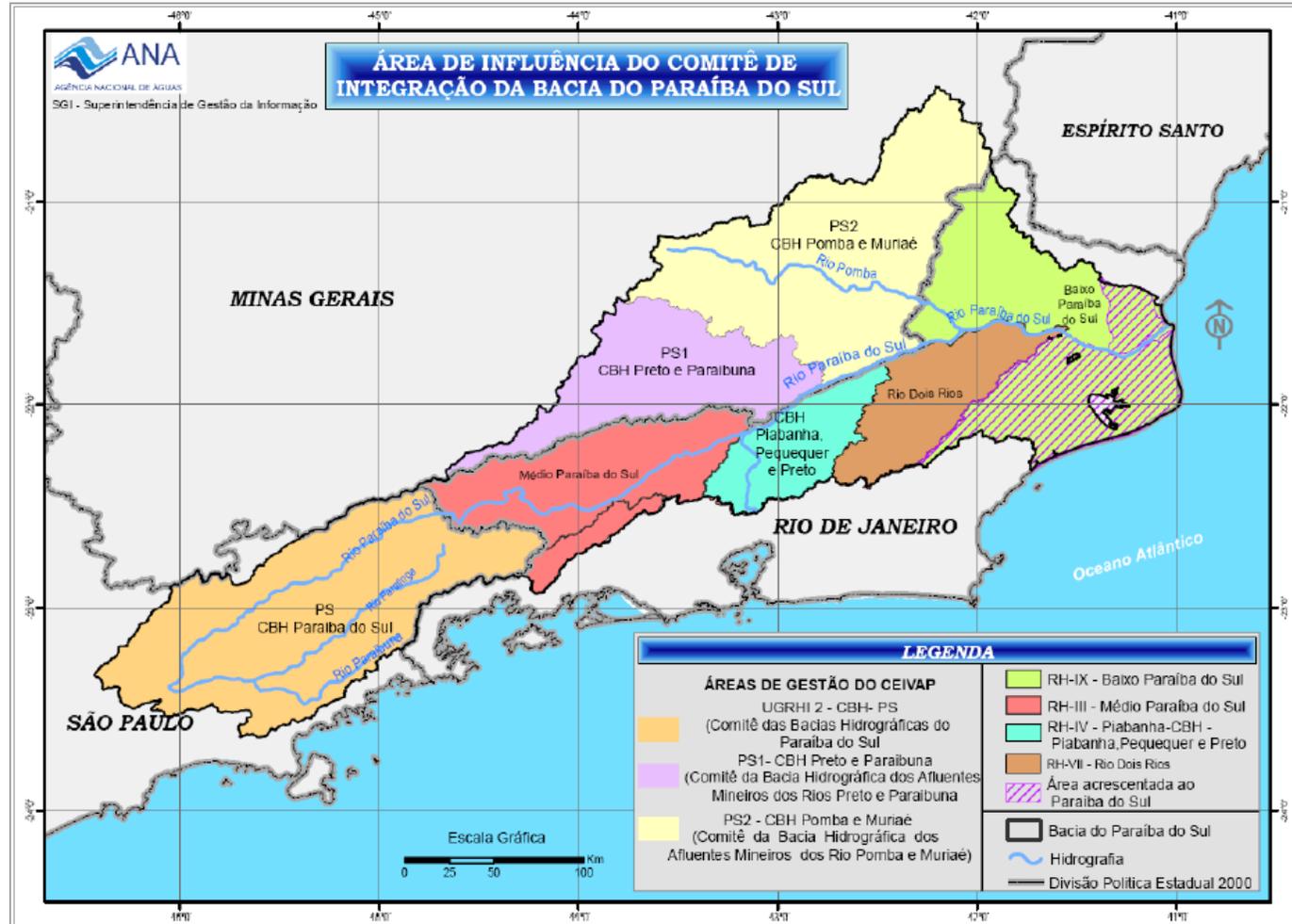
Em relação ao clima da bacia, predomina o clima subtropical quente e úmido, com variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos. Os índices pluviométricos são mais elevados nas regiões do Maciço do Itatiaia e da Serra do Mar, com precipitação anual superiores a 2.000 mm. Os volumes são menores nos trechos médio (entre os municípios de Vassouras e Cantagalo) e baixo da bacia (regiões norte e noroeste fluminense), com precipitação anual entre 1.000 mm e 1.250 mm.

Como apresentado no relatório Síntese do Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul (ANA, 2002), no histórico do planejamento e gerenciamento da bacia do rio Paraíba do Sul a primeira iniciativa de alcance interestadual foi a criação do Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEEIVAP), em 1978, pela Portaria Interministerial nº 90 dos ministérios das Minas e Energia e do Interior. Contudo, a falta de apoio político impediu a implementação de medidas propostas para recuperação da bacia. Outros projetos de auxílio à gestão na bacia apresentaram grande relevância, com destaque para o Projeto Paraíba do Sul (Cooperação Brasil-França), o Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica (PQA) e o Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul (PPG).

Atualmente o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) é o parlamento no qual ocorrem os debates e decisões descentralizadas sobre as questões relacionadas aos usos múltiplos das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, inclusive a decisão pela cobrança pelo uso da água na bacia. O Comitê é constituído por representantes dos poderes públicos, dos usuários e de organizações sociais com importante atuação para a conservação, preservação e recuperação da qualidade das águas da bacia.

A bacia é dividida em sete Áreas de Gestão/Sub-bacias, sendo uma em São Paulo (Alto Paraíba do Sul), quatro no Rio de Janeiro (Médio Paraíba do Sul, Piabanha, Rio Dois Rios e Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana) e duas em Minas Gerais (Rios Preto e Paraibuna e Rios Pomba e Muriaé). Na Figura 3.2 é apresentado o mapa com a delimitação das áreas de gestão. Os órgão gestores dos recursos hídricos são a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (SP), o Instituto Estadual do Meio Ambiente - INEA (RJ) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM (MG).

Figura 3.2: Divisão da bacia do rio Paraíba do Sul em áreas de gestão.



Fonte: AGEVAP, 2013e.

De acordo com o Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil 2012 (ANA, 2012), na região do Vale do Paraíba a extração de areia é uma atividade bastante explorada, com maioria das cavas localizadas em áreas ilegais. A bacia do rio Muriaé possui potencial para a atividade de mineração, principalmente direcionada à construção civil, na qual as atividades de extração de areia, rocha ornamental e extração de calcário são as principais atividades minerárias desenvolvidas na região fluminense da bacia, sendo a de areia concentrada, principalmente, na calha do rio Muriaé (EMBRAPA, 2005).

O Vale do Paraíba é uma área altamente industrializada, com a presença de grandes indústrias, com destaque para os municípios de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro. Ao longo da rodovia BR 116, que liga o Rio de Janeiro a São Paulo, localizam-se grandes montadoras de automóveis, indústrias siderúrgicas e químicas. O médio Paraíba consolida-se como importante polo da indústria automobilística nacional e a metalurgia tende a crescer muito na região de Barra Mansa. Em território paulista, em municípios como Jacareí, São José dos Campos e Caçapava, a bacia do Paraíba do Sul também concentra expressiva atividade industrial, destacando-se o setor automobilístico, aeronáutico, químico, de papel e celulose, metal-mecânico, e outros, com consequências sobre a qualidade da água do Paraíba do Sul (SÃO PAULO, 2007).

A pecuária é mais intensa na região do Baixo Paraíba do Sul, que pode ser associada à degradação dos solos, com efeitos na qualidade da água dos corpos hídricos que drenam as áreas de pastagens. O impacto da atividade na qualidade das águas decorre principalmente da exposição e pisoteamento do solo e dos processos erosivos associados, sobretudo nas matas ciliares que compõem áreas de preservação permanentes, além do aporte de sedimentos e nutrientes para os corpos hídricos, intensificado pela erosão, juntamente com os dejetos gerados pelos rebanhos, comprometem a qualidade da água dos rios que percorrem as áreas de pastos (BRASIL, 2006).

Em termos dos usos da água, a bacia caracteriza-se por apresentar conflitos de usos múltiplos e pelo peculiar desvio das águas com a finalidade de geração de energia e abastecimento humano e industrial, o que torna o curso principal marcado por sucessivas represas, tendo ainda a finalidade de utilização para diluição de esgotos e irrigação (ANA, 2002). Em razão disso, o rio encontra-se hoje em estado ecológico crítico, com margens assoreadas e 40% da sua vazão desviada para o Rio Guandu (IGAM, 2010). A demanda total de água na bacia para

uso consuntivo é de 72,68m³/s, sendo 19,20 m³/s (26,4%) para abastecimento humano; 18,15 m³/s (25,0%) para indústria; 29,78 m³/s (41,0%) para irrigação; 3,01 m³/s (4,1%) para mineração; 2,06 m³/s (2,8%) para pecuária e 0,48 m³/s (0,7%) para unidades termoeletricas (AGEVAP, 2013b).

De acordo com os estudos desenvolvidos pelo Associação pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP, 2014) foram diagnosticadas que as principais fontes de poluição pontuais e difusas na bacia correspondem às cargas orgânicas pelo lançamento de esgotos sanitários, chorume produzido nos aterros, ao aporte de nutrientes, e às indústrias. A situação de degradação é muito crítica tendo em visto que a maioria dos municípios da bacia não apresentam estações de tratamento de esgotos, e resulta na geração de cerca de 86% da carga poluidora de origem orgânica, DBO, nutrientes e coliformes termotolerantes, lançada nos cursos de água (IGAM, 2009).

Libânio *et al.* (2005) reforçou o importante esforço para reversão do quadro de poluição hídrica, através da implementação do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES), pela ANA. O Programa ficou também conhecido como Programa “Compra de Esgoto Tratado” devido à sua concepção inovadora, na qual é focado o resultado do tratamento de esgotos sanitários, condicionando-se a liberação de recursos ao cumprimento de metas de abatimento de poluição. Investimentos foram destinados para a bacia do rio Paraíba do Sul para realização de melhorias em estações de tratamento existentes, contudo, corresponderam a uma pequena parcela das deficiências da bacia.

Outras contribuições estão relacionadas aos efluentes industriais, assim como às influências das cargas difusas, principalmente, das áreas plantadas e de campos e pastagens com carreamento de compostos nitrogenados e fósforo no período chuvoso. Estudos envolvendo a avaliação de cargas associada à vazão dos cursos de águas têm sido desenvolvidos na bacia. No Diagnóstico Integrado e Contextualizado dos Recursos Hídricos - AGEVAP (2013b e 2014) o balanço qualitativo foi utilizado para identificar locais com disponibilidade hídrica insuficiente para atender à diluição de cargas de esgoto, através de algoritmo do Balanço Hídrico Quantitativo e do cálculo das vazões.

Além da sobrecarga de efluentes lançados, várias outras interferências denotam impactos na qualidade das águas, tais como: a disposição inadequada de resíduos sólidos; desmatamento indiscriminado com a conseqüente erosão que acarreta o assoreamento dos rios, agravando o

quadro das enchentes; remoção de recursos minerais para a construção civil sem a devida recuperação ambiental; uso indevido e não controlado de agrotóxicos; extração abusiva de areia; ocupação desordenada do solo; pesca predatória; entre outros (IGAM, 2010).

Conforme apontado no Relatório Técnico – Bacia do rio Paraíba do Sul – Subsídio às ações de melhoria da gestão (AGEVAP, 2011) a bacia apresenta diversos conflitos pelo uso da água. No municípios de Campos dos Goytacazes, no passado as águas acumuladas no período de chuvas eram conduzidas para o oceano por meio de canais interligados. Contudo, com a redução da disponibilidade de água nos período de seca, desencadearam o desejo pela mudança da gestão dos recursos hídricos pelos proprietários de lavouras de manterem elevado o nível das águas para aumentar a produtividade das áreas cultivadas. Há também o conflito entre irrigantes e prefeituras e outros usuários, decorrente do uso intensivo de defensivos agrícolas a montante da tomada de água, prejudicando seriamente o abastecimento de água do município, bem com do uso da água por irrigantes além dos que foi outorgado.

Outro relevante conflito decorre da transposição das águas da bacia, com a alteração do regime de recursos hídricos, principalmente, para atendimento da demanda para abastecimento humano da região da macrometrópole paulista. Embora a discussão seja recente e tenha causado tanta comoção e mobilização na bacia do Paraíba do Sul, sobretudo pelos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, estudos sobre essa transposição remontam à década de 40 (AGEVAP, 2011).

Conforme acordo estabelecido entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, intermediado pela Agência Nacional de Águas (ANA), foi homologado no início de dezembro de 2015, novas regras de operação do Sistema Hidráulico da bacia. Os termos do acordo constam da Resolução Conjunta 1.382, de 7 de dezembro de 2015, editada pela ANA, pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), de São Paulo, pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) e pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), do Rio de Janeiro. A nova resolução compatibiliza os atuais usos da bacia, como saneamento e produção de energia, com usos futuros, como a ampliação da Estação de Tratamento do Guandu e a interligação entre os reservatórios Jaguari, na bacia do Paraíba do Sul, e Atibainha, no Sistema Cantareira (ANA, 2015b).

4 METODOLOGIA

4.1 Rede de monitoramento da bacia do rio Paraíba do Sul

O monitoramento sistemático da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul incluiu variáveis físico-químicas e biológicas, sendo realizado pela CETESB, no Estado de São Paulo, pelo IGAM, em Minas Gerais e pelo INEA, no estado do Rio de Janeiro.

A CETESB opera sistematicamente, desde 1979, uma rede de monitoramento no alto da bacia que, atualmente, contempla 23 estações de amostragem, em sua maioria, localizadas na calha principal do rio Paraíba do Sul, nos seus formadores, os rios Paraibuna e Paratinga, e nos seus afluentes direitos, os rios Jaguari, Una e Guaratinguetá. Em Minas Gerais, a rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais em operação pelo IGAM teve início em 1997 e é composta por 44 estações de amostragem, distribuídas no estirão do rio Paraíba do Sul, e nos rios Paraibuna, Peixe, Preto, Cágado, Angu e Pirapetinga. Ademais, na rede operada pelo INEA desde 1980 são contempladas amostragens em 37 pontos, implantados na calha do rio Paraíba do Sul, do trecho médio a baixo da bacia, e nos afluentes córrego Água Branca e rios Paraibuna, Bananal, Piabanha. No Quadro 4.1 são apresentadas as estações de amostragem dos três órgãos ambientais, considerando ainda a divisão da bacia por área de gestão/sub-bacia.

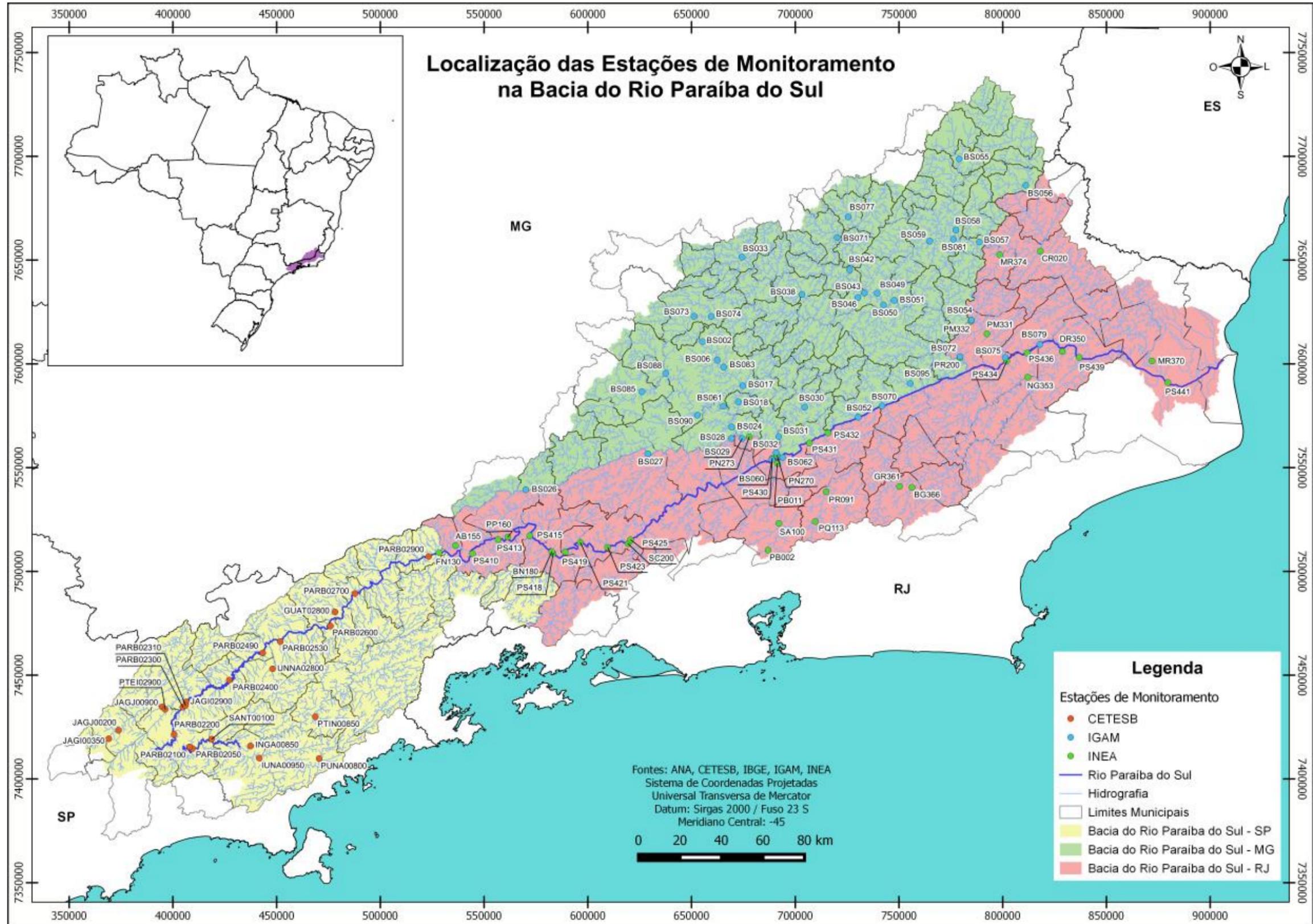
No Quadro I.1, Quadro I.2 e Quadro I.3 do Apêndice I são apresentadas as informações de localização, coordenadas geográficas, classes de enquadramento das estações de amostragem, bem como as legislações que estabeleceram as classes de enquadramento, por órgão ambiental. Na Figura 4.1 encontram-se espacializadas as estações de monitoramento.

Ao longo dos anos de operação das redes de monitoramento houve expressiva melhoria na aplicação dos instrumentos de controle da poluição, o que pode ter refletido em um processo gradativo de recuperação ambiental. Além disso, as redes sofreram mudanças da periodicidade de amostragem e alterações na lista de ensaios realizados, visando ao aprimoramento dos estudos e à atender à Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que revogou a Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Dentre as mudanças destaca-se que foram incluídos e alterados parâmetros, condições e padrões de qualidade das águas, com flexibilização e restrição de limites.

Quadro 4.1: Estações de monitoramento da qualidade das águas por Área de Gestão/Sub-bacia.

Órgão Gestor	Área de Gestão	Estações de Monitoramento
CETESB	UGRHI 2 – SP Alto Paraíba do Sul	PUNA00800, IUNA00950, PTIN00850, INGA00850, SANT00100, PARB02050, PARB02100, PARB02200, PARB02300, PARB02310, JAGI00350, JAGJ00200, JAGJ00900, PTEI02900, JAGI02900, PARB02400, PARB02490, UNNA02800, PARB02530, GUAT02800, PARB02600, PARB02700, PARB02900
IGAM	PS1 – MG Rios Preto e Paraibuna	BS060, BS002, BS006, BS083, BS017, BS018, BS085, BS088, BS090, BS061, BS024, BS026, BS027, BS028, BS029, BS030, BS031, BS032, BS062, BS052
	PS2 – MG Rios Pomba e Muriaé	BS070, BS095, BS072, BS075, BS033, BS038, BS077, BS071, BS042, BS043, BS074, BS073, BS046, BS049, BS050, BS051, BS054, BS079, BS059, BS081, BS055, BS058, BS057, BS056
INEA	RH III – RJ Médio Paraíba do Sul	FN130, PS410, AB155, PS413, PP160, PS415, BN180, PS418, PS419, PS421, PS423, SC200, PS425, PS430, PN273, PN270
	RH IV – RJ Piabanha	PB002, SA100, PR091, PQ113, PB011, PS431, PS432
INEA	RH VII – RJ Rios Dois Rios	GR361, BG366, NG353, DR350
	RH IX – RJ Baixo Paraíba do Sul	PR200, PS434, PM332, PM331, PS436, PS439, MR374, CR020, MR370, PS441

Figura 4.1: Mapa de localização das estações de monitoramento – Bacia do rio Paraíba do Sul.



Conforme apresentado no Quadro 4.2, atualmente a CETESB tem monitorado 37 variáveis principais que são analisadas em mais que 70% dos pontos de monitoramento do estado de São Paulo, e 25 parâmetros adicionais, que ocorrem em menos que 70% dos pontos. Relativamente ao IGAM (Quadro 4.3), nas coletas do primeiro e terceiro trimestres de cada ano é realizada uma caracterização completa em todas as estações, incluindo 52 parâmetros. No segundo e quarto trimestres as campanhas são intituladas intermediárias e compreendem a caracterização, em todos os pontos, de 31 parâmetros, incluindo variáveis específicas vinculadas aos impactos potenciais na qualidade das águas provenientes das atividades desenvolvidas nas respectivas áreas de contribuição. Quanto ao atual rol de parâmetros do INEA (Quadro 4.4), com frequência mensal, para os pontos da calha principal, e trimestral, para os afluentes, são avaliados 16 parâmetros, sendo na frequência semestral 16 parâmetros de análise, e ainda compostos orgânicos.

Quadro 4.2: Parâmetros analisados nas águas superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul – CETESB.

Grupo	Principais Variáveis	Variáveis Adicionais
Físicos	Condutividade elétrica, Sólidos dissolvidos totais, Sólidos total, Temperatura da água, Temperatura do ar, Turbidez	Cor verdadeira, Salinidade, Transparência, Vazão
Químicos	Alumínio dissolvido, Alumínio total, Bário total, Cádmio total, Carbono orgânico total, Chumbo total, Cloreto total, Cobre dissolvido, Cobre total, Cromo total, DBO, Ferro dissolvido, Ferro total, Fósforo total, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Nitrogênio amoniacal total, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrato, Nitrito, Oxigênio dissolvido, pH, Potássio, Sódio, Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno, Zinco total	Alcalinidade total, Arsênio total, Boro total, Cafeína, Carbono Orgânico dissolvido, Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (Semi-COVs), DQO, Dureza, Fenóis totais, Fluoreto total, Herbicidas, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Microcistinas, Pesticidas Organofosforados, Potencial de Formação de THM
Hidrobiológicos	Clorofila <i>a</i> e Feofitina <i>a</i>	Comunidade Fitoplanctônica
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i>	<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>
Ecotoxicológicos	Ensaio de Toxicidade Crônica com o microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio de Toxicidade Aguda com a bactéria luminescente - <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox Ensaio de Mutação Reversa (Teste de Ames)
Bioanalíticos	-	Atividade Estrogênica por BLYES

Fonte: CETESB, 2015

Quadro 4.3: Parâmetros analisados nas águas Superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul – IGAM.

Campanha	Variáveis
Completa	Alcalinidade de bicarbonato, Alcalinidade total, Alumínio dissolvido, Arsênio total, Bário total, Boro total, Cádmio total, Cálcio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cloreto total, Clorofila <i>a</i> , Cobre dissolvido, Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i> , Coliformes totais, Condutividade elétrica, Cor verdadeira, Cromo total, DBO, DQO, Dureza de cálcio, Dureza de magnésio, Estreptococos fecais, Fenóis totais, Feofitina <i>a</i> , Ferro dissolvido, Fósforo total, Magnésio total, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio amoniacal total, Nitrogênio orgânico, Óleos e Graxas, Oxigênio dissolvido, pH, Potássio dissolvido, Selênio total, Sódio dissolvido, Sólidos dissolvidos totais, Sólidos em suspensão totais, Sólidos totais, Substâncias tensoativas, Sulfato total, Sulfeto (H ₂ S não dissociado), Temperatura da água, Temperatura do ar, Turbidez, Zinco total, Ensaio Ecotoxicológico
Intermediária	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cloreto total, Clorofila <i>a</i> , Cobre dissolvido, Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i> , Coliformes totais, Condutividade elétrica, Cor verdadeira, DBO, DQO, Fenóis totais, Feofitina <i>a</i> , Ferro dissolvido, Fósforo total, Manganês total, Nitrato, Nitrogênio amoniacal total, Óleos e graxas, Oxigênio dissolvido, pH, Sólidos em suspensão totais, Sólidos totais, Substância tensoativas, Sulfeto, Temperatura da água, Temperatura do ar, Turbidez, Zinco total

Fonte: IGAM, 2015

Quadro 4.4: Parâmetros analisados nas águas Superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul – INEA.

Variáveis	Frequência
Coliformes termotolerantes, Condutividade elétrica, DBO, Fitoplâncton, Fósforo total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio amoniacal total, Oxigênio dissolvido, pH, Sólidos dissolvidos totais, Sólidos em suspensão totais, Sólidos total, Temperatura da água, Temperatura do ar, Turbidez	Trimestral Mensal
Alumínio dissolvido, Alumínio total, Arsênio total, Bifenilos policlorados (PCBs), Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cobre total, Cromo total, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Ferro total, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total	Semestral

Fonte: INEA, 2015

Ressalta-se a complexidade de se trabalhar com três bancos de dados de monitoramento, operados por órgão ambientais distintos, cujo conjunto de resultados é bastante abstruso e não se apresenta de forma homogênea, com frequências e rol de parâmetros amostrados distintos entre os estados. Embora o monitoramento do INEA tenha dado início na década de 80, foram disponibilizado pelo órgão gestor apenas os dados a partir de 2005, para 29 variáveis. Assim,

de maneira a compatibilizar os períodos dos conjuntos de dados dos três órgãos ambientais para os tratamentos estatísticos, optou-se por realizar um corte temporal, considerando inicialmente para os tratamentos preliminares o período de 2005 a 2014. A seleção desse período, perfazendo os 10 últimos anos completos de monitoramento, objetivou ainda refletir melhor a qualidade atual dos corpos de água da bacia do rio Paraíba do Sul.

No Quadro 4.5 encontram-se consolidadas as informações dos monitoramentos executados pelos três órgãos ambientais, apontando o período de início das amostragens em cada estado, o número de estações e parâmetros e frequência de análise atual. Ademais, é apresentado o resumo das informações consideradas no presente trabalho. Sendo assim, a série de dados consolidada a ser analisada ficou definida com 104 estações, 27 parâmetros de análise, período de 2005 a 2014, com coletas que variaram entre mensal a semestral.

Salienta-se que a calha do rio Paraíba do Sul divide os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, estando instaladas no médio e baixo trecho da bacia estações da rede de monitoramento do INEA - RJ e do IGAM – MG. Ainda ressalte-se a existência de estações de amostragem do INEA – RJ localizadas na porção mineira da bacia.

Quadro 4.5: Resumo das informações do monitoramento da qualidade das águas pelos órgão gestores na bacia do rio Paraíba do Sul.

		CETESB - SP	IGAM - MG	INEA – RJ
Informações do monitoramento	Início do monitoramento	Jan.1979	Jul.1997	Jan.1980
	Parâmetros de análises	37 Principais 25 Adicionais	52 - Campanha Completa 18 + Variáveis específicas por estação - Campanha Intermediária	31 + Fitoplâncton e Compostos orgânicos
	Frequência	Bimestral	Trimestral	Mensal Trimestral Semestral
	Número de estações	23	44	37
Informações da série de dados analisada	Período de avaliação	Jan.2005 – Dez.2014	Jan.2005 – Dez.2014	Jan.2005 – Dez.2014
	Número de estações	23	44	37
	Parâmetros analisados	27	27	27

Fonte: CETESB, 2015; IGAM, 2015; INEA, 2014.

4.2 Organização, sistematização e análise descritiva dos dados

A primeira etapa deste trabalho consistiu na organização e sistematização dos dados de monitoramento da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, de forma a elaborar um banco de dados para a realização dos tratamentos estatísticos. Os dados secundários, do período de 2005 a 2014, foram organizados em planilhas Excel, separadamente para cada porção da bacia inserida nos três estados, considerando as estações de monitoramento em operação.

A base de dados foi analisada quanto à porcentagem de dados faltantes e quanto ao número de dados válidos para cada parâmetro, em cada estação de monitoramento. Essa análise preliminar visou a conhecer e avaliar a qualidade das informações disponibilizadas pelos órgãos gestores. Para os dados considerados censurados, ou seja, resultados reportados como menores ou maiores que os limites mínimos e máximos de detecção dos métodos analítico do laboratório, foi assumido como o próprio valor do limite de detecção, pois embora exista uma incerteza adotou-se a condição mais conservadora.

Através do método exploratório da amplitude interquartil (NAGHETTINI e PINTO, 2007) foi realizada a avaliação para identificação da presença de *outliers*. Embora esses valores possam contribuir para distorções nos tratamentos estatísticos, a sua exclusão da série de dados é bastante complexa. Uma vez que foram utilizados dados secundários, não é possível realizar qualquer inferência sobre os motivos de ocorrência desses *outliers*, procedendo-se assim com uma análise individualizada de cada valor, associada aos demais parâmetros avaliados na mesma campanha de amostragem.

Os dados foram descritos por meio de análises univariadas, de forma a obter as medidas de tendência central (média, mediana e moda), medidas de dispersão (variância e desvio padrão), medidas de assimetria e curtose, bem como os percentis 10, 25, 75 e 90. De modo a visualizar a tendência central e a variabilidade do conjunto de determinações, bem como permitir a melhor visualização das diferenças entre os conjuntos de pontos de monitoramento, foram elaborados gráficos *Box-Plot*. Para a realização das análises foi utilizado o software *Statistica* 8.0.

Para a realização das análises multivariadas, no intuito de comparar a condição de qualidade das águas das Área de Gestão/Sub-bacia, é necessário que estas unidades a serem avaliadas

apresentem a mesma quantidade de dados. Entretanto, tendo em vista as diferenças das frequências entre as rede de monitoramento, que variaram entre mensal a semestral, e conseqüentemente números de dados bastante diferentes entre as estações, optou-se por realizar o cálculo de medianas trimestrais por Área de Gestão. Esse procedimento de cálculo de medianas para aplicação das análises multivariadas foi utilizado em vários trabalhos, como reportado pelo autores Viola (2008), Christofaro (2009) e Trindade (2013).

Uma vez que os parâmetros apresentam diferentes escalas e unidades de medida, foi realizada a padronização das medianas em escala Z, conforme a Equação 4.1, de modo que o conjunto de medianas ranqueadas apresente média zero e variância um. Knupp (2007) verificou em seus estudos que quando não é realizada a padronização dos dados, as variáveis com valores numéricos mais altos apresentam maior relevância no cálculo do que as variáveis com valores numéricos mais baixos, o que pode apontar para resultados incorretos.

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \quad \text{Equação 4.1}$$

4.3 Identificação dos parâmetros mais relevantes para a qualidade da água da bacia, de acordo com os percentuais de não atendimento aos limites legais

Com o objetivo de verificar o atendimento dos resultados aos padrões legais de enquadramento preconizados pela legislação federal, Resolução CONAMA nº 357/2005, foi realizado o estudo comparativo dos dados da bacia, do período de 2005 a 2014, computando-se para o conjunto de ponto de monitoramento da bacia, e ainda, por trecho da bacia as variáveis com ocorrências de não conformidades e os respectivos percentuais. Gráficos por conjunto de pontos das três redes de monitoramento e por porção da bacia foram elaborados, de maneira a identificar as variáveis mais relevantes em cada estado.

Subsidiadas por relatórios técnicos, foram destacadas as interferências ou características que possam estar influenciando a qualidade das águas superficiais, evidenciadas por meio de indicadores não conformes com os limites legais ou com resultados considerados expressivos e indicando os fatores e agentes potenciais da degradação.

Limitando-se aos parâmetros mais relevantes, aqueles que apresentaram elevados percentuais de não atendimento, realizou-se a avaliação comparativa do número de não conformidades nas estações de monitoramento através do teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*, ao nível de significância de 5%, para verificar se há diferenças significativas ($p < 0,05$), seguido do teste de comparações múltiplas, e condições de qualidade distintas na bacia do rio Paraíba do Sul entre os estados, e entre as estações de monitoramento.

4.4 Verificação do atendimento ao enquadramento da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul

Para verificação das condições de qualidade da bacia relativamente ao enquadramento, foi realizado um estudo comparativo da conformidade dos dados com os padrões legais preconizados pelas legislações supracitadas. Para o conjunto de parâmetros mais relevantes, considerados mais representativos da degradação da qualidade das águas da bacia, foram elaborados diagramas que permitem identificar, por estação de amostragem, a compatibilidade dos resultados de qualidade frente às classes de enquadramento.

Os diagramas unifilares correspondem a uma representação esquemática do ordenamento das estações de monitoramento nos cursos de água avaliados, desde a estação mais próxima da nascente até o exutório do rio e/ou bacia de estudo (MARCUIZZO, 2015). Por meio dos diagramas os cursos de água foram representados por setas, as quais tiveram cores atribuídas conforme as classes de enquadramento, sendo que os trechos enquadrados como classe 1, classe 2 e classe 3 foram coloridos nas cores verde, laranja e vermelho, respectivamente.

Os resultados de monitoramento, do período de 2005 a 2014, foram avaliados comparativamente aos padrões de qualidade para as classes de enquadramento e obtidos os percentuais de não conformidade por estação de amostragem. Foram estabelecidas faixas de valores para os percentuais de não atendimento, as quais caracterizam o cumprimento das classes de qualidade das águas definidas pelo enquadramento. As estações que apresentaram percentuais $< 25\%$, condição em que a maioria ou a totalidade das medições em cada estação atende aos padrões de enquadramento, receberam a cor azul. Para as estações com medições que frequentemente estão em desacordo com os padrões de enquadramento, não conformidades entre $\geq 25\%$ e $< 75\%$, foram atribuídas a cor rosa. As estações que apresentaram não conformidades $\geq 75\%$ das medições foram marcadas na cor marrom.

Com o objetivo de identificar as potenciais fontes de poluição e degradação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, foi utilizada a lista de usuários que fazem parte do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH. Esse levantamento foi obtido no relatório Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos complementar ao Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes (AGEVAP, 2013d), onde estão registrados 178 cadastros de usuários para lançamento de efluentes. Os registros foram analisados qualitativamente, sendo consistido por grupo de atividade baseado na listagem da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004. Em função da ausência da informação da tipologia no cadastro, a deliberação foi utilizada de modo a indicar em que grupo de atividade principal o empreendimento se enquadra. Os pontos de lançamentos foram espacializados em mapas por estado, juntamente com as estações de monitoramento, de modo a permitir a identificação das potenciais fontes poluidoras ou degradadoras a montante dos locais de amostragem das águas.

4.5 Avaliação espacial do Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* - NSF, dos Estados Unidos, em 1970, sendo um índice amplamente utilizado no Brasil na gestão dos recursos hídricos. O IQA varia de 0 a 100 e quanto menor seu valor, pior a qualidade da água relacionada à degradação por despejos orgânicos e microbiológicos, sólidos e nutrientes.

Originalmente, compreende os seguintes nove parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fosfato total, nitrato, temperatura, turbidez e sólidos totais, os quais são utilizados para o cálculo dos índices do IGAM e do INEA. Em 1975, este índice foi adaptado pela CETESB, incluindo os parâmetros fósforo total e nitrogênio total em substituição ao fosfato total e nitrato, respectivamente. A classificação de qualidade de água proposta pela CETESB apresenta-se mais abrangente para todas as classificações da água em relação à classificação utilizada pelo IGAM e pelo INEA. O IQA reflete os impactos dos esgotos domésticos nas águas, incluindo os parâmetros mais característicos desses efluentes.

A base de dados utilizada incluiu as séries históricas de IQAs calculados e disponibilizados pelos órgãos gestores, considerando os dados de monitoramento da qualidade das águas das

redes básicas, obtidos entre 1979 a 2014, em 23 estações pertencentes à rede de monitoramento da CETESB, entre 1997 a 2014 em 44 estações da rede de monitoramento do IGAM, e entre 2012 a 2014 para as 37 estações do INEA. Contudo, de maneira a minimizar os efeitos das diferenças de números de registros entre as séries de dados das redes de monitoramento, foi realizado um corte temporal, sendo considerados na avaliação os índices obtidos no período entre 2012 a 2014, os quais foram organizados, tratados e apresentados em forma gráfica e em tabelas, para verificar a tendência espacial dos dados. No total foram obtidos 5430 registros de índices calculados trimestralmente.

Foi realizada a avaliação comparativa dos valores de IQA observados nas sub-bacias através do teste de *Kruskal-Wallis*. Duas abordagens distintas foram consideradas: a comparação dos dados por trecho da bacia em cada estado, e a comparação dos pontos dentro das sub-bacias. Seguindo o teste de *Kruskal-Wallis*, seguido do teste de comparações múltiplas, ao nível de significância de 5%, quando os resultados mostraram diferença significativa dos valores de IQA ($p < 0,05$), foi considerada a existência de condições de qualidade diferentes na bacia do rio Paraíba do Sul entre os estados, e entre as estações de monitoramento.

De modo a visualizar a tendência central e a variabilidade do conjunto de determinações, bem como permitir a melhor visualização das diferenças entre os pontos de monitoramento, foram elaborados gráficos tipo *Box-Plot* com os valores de IQA, para cada ponto de monitoramento, identificando a mediana, os registros máximo e mínimo e os quartis inferior (percentil 25%) e superior (percentil 75%).

4.6 Avaliação espacial da qualidade das águas

O objetivo desta etapa de avaliação consiste na verificação das variações espaciais na bacia do rio Paraíba do Sul, em função da qualidade da água das diferentes estações de monitoramento. Foi aplicado para as Área de Gestão/Sub-bacias um método estatístico multivariado, a Análise de Agrupamento – Análise de Cluster (AC), considerando o método aglomerativo hierárquico, de ligação completa, e a distância euclidiana.

Do rol completo de variáveis, foram selecionados os parâmetros que apresentaram percentual inferior a 60% de dados faltantes em pelo menos uma das três redes de monitoramento, considerando que mais da metade das campanhas apresentam resultados (TRINDADE, 2013), quais sejam: coliformes termotolerantes/*E. coli*, condutividade elétrica, DBO, fósforo total,

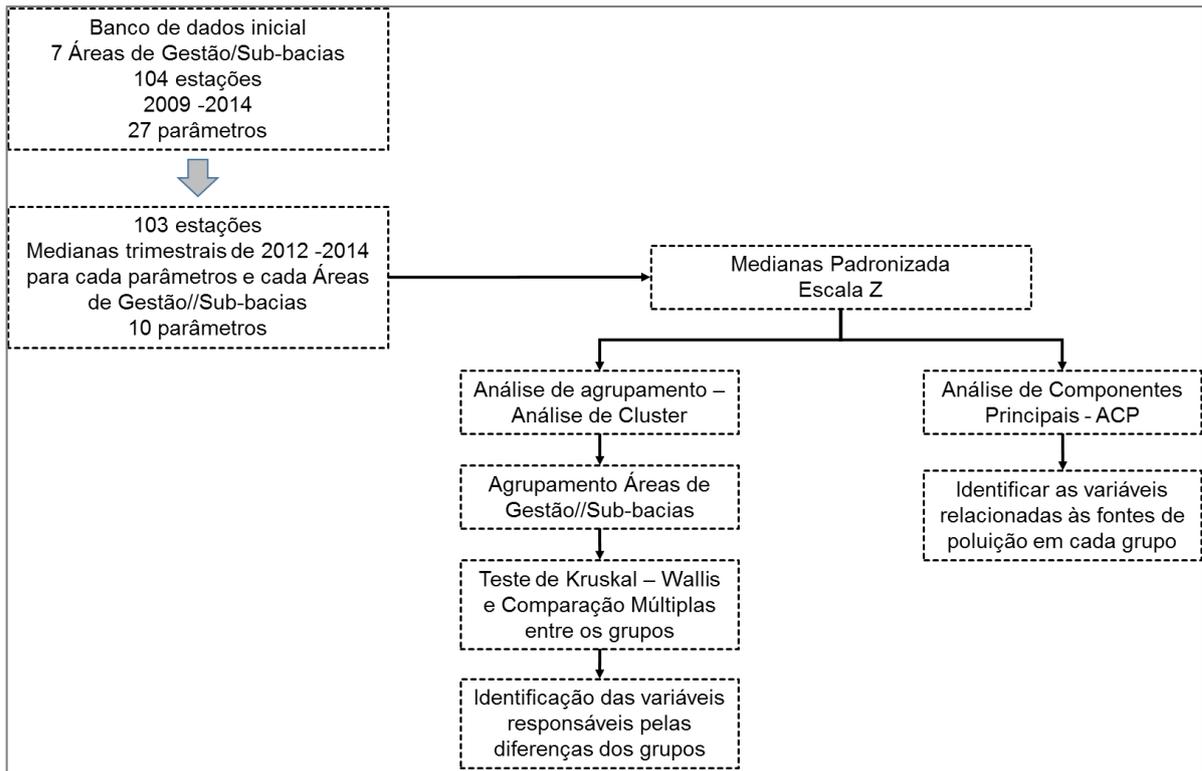
nitrito, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais e turbidez. Em função do grande número de dados faltantes no banco de dados do INEA, principalmente, no período de 2005 a 2011, foram consideradas as estações que tiveram o período de amostragem completo, de 2012 a 2014, sendo excluída da análise a estação MR370 (INEA) que foi desativada, totalizando 103 pontos de monitoramento.

A restrição dos parâmetros e do período se justifica tendo em vista que as análises multivariadas necessitam de dados homogêneos, e para que fosse obtido o mesmo número de dados para as Área de Gestão/Sub-bacias ainda foram calculadas medianas trimestrais de cada parâmetro.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada com a finalidade de inferir sobre algumas características e possíveis fontes de poluição em cada um dos agrupamentos encontrados na AC e identificar parâmetros que são mais significativos para a distinção dos grupos. Também para a ACP foram utilizadas medianas trimestrais por Área de Gestão/Sub-bacias, obtidas para o período de 2012 a 2014.

Para validação dos agrupamentos formados pela AC e identificação das variáveis responsáveis pelas diferenças e semelhanças encontradas na AC, foi realizada a avaliação comparativa dos grupos através do teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*, seguido do teste de comparações múltiplas, considerando um nível de significância de 5%. O teste foi aplicado para identificar quais parâmetros foram responsáveis por diferenciar os grupos. Foram elaborados gráficos tipo *Box-plots* para melhor visualização dos resultados e auxiliar a interpretação. As análises de agrupamento foram realizadas no *software* Statistica 8.0, e para a Análise de Componentes Principais foi utilizado o *software* Xlstat®. A síntese da metodologia empregada nesta etapa é apresentada no fluxograma da Figura 4.2.

Figura 4.2: Fluxograma da metodologia para avaliação espacial da qualidade das águas.



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rede de monitoramento da bacia do rio Paraíba do Sul tem características peculiares, tendo em vista que a gestão é realizada por três órgãos ambientais, com frequências de amostragem diferenciadas. Dessa maneira, a etapa de organização e sistematização dos dados de monitoramento dos 27 parâmetros disponibilizados permitiu uma avaliação preliminar das séries históricas a ser trabalhada no presente estudo. Na Tabela 5.1, são apresentados o número de resultados e o percentual de dados faltantes por órgão gestor e por parâmetro avaliado, considerando o período de 2005 a 2014. Foram considerados dados faltantes aqueles valores não computados quando da realização de uma coleta.

Tabela 5.1: Detalhamento do banco de dados de monitoramento, do período de 2005 a 2014, na bacia do rio Paraíba do Sul.

Parâmetros	CETESB		IGAM		INEA	
	Nº de Resultados	% de Dados Faltantes	Nº de Resultados	% de Dados Faltantes	Nº de Resultados	% de Dados Faltantes
Alumínio dissolvido	877	24,5%	962	29,3%	352	84,0%
Alumínio total	681	41,4%	NA	-	233	89,4%
Arsênio total	281	75,8%	697	48,8%	34	98,5%
Cádmio total	922	20,7%	876	35,6%	608	72,4%
Chumbo total	922	20,7%	1.074	21,1%	607	72,5%
Cobre dissolvido	840	27,7%	1.031	24,2%	567	74,3%
Cobre total	647	44,3%	NA	-	147	93,3%
Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i>	1.148	1,2%	1.299	4,6%	1.659	24,8%
Condutividade elétrica	1.155	0,6%	1.359	0,1%	2.029	8,0%
Cromo total	898	22,7%	870	36,1%	609	72,4%
DBO	1.131	2,7%	1.361	0,0%	2.100	4,8%
Fenóis totais	731	37,1%	1.241	8,8%	663	70,0%
Ferro dissolvido	876	24,6%	1.278	6,1%	248	88,8%
Ferro total	685	41,0%	NA	-	449	79,7%
Fósforo total	1.157	0,4%	1.360	0,1%	2.076	5,9%
Manganês total	982	15,5%	1.014	25,5%	582	73,6%
Mercurio total	937	19,4%	740	45,6%	470	78,7%
Níquel total	931	19,9%	725	46,7%	608	72,4%
Nitrato	1.159	0,3%	1.361	0,0%	1.884	14,6%
Nitrito	1.159	0,3%	744	45,3%	2.058	6,7%
Nitrogênio amoniacal total	1.159	0,3%	1.361	0,0%	2.055	6,8%
Oxigênio dissolvido	1.161	0,1%	1.361	0,0%	2.064	6,4%
pH	1.159	0,3%	1.361	0,0%	2.089	5,3%
Sólidos dissolvidos totais	1.109	4,6%	916	32,7%	1.892	14,2%
Sólidos totais	1.142	1,7%	1.360	0,1%	513	76,8%
Turbidez	1.160	0,2%	1.361	0,0%	1.169	47,0%
Zinco total	941	19,0%	947	30,4%	609	72,4%
Total de dados (2005 a 2014)	25.950	-	26.659	-	28.374	-
Percentual total de dados faltantes	-	17,3%	-	18,4%	-	52,4%

Ao longo do período de monitoramento ocorreram alterações na lista de ensaios realizados visando a aprimorar os estudos e atender à Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Dentre estas alterações foram retirados as variáveis alumínio, cobre e ferro, na fração dissolvida, para os pontos de monitoramento do IGAM (NA – Não analisado).

Considerando as 104 estações de amostragem foram identificados o total de 25.950 resultados para a série histórica da CETESB, 26.659 para o IGAM e 28.374 para o INEA, respectivamente, com os percentuais de dados faltantes de 17, 3%, 18,4% e 52,4%. Para os dois primeiros órgãos ambientais, os percentuais se justificam pelas diferenças de frequências existentes para as variáveis, conforme já foi detalhado no item 4.1. Enquanto que para o INEA, embora as variações também ocorram pela frequência, os expressivos percentuais verificados, sobretudo para os metais, são resultantes de lacunas no banco de dados disponibilizado pelo órgão ambiental, que foram detectadas essencialmente no período de 2005 a 2011. Parâmetros básicos para avaliação da qualidade das águas superficiais, como coliformes termotolerantes e turbidez apresentaram, respectivamente, 24,8% e 47% de dados faltantes, o que representam falhas da gestão da rede de monitoramento do estado do Rio de Janeiro, sejam pela não realização das análises destas variáveis ou pela não compilação dos resultados de análises em banco de dados consistido.

Assim, para as diferentes metodologias aplicadas neste trabalho, foram considerados períodos variados. Para a definição dos parâmetros relevantes e verificação do enquadramento foi considerado o período completo, de 2005 a 2014. Para evitar que os dados faltantes inviabilizassem as análises estatísticas multivariadas, foram selecionados para estudo os dados monitorados entre os anos de 2012 e 2014. Salienta-se ainda que, em relação ao Índice de Qualidade das Águas (IQA), igualmente em função da restrição dos dados do INEA, a avaliação do indicador se restringiu ao período de 2012 a 2014. No Quadro 5.1 é apresentado o período considerado para cada etapa da avaliação.

Quadro 5.1: Etapas do trabalho e período de dados avaliados.

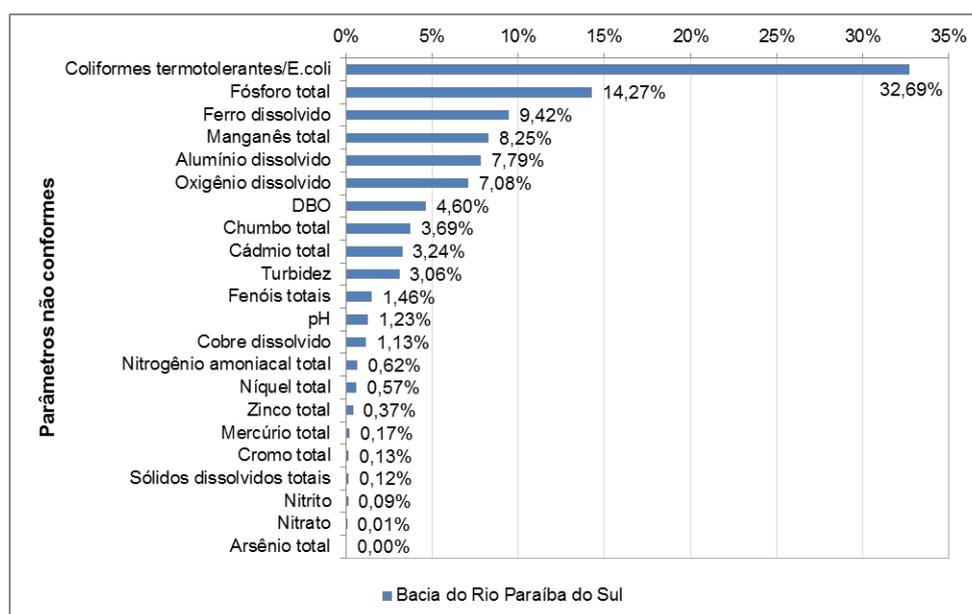
Etapas do Trabalho	Período de Dados Avaliados
Identificação dos parâmetros mais relevantes	2005 – 2014
Verificação do atendimento ao enquadramento da qualidade das águas	2005 – 2014
Avaliação espacial do Índice de Qualidade das Águas (IQA)	2012 – 2014
Avaliação da tendência espacial da qualidade das águas	2012 – 2014

5.1 Identificação dos parâmetros mais relevantes para a qualidade da água da bacia, de acordo com os percentuais de não atendimento aos limites legais

Em termos do atendimento aos limites legais para as águas superficiais, na Figura 5.1 é apresentado o gráfico com os percentuais de resultados não conformes em relação aos padrões estabelecidos para as classe de enquadramento, Resolução CONAMA nº 357/2005, considerando o período histórico de 2005 a 2014 para a bacia do rio Paraíba do Sul. Do rol completo de 27 parâmetros, foram avaliados os que apresentam padrões de qualidade definidos, quais sejam: alumínio dissolvido, arsênio total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, coliformes termotolerantes/*E. coli*, cromo total, DBO, fenóis totais, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, mercúrio total, níquel total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos totais, turbidez e zinco total.

Foram contabilizadas as não conformidades para cada parâmetro de análise e calculados os percentuais em relação ao número total de violações. No total, foram identificadas 9.809 ocorrências de não atendimento aos padrões de enquadramento estabelecidos nas legislações estaduais e federais.

Figura 5.1: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao total de violações, 2005 a 2014 - Bacia do Rio Paraíba do Sul.



Sobressaiu-se o parâmetro coliformes termolerantes/*E. coli*, responsável por cerca de 33% das não conformidades identificadas na bacia do rio Paraíba do Sul, relacionado, principalmente, ao aporte de esgotos sanitários sem tratamento nos cursos de água. A relevância do impacto dessas cargas pontuais explica ainda o expressivo percentual de resultados desconformes de fósforo total (14,27%), tendo em vista que os esgotos domésticos lançados apresentam grandes quantidades de detergentes. Essas variáveis também podem ser associada às drenagens superficiais das áreas de desenvolvimento da atividade agropecuária, cujas contribuições dos dejetos dos animais, refletem no aumento da contagem de bactérias e das concentrações de fósforo total nos cursos de água, assim como a utilização de fertilizantes que representam expressivo contribuinte no aporte desse nutriente para os rios.

Em menor expressão, ocorreram registros de violação aos padrões legais para oxigênio dissolvido (7,08%), DBO (4,60%) e fenóis totais (1,46%), que indicaram situações em que corpos de água não apresentaram boa capacidade de depuração da carga poluidora orgânica lançada, oriunda dos esgotos sanitários e dos efluentes industriais de natureza orgânica biodegradável.

Foram bastante representativos os percentuais de desconformidades dos metais manganês, chumbo e cádmio, na forma total, e ferro, alumínio e cobre, na fração dissolvida. Ressalta-se que há ocorrências minerais, essencialmente dos metais manganês, ferro e alumínio na bacia, de maneira que seu carreamento para os cursos de água pode ser potencializado por atividades minerárias e agropecuária e pela remoção da cobertura vegetal. A ocorrência dos metais pesados chumbo, cádmio e cobre provavelmente deve-se ao despejo de efluentes industriais têxteis e de siderúrgicas sem tratamento no corpo de água na região.

Relativamente à avaliação do atendimento às classe de enquadramento por trecho da bacia, na Figura 5.2 a Figura 5.4 é apresentado o rol de variáveis não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 e os respectivos percentuais, considerando o número de violações pelo número de resultados por parâmetros, de maneira a detectar as variáveis com maiores ocorrências em relação ao número de análises realizadas.

Figura 5.2: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao número de resultados por parâmetros – Porção Paulista

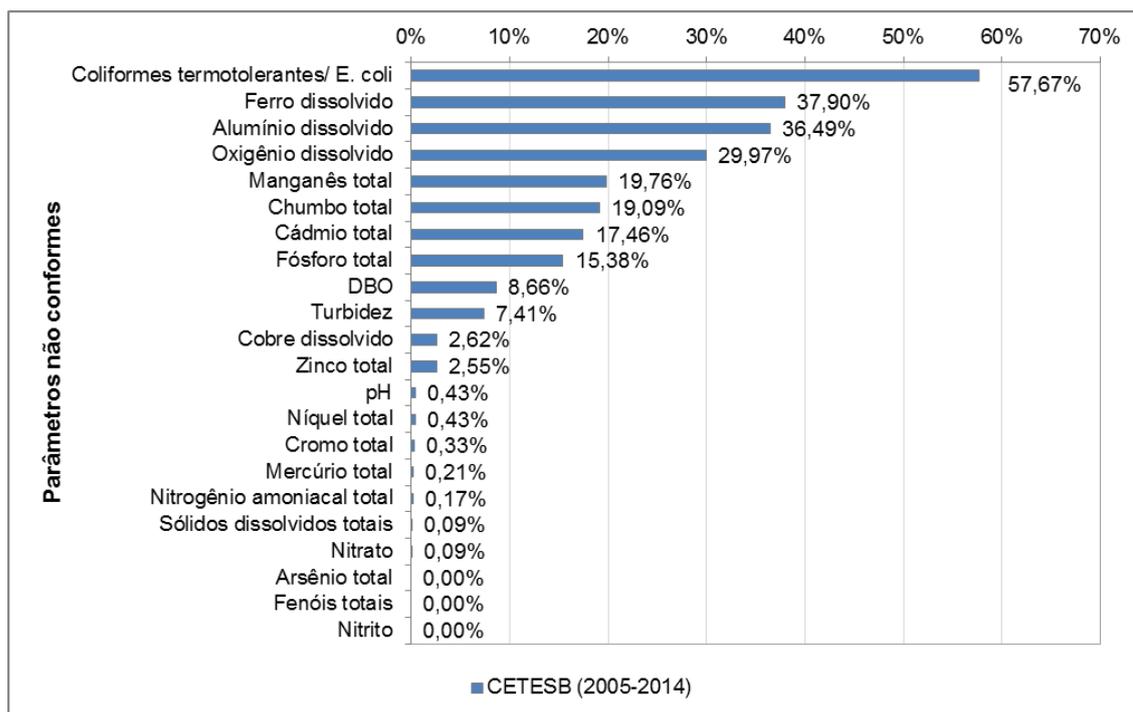


Figura 5.3: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao número de resultados por parâmetros – Porção Mineira.

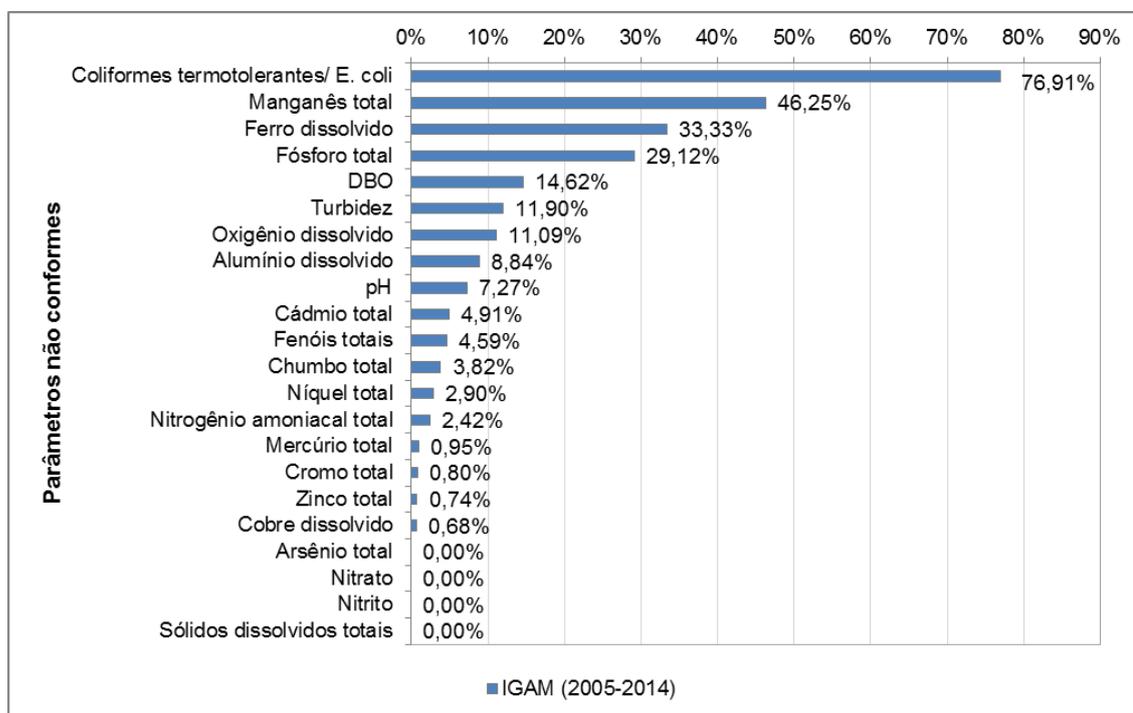
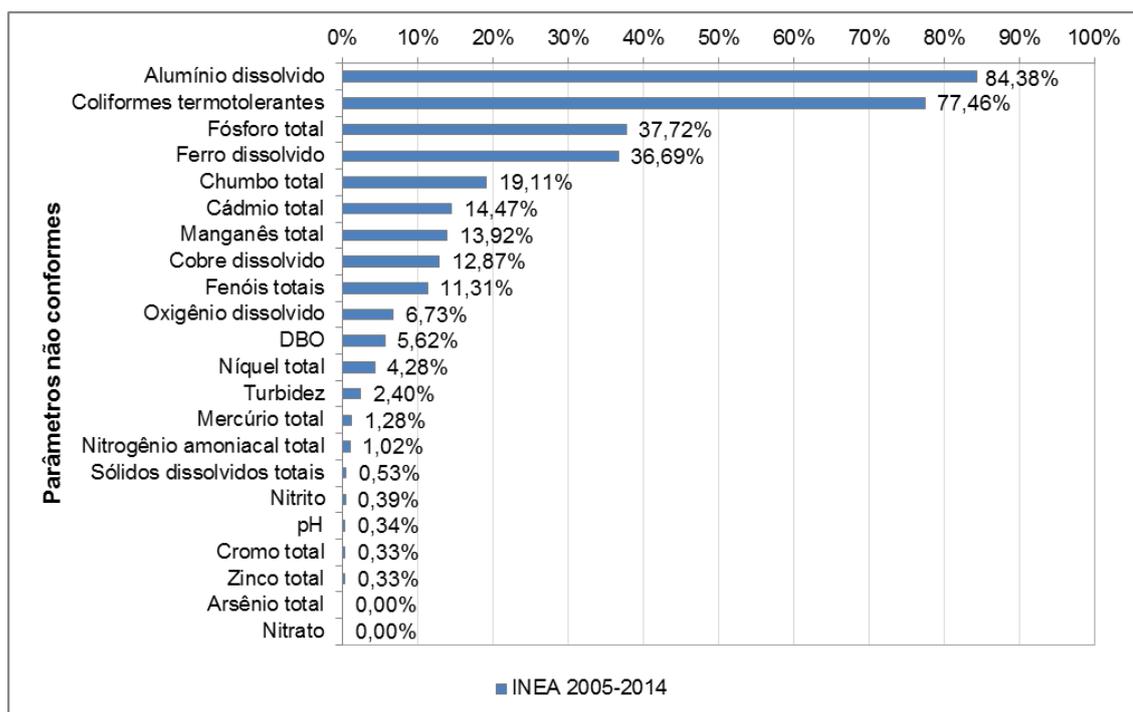


Figura 5.4: Percentual de resultados não conformes com os padrões legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 em relação ao número de resultados por parâmetros – Porção Fluminense.



Cabe salientar que, conforme apresentado anteriormente, o conjunto de dados de monitoramento do INEA, porção fluminense, apresenta um relevante número de dados faltantes, principalmente, para o período de 2005 a 2011, o que denota uma fragilidade no banco de dados em relação ao monitoramento dos demais estados em avaliação.

Assim como na avaliação da bacia, destacam-se nos gráficos por porção da bacia os percentuais elevados de violação dos limites das variáveis relacionadas ao esgotamento sanitário, principalmente, coliformes termotolerantes/*E. coli*, que indicam degradação da qualidade das águas associadas às descargas de esgotos sanitários brutos e tratados. Conforme apontado nos relatórios da AGEVAP (2014), na bacia do rio Paraíba do Sul, 82% da população é servida com redes coletoras de esgotos. O restante dispõe seus dejetos em sistemas individuais de fossas sépticas com sumidouro, ou em valas, ou rede de águas pluviais. Deste total, aproximadamente 39% tem seus esgotos tratados, o restante é lançado nos cursos de água sem tratamento. Ademais, os sistemas existentes tratam apenas a nível secundário.

Os metais apresentaram-se de maneira expressiva nas águas dos corpos hídricos avaliados nos três estados. A ocorrência de desmatamentos nas margens dos corpos de água da bacia

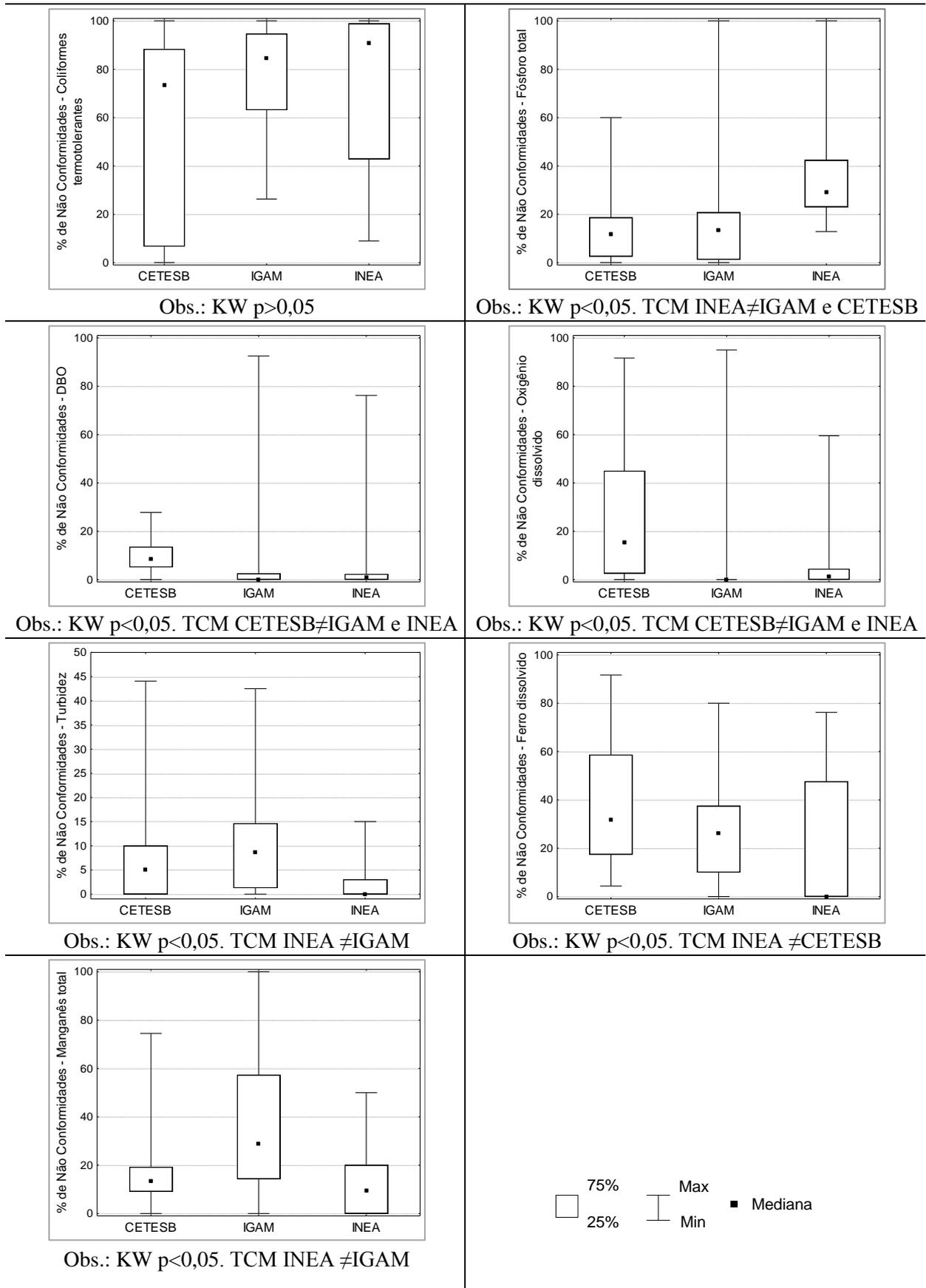
hidrográfica do rio Paraíba do Sul é o principal responsável pelo processo de carreamento para os recursos hídricos e, conseqüentemente, pelo seu assoreamento. (AGEVAP, 2014). Associadas às características geológicas da região, os metais alumínio, ferro, manganês ocorrem naturalmente em teores elevados, sendo que as interações solo e água são potencializadas com a maior disponibilização desses elementos para os corpos de água, principalmente, devido às atividades minerárias e a exposição dos solos.

Baseado nos parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação, considerados os mais relevantes para a bacia, foram selecionadas as variáveis coliformes termotolerantes/*E. coli*, fósforo total, DBO, oxigênio dissolvido, turbidez, ferro dissolvido e manganês total, para realização do teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*. O teste de comparações múltiplas (TCM) entre os percentuais de violação foi responsável por identificar as condições de qualidade que diferenciam os trechos da bacia hidrográfica compreendidos em cada estado. Na Figura 5.5 são apresentados os gráficos *Box-plot* dos percentuais de não conformidade, indicando como observação os resultado dos testes realizados, essencialmente, quando ocorreu diferença significativa entre as medianas das violações.

Os resultados do teste aplicado para os percentuais de violação de coliformes termotolerantes/*E. coli* confirmou que não existe diferenças entre as violações encontradas para as porções da bacia, com medianas acima de 70% que mostraram condição similar de qualidade das águas para os três estados em relação a este parâmetro.

Para os demais parâmetros o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* apresentou diferenças significativas ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Na sequência, o teste de comparações múltiplas foi responsável por identificar as porções da bacia que diferenciam entre si, sendo que para fósforo total, os dados da rede do INEA apresentaram diferenças significativas dos demais trechos da bacia, com mediana significativamente maior. Por outro lado, os percentuais de violação da CETESB, porção paulista, apresentou medianas de DBO e oxigênio dissolvido significativamente maiores, indicando menor capacidade de depuração da matéria orgânica lançada no alto da bacia em relação aos outros trechos. Observou-se para as variáveis turbidez e manganês total diferenças significativas dos resultados do obtidos na rede do INEA, porção fluminense, comparativamente aos do IGAM, porção mineira, com medianas significativamente inferiores na porção fluminense, bem como as violações de ferro dissolvido se diferenciaram apenas entre as porções fluminense (INEA) e paulista (CETESB).

Figura 5.5: *Box-plot* dos percentuais de não conformidades e resultados do teste de comparações múltiplas.



5.2 Verificação do atendimento da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul ao enquadramento

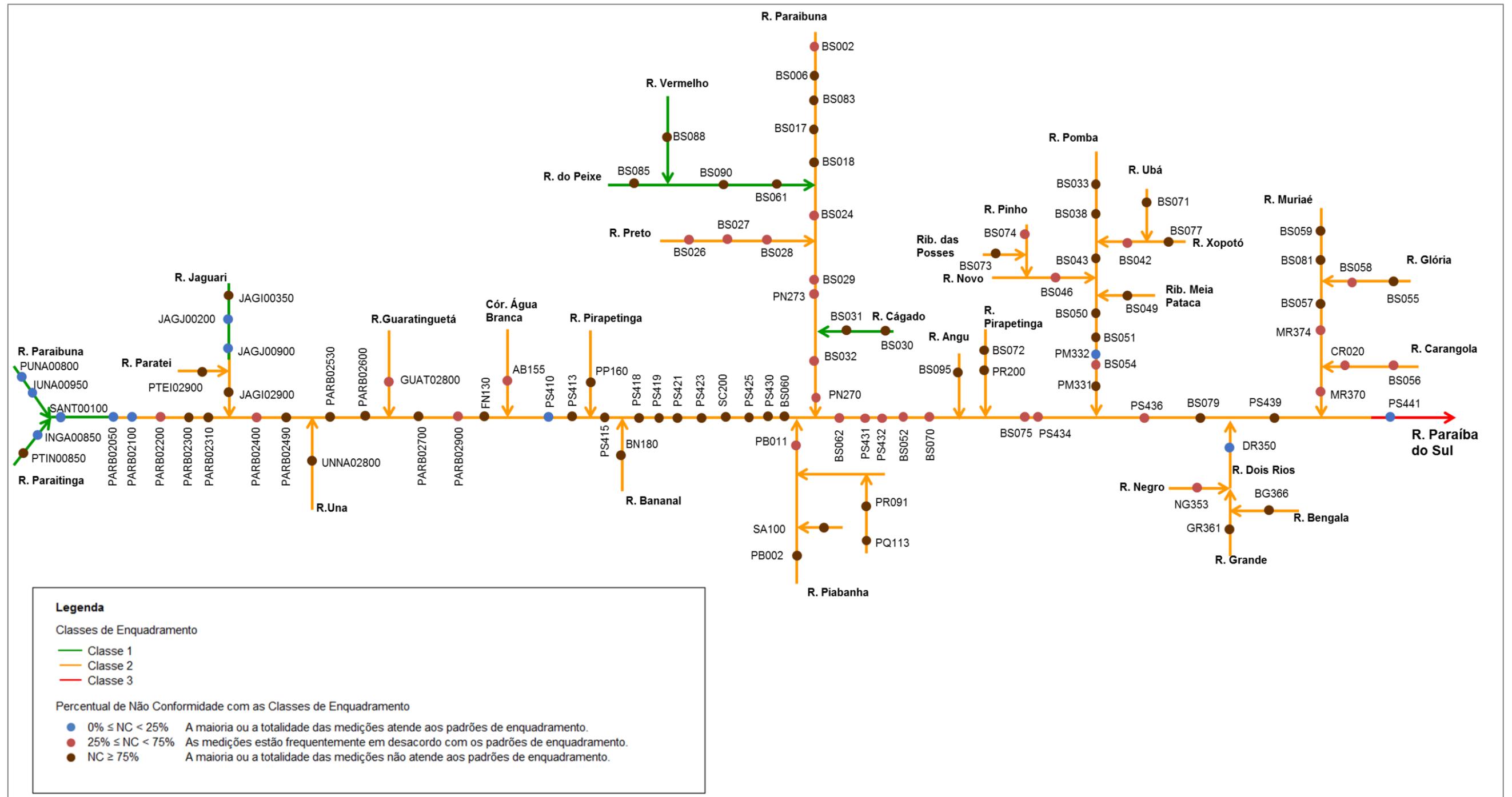
A avaliação da compatibilidade da qualidade das águas com o enquadramento da bacia do rio Paraíba do Sul pode ser visualizada na Figura 5.6 a Figura 5.12, por estação de amostragem por meio da representação em diagramas dos percentuais de não conformidade com as classes de enquadramento para os parâmetros relevantes, quais sejam: coliformes termotolerantes/*E. coli*, fósforo total, DBO, oxigênio dissolvido, turbidez, ferro dissolvido e manganês total. Estes parâmetros foram eleitos como relevantes para avaliar as alterações de qualidade da bacia, conforme foi verificado pela avaliação anterior. No Apêndice II (Tabela II.1 a Tabela II.7) são apresentadas as tabelas com os resultados da estatística descritiva, no período de 2005 a 2014, incluindo os percentuais de não conformidade.

Similarmente ao verificado pelos percentuais de não conformidade para a bacia e para cada trecho, os percentuais de não conformidade de coliformes termotolerantes/*E. coli* (Figura 5.6) mostraram-se bastantes críticos, denotando violações iguais ou acima de 75% para a maioria dos pontos de monitoramento. Destacou-se, neste contexto, a substancial degradação das águas da bacia, no que se refere à contaminação fecal, associada aos lançamentos de esgotos sanitários, em sua maioria, na forma bruta, tendo em vista que a maioria dos municípios da bacia não apresenta sistemas de tratamento (IGAM, 2009). A desconformidade observada em relação aos coliformes termotolerantes/*E. coli* é particularmente preocupante, pois está geralmente associada às doenças de veiculação hídrica, o que restringe o uso da água para o abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação de hortaliças e atividades recreativas que envolvem o contato direto da população com a água (ANA, 2013).

Houve menores ocorrências de não atendimento aos padrões de enquadramento que foram verificadas, principalmente, na região de cabeceira da bacia (PUNA00800, IUNA00950, INGA00850, onde o comprometimento da qualidade das águas é menos acentuado, a jusante de reservatórios de Santa Branca (SANT00100, PARB02050, PARB02100), Jaguari (JAGJ00200 E JAGJ00900) e de Funil (PS410), nos rios Pomba (PM332), Dois Rios (DR0350) e na calha principal (PS441), ressaltando-se que esta última estação encontra-se localizada em trecho enquadrado como classe 3, com padrões de qualidade menos restritivos.

Embora ações de melhorias tenha sido efetuadas na bacia, como a implantação de estações de tratamento de esgotos domésticos em Guararema, Jacareí e São José dos Campos, Tremembé/Taubaté, Juiz de Fora, Muriaé, melhoramento das ETEs de Caçapava e Pindamonhangaba, além do aumento do percentual de coleta e a alteração do manejo de vazões de reservatórios (AGEVAP, 2011 e ANA, 2013), ressalta-se que a bacia apresenta expressiva presença de coliformes termotolerantes/ *E. coli* nas águas monitoradas, quadro que se justifica não somente por falta de investimentos em tratamento de esgotos, mas pelo tipo de tratamento empregado nas estações instaladas, que não apresentam eficiência de remoção suficiente para reduzir as contagens bacteriológicas, de maneira a permitir a adequação dos níveis de acordo com os padrões de enquadramento.

Figura 5.6: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para coliformes termotolerantes/*E.coli*.



Referente ao nutriente fósforo total (Figura 5.7), prevaleceram percentuais de não conformidade abaixo de 25% na maioria dos pontos de monitoramento. No trecho alto da bacia destacaram-se estações localizadas no reservatório de Jaguari (JAGJ00200 e JAGI02900) com medições frequentemente em desacordo com o enquadramento. As águas de afluentes diretos e indiretos do rio Paraíba do Sul, rios Piabanha (PB002, SA100 e PB011), Paquequer (PQ113), Paraibuna (BS017 e BS018), Xopotó (BS077), Ubá (BS071) e Bengala (BG366) e os ribeirões das Posses (BS073) e Meia Pataca (BS049), além da calha principal nas localizadas da represa de Funil (PS410) exibiram maior degradação da qualidade das águas, com desconformidades iguais ou superiores a 75%. As ocorrências de não atendimento aos padrões de qualidade para o nutriente fósforo total espelharam a forte influência da infraestrutura precária do esgotamento sanitário, principalmente, e também do impacto de fontes difusas decorrente da atividade agropecuária.

Os resultados elevados de fósforo total são característicos de um sistema com produtividade aquática de alta a muito alta, sujeito a eutrofização. A grande capacidade de reaeração do rio Paraíba do Sul e seus afluentes, entretanto, garante a oxidação desse excesso de matéria orgânica (AGEVAP, 2007a). Contudo, essa situação constitui foco de preocupação, essencialmente, nos reservatórios existentes e nos locais onde novos reservatórios serão construídos, devido o comprometimento das águas pelo aporte excessivo de nutrientes. Estudos na bacia apontam que a expansão da macrófita *Echinochloa polystachya* (capim capitiva) tem se intensificado e se desenvolvido nos cursos de água, devido aos nutrientes lançados pelos esgotos domésticos, à alta incidência de radiação solar e às elevadas temperaturas, associados às baixas vazões resultantes da operação das Usinas hidrelétricas de Santa Branca e Jaguari, além da presença dos reservatórios de Paraibuna/Paraitinga, Santana e de Vigário, que favorecem a fixação das raízes dessas plantas na calha do rio Paraíba do Sul (AGEVAP, 2007b).

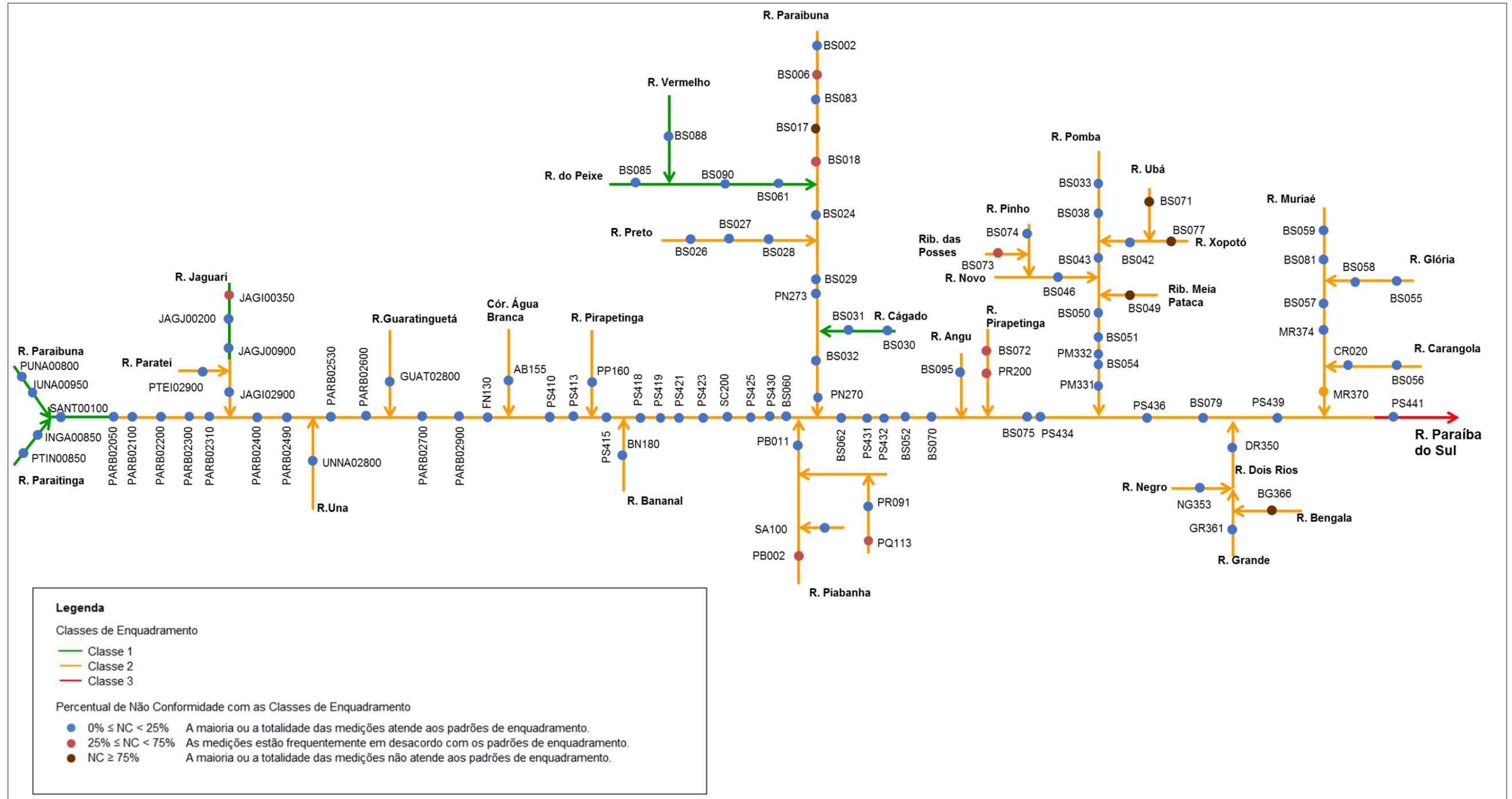
Em relação à matéria orgânica biodegradável, embora as medidas de DBO (Figura 5.8) tenham correspondido a quase 5% das violações na bacia, em 91 estações de amostragem os registros indicaram que a maioria ou a totalidade dos resultados do monitoramento tenderam aos padrões de qualidade, denotando que a carga orgânica lançada é inferior a carga assimilável pela maioria dos cursos de água avaliados, e que possuem boa capacidade de autodepuração da carga poluidora, proveniente dos esgotos sanitários, dos efluentes industriais e da drenagem de áreas urbanas e rurais. No trecho alto da bacia foi verificado maior percentual de desconformidade no rio Jaguari (JAGI00350), estação situada a montante do reservatório de mesmo nome, com teores de matéria orgânica biodegradável frequentemente superiores ao limite classe 1.

Na porção mineira da bacia, registros extremos de DBO acima do padrão de qualidade da classe 2 influenciaram sobremaneira nos percentuais de ultrapassagens do rio Paraibuna, nos pontos de monitoramento localizados a jusante do município de Juiz de Fora (BS006 e BS017), sendo a última em pior condição, e de Matias Barbosa (BS018), retratando a poluição do corpo de água devido ao lançamento de esgotos domésticos da região, bem como o descarte de efluentes industriais de laticínios, curtumes e abates (IGAM, 2009). Nessa sub-bacia, em termos do esgotamento sanitário, os municípios possuem cobertura de aproximadamente 96% da população atendida por rede de esgoto, no entanto, não há indícios de algum tipo de tratamento de seus esgotos (AGEVAP, 2014). Quadro similar foi verificado para o rio Pirapetinga (BS072 e PR200), com violações na faixa de 25 a 75%, por influência do lançamento de esgotos do município de Pirapetinga, cujo cenário de esgotamento é de apenas 35% da população atendida com rede coletora de esgoto e não há tratamento de efluentes no município. Na região as indústrias instaladas no rio Pirapetinga representam 3% da carga aportada ao rio em questão, relacionadas principalmente às indústrias de papel e celulose (AGEVAP, 2014). Na sub-bacia do rio Pomba situação crítica é evidenciada, essencialmente, nos trechos dos rios Xopotó (BS077) e Ubá (BS071) e dos ribeirões das Posses (BS073) e Meia Pataca (BS049), com a maior sobrecarga de esgotos sanitários dos municípios de Visconde do Rio Branco, de Ubá, de Santos Dumont e de Cataguases e de efluentes de indústrias alimentícias, têxtil, de rações e de abate (IGAM, 2009), que refletiu-se em elevado número de resultados incompatíveis com as classes de enquadramento.

Na porção fluminense da bacia, predominaram resultados compatíveis com as classe de enquadramento, refletindo inexpressiva presença de carga orgânica nas águas. As exceções,

com violações dos padrões de qualidade mais recorrentes, foram detectadas nos trechos do rio Piabanha, situada no município de Três Rios (PB0002), do rio Paquequer, em Teresópolis (PQ113), onde foram registradas não conformidades na faixa de 25 a 75%, e condição de maior degradação nas águas do rio Bengala, no município de Nova Friburgo (BG0366), violações expressivas, iguais ou acima de 75% dos resultados. Esse quadro pode ser associado ao lançamento de esgotos sanitários brutos e tratados dos municípios supramencionados, além de Petrópolis no rio Piabanha, associadas às baixas vazões naturais para diluição de efluentes (AGEVAP, 2007a).

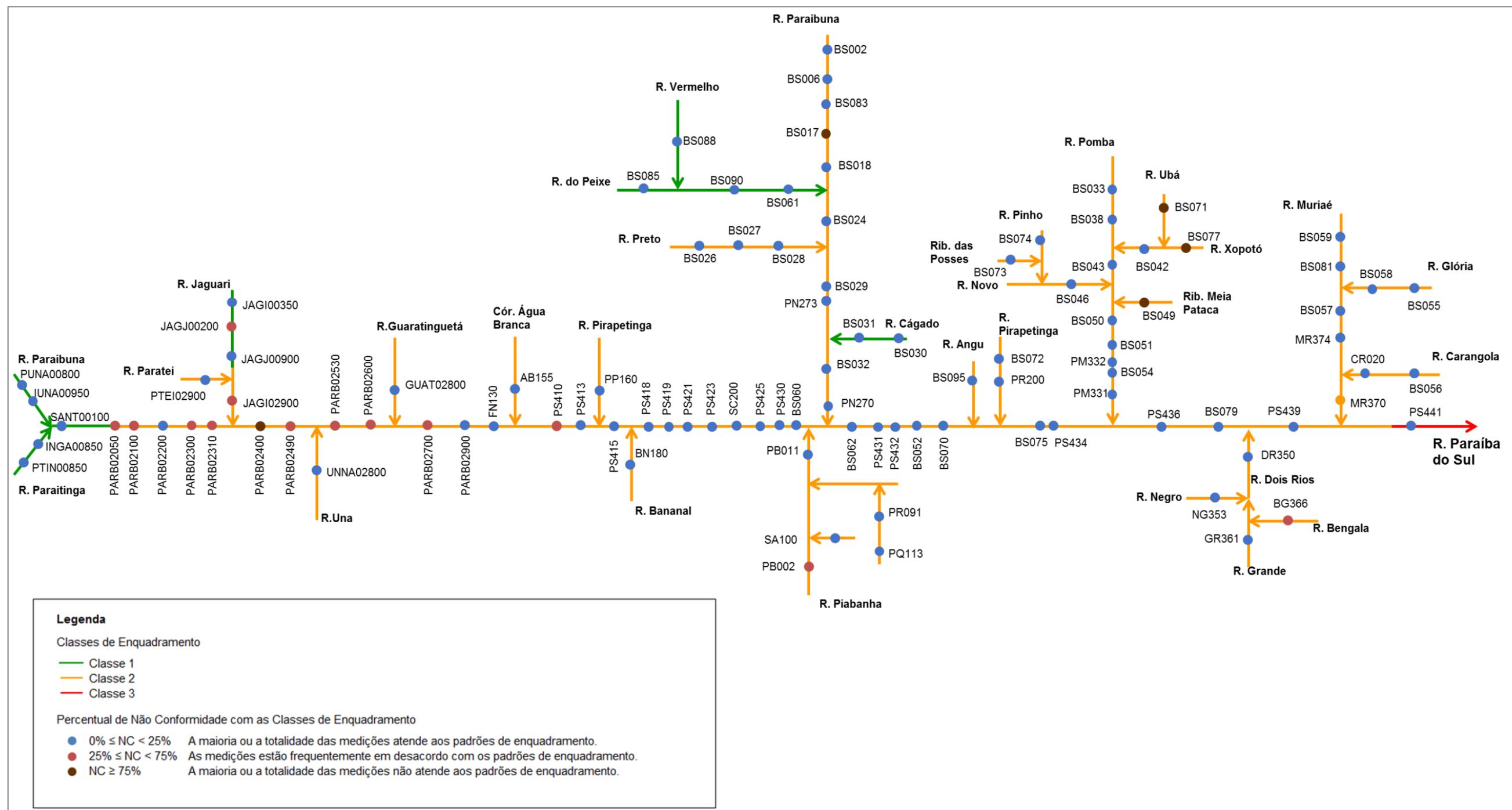
Figura 5.8: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para DBO.



Associada à sobrecarga de matéria orgânica, os níveis de oxigênio dissolvido (Figura 5.9) nas águas foram insatisfatórios nos mesmos cursos de água que apresentaram elevadas medidas de DBO, os rios Piabanha (PB0002), Bengala (BG0366), com percentuais de não atendimento ao padrão mínimo na faixa de 25 a 75%, e os rios Paraibuna (BS017), Xopotó (BS077), Ubá (BS071), e ribeirão Meia Pataca (BS049), com ocorrências de medidas inferiores ao limite legal iguais ou acima de 75%. Também na calha do rio Paraíba do Sul, principalmente, nos pontos do alto da bacia, as medidas estiveram frequentemente incompatíveis com as classes de enquadramento, sobressaindo-se o trecho situado a jusante da Vila do Menino Jesus, no município de Caçapava (PARB02400), com quase totalidade dos resultados não conformes com o padrão classe 2. Para os demais pontos da bacia prevaleceram níveis de oxigenação adequados à manutenção da vida aquática e às respectivas classes de enquadramento.

Conforme já mencionado, os baixos níveis de cobertura de esgotamento e de percentuais de tratamento dos esgotos sanitários, refletiram em condições médias não conformes com as classes de enquadramento para as variáveis relacionadas ao saneamento. Ademais, cabe destacar que os sistemas de tratamento de esgotos implantados na bacia removem, com eficiência, sólidos e matéria orgânica, no entanto, a remoção de coliformes e nutrientes requerem tratamentos complementares específicos. Conforme apontado em estudos da AGEVAP (2007a), na bacia os sistemas de tratamento existentes, na maioria dos casos, correspondem a tratamentos secundários, lodos ativados/Biofiltros-BF ou lagoas de estabilização, que não são projetados para a remoção de coliformes e fósforo total, apresentando eficiências em torno de 1 a 2 unidades logarítmica e menor que 35%, respectivamente (VON SPERLING, 2005).

Figura 5.9: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para oxigênio dissolvido.



Em termos do material em suspensão presente nas águas da bacia, a turbidez refletiu nos baixos percentuais de desconformidades em relação aos padrões de enquadramento, conforme verificado no item 5.1, com ocorrências mais expressivas nas porções paulista e mineira. Da mesma maneira, em quase todas as estações foram verificados percentuais de superação dos padrões legais menores que 25% (Figura 5.10).

No alto da bacia, situação de maior degradação da qualidade em termos de materiais sólidos foi verificada no rio Paraitinga (PTIN00850) e no rio Una (UNNA02800), refletidos pelas medidas expressivas de turbidez detectadas nas campanhas realizadas no período chuvoso. Ressalte-se ainda, que o rio Paraitinga é enquadrado como classe 1, apresentando padrão de qualidade mais restritivo. A sub-bacia do rio Una, principalmente na parte superior, inserida dentro do município de Taubaté, tem apresentado sérios problemas ambientais em função de ações antrópicas negativas, como o uso inadequado do solo, que tem proporcionado a rápida sedimentação e assoreamento dos leitos, levando à redução na qualidade e quantidade das águas (IPABHI, 2015).

Nas sub-bacias dos rios do Peixe (BS085, BS088 e BS061) e Cágado (BS031) foram verificadas condições de qualidade não compatíveis com a classe de enquadramento, classe 1, tendo em vista os expressivos percentuais de não atendimento ao limite legal, que refletiram as contribuições de fontes difusas no período de chuva. No rio Pomba (BS033), enquadrado na classe 2, o percentual de não atendimento esteve entre 25 a 75%, influenciados por registros elevados verificados, essencialmente, no período chuvoso, relacionando-se à drenagem urbana e rural, associada a fenômenos de erosão hídrica. Salienta-se que no rio Pomba, as ocorrências de turbidez podem ser relacionadas à intensificação da extração de areia em jazidas instaladas em todas as áreas potencialmente lavráveis (AGEVAP, 2014).

Relativamente aos metais, o comportamento espacial dos teores de Ferro dissolvido (Figura 5.11) evidenciou maior presença deste elemento nas águas, refletido nos expressivos percentuais de não conformidade com as classes de enquadramento, identificadas em um dos formadores da bacia, rio Paraitinga (PTIN00850), no rio Jaguari (JAGI00350) e seu afluente Paratei (PTEI02900), no rio Una (UNNA02800), no rio Guaratinguetá (GUAT02800), no rio Pirapetinga (PR200) e nos ribeirão Meia Pataca (BS049). Contudo, foi verificada recuperação das águas, com redução dos percentuais de não atendimento em trechos a jusante. Melhores condições de qualidade das águas e maior compatibilidade com as classes de enquadramento foram constatadas, principalmente, para os pontos do trecho alto e da calha principal ao longo de toda a bacia

Para o metal manganês total (Figura 5.12) predominaram registros conformes ou com menor frequência de ultrapassagem aos padrões de qualidade das classes de enquadramento. Associado aos altos teores deste elemento nas águas foram detectadas ocorrências de não conformidade mais recorrentes nos rios Paraibuna (BS083, BS017 e BS018), efluentes industriais Pirapetinga (BS072), Xopotó (BS077 e BS042) e Ubá (BS071) e no Meia Pataca (BS049), podem ser relacionadas às interferências de lançamento de efluentes industriais, bem como às atividades de extração de minerais.

As cargas difusas prioritariamente associadas às atividades minerárias, extração de areia, pedras e argila, agropecuária, bem como o mau uso e má preservação do solo da bacia, refletiram, em especial, nos teores elevados de ferro dissolvido, manganês total e turbidez, possivelmente disponibilizados para as águas superficiais devido à supressão da vegetação, que aceleram os processos erosivos que, com a ação do escoamento pluvial, contribui para o aumento do carreamento dos componentes do solo e consequente assoreamento dos corpos de água. Salienta-se ainda, que a presença de ferro e manganês nas águas ocorre naturalmente na bacia devido à composição geológica, de maneira que seu carreamento para os cursos de água pode ser potencializado por atividades minerárias e agrosilvipastoris, associadas à poluição difusa e aos processos de erosão (IGAM, 2009). Ademais, destaca-se as contribuições dos efluentes industriais de metalúrgicas, de galvanoplastia, lançados nas águas da bacia.

Figura 5.11: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para ferro dissolvido.

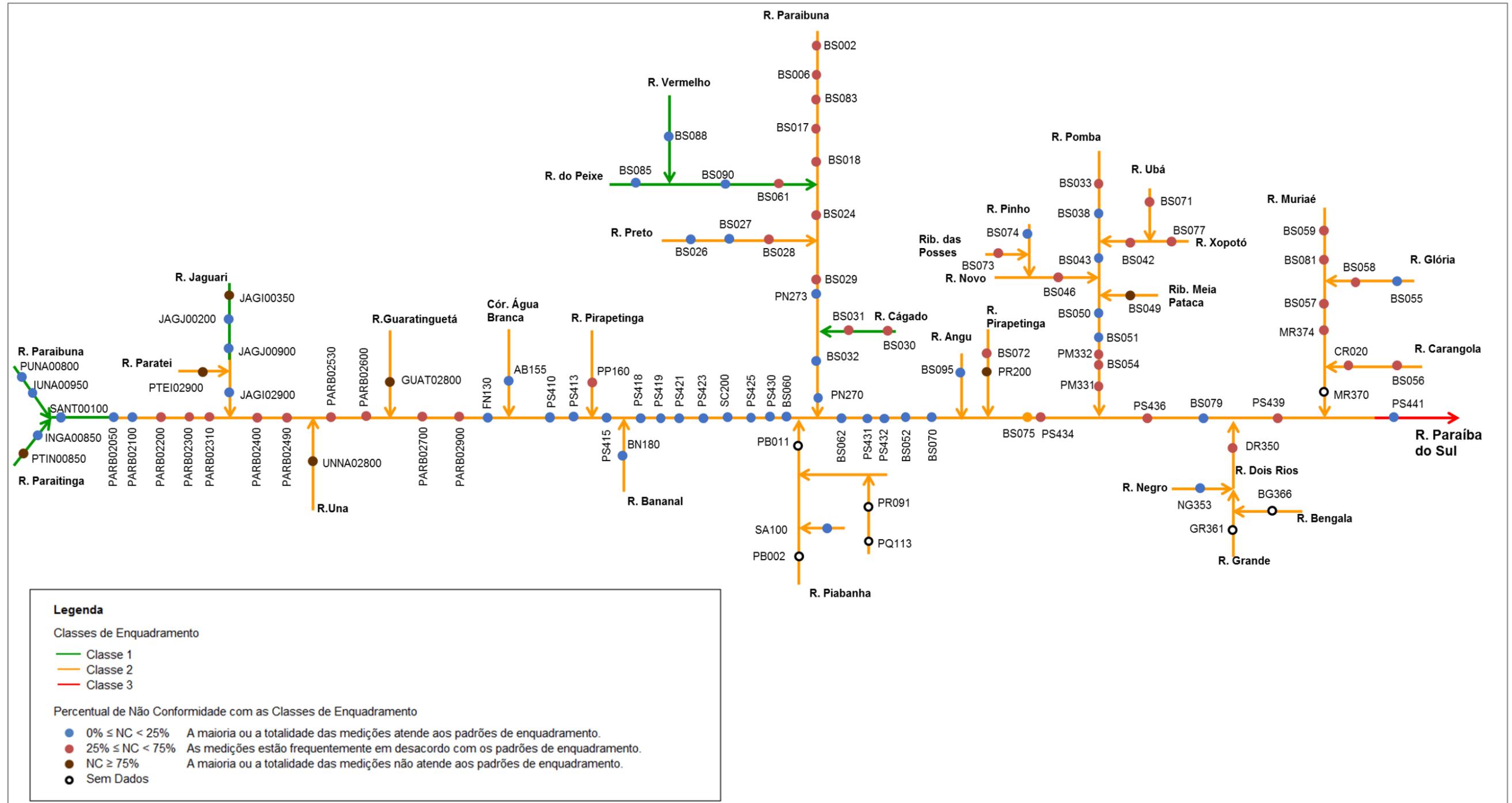
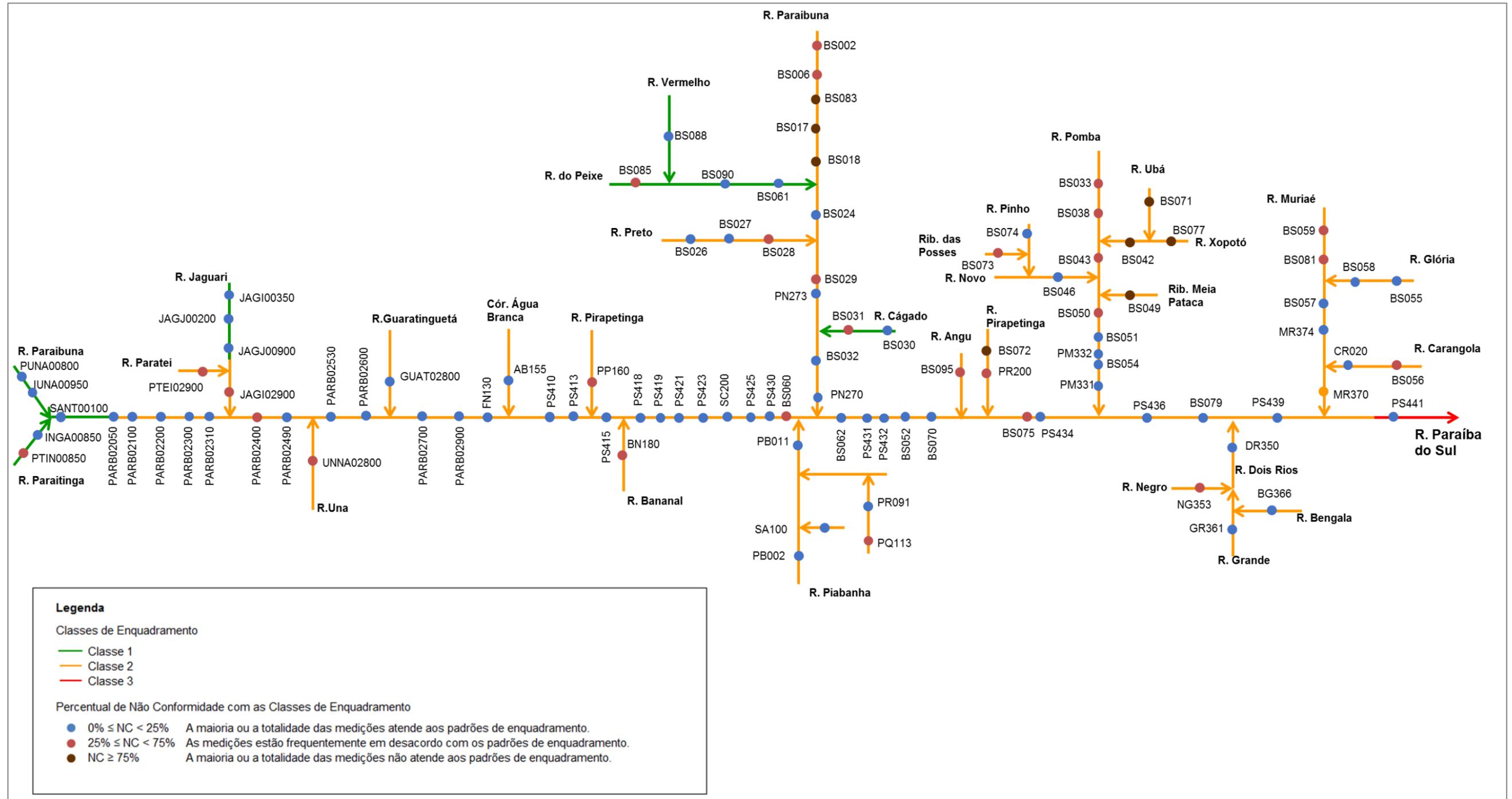


Figura 5.12: Diagrama unifilar com os percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento para manganês total.



5.2.1 Avaliação dos Usuários de Recursos Hídricos

A avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul, conforme dados históricos de 2005 a 2014 analisados comparativamente às classes de enquadramento, indicou a não conformidade de variáveis que podem ser associadas aos efluentes e resíduos lançados tanto pelo setor industrial quanto pelos municípios.

Embora as legislações que estabelecem os enquadramentos para a bacia sejam datadas de décadas entre 70 e 90, e a condição de incompatibilidade das condições atuais com as classes seja bastante expressiva, não há propostas para a sua atualização, sendo prevista a manutenção do atual enquadramento e a execução de uma série de ações de controle ambiental para adequação dos cursos de água para a conformidade, em relação às respectivas classes de qualidade.

Como parte do processo de licenciamento, as unidades industriais devem respeitar os procedimentos estabelecidos pelo órgão ambiental, que inclui a exigência de se atender aos padrões de lançamento, de maneira a respeitar os limites de qualidade das águas previstos no enquadramento dos recursos hídricos. Dessa maneira, dentre as ações a serem estabelecidas, merecem destaque metas e práticas voltadas para a quantidade considerável de usuários existentes na bacia, como a intensificação da fiscalização com finalidade de verificar a adequação ambiental dos empreendimentos. Ademais, em função das condições precárias de saneamento básico, são necessários esforços para a priorização da implantação e/ou otimização dos sistemas de esgotamentos sanitários dos municípios da bacia.

O relatório Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos complementar ao Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes (AGEVAP, 2013c), contempla registros de dados de usuários de corpos hídricos dos três estados inseridos na bacia. Estes registros fazem parte do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), que segundo a Resolução ANA n° 317/2003 (ANA, 2003), tem como finalidade o registro obrigatório de pessoas físicas e jurídicas de direito público ou privado, usuárias de recursos hídricos, além de integrar o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

Os registros de usuários de corpos hídricos para lançamento de efluentes, identificados no supracitado relatório, foram analisados qualitativamente, sendo consistido por grupo de

atividade baseado na listagem da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004, que estabelece critérios de classificação para empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de regularização ambiental, e dá outras providências. Foram obtidos seis grupos, quais sejam: indústria metalúrgica e outras, indústria química e indústria alimentícia, serviços e comércio atacadista e atividade agrosilvipastoris e de infraestrutura, sendo esta última em quase sua totalidade relacionada ao esgotamento sanitário de municípios.

Na Figura 5.13, Figura 5.14 e Figura 5.15 são apresentados os pontos de lançamentos espacializados em mapas, respectivamente, para o estado de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, que permitiram a localização dos lançamentos e a identificação das estações de monitoramento, possivelmente, influenciadas pela carga orgânica descartada. No Apêndice III, a Tabela III.1, são elencadas as informações dos pontos de lançamento, indicando a localização, carga descartada por dia e a estação de monitoramento influenciada.

Figura 5.13: Mapa de localização de pontos de lançamento cadastrados e estações de monitoramento no estado de São Paulo.

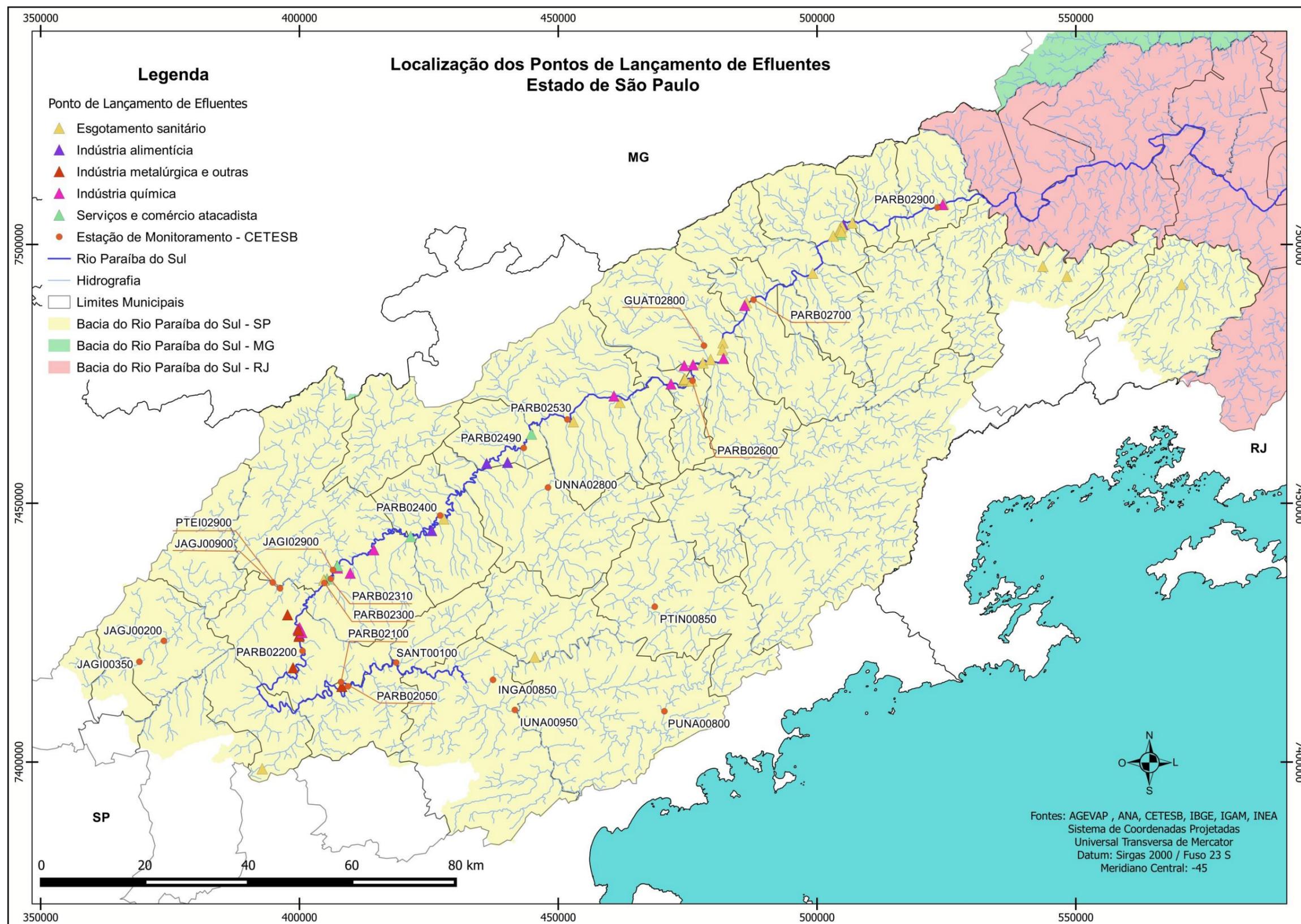


Figura 5.14: Mapa de localização de pontos de lançamento cadastrados e estações de monitoramento no estado de Minas Gerais.

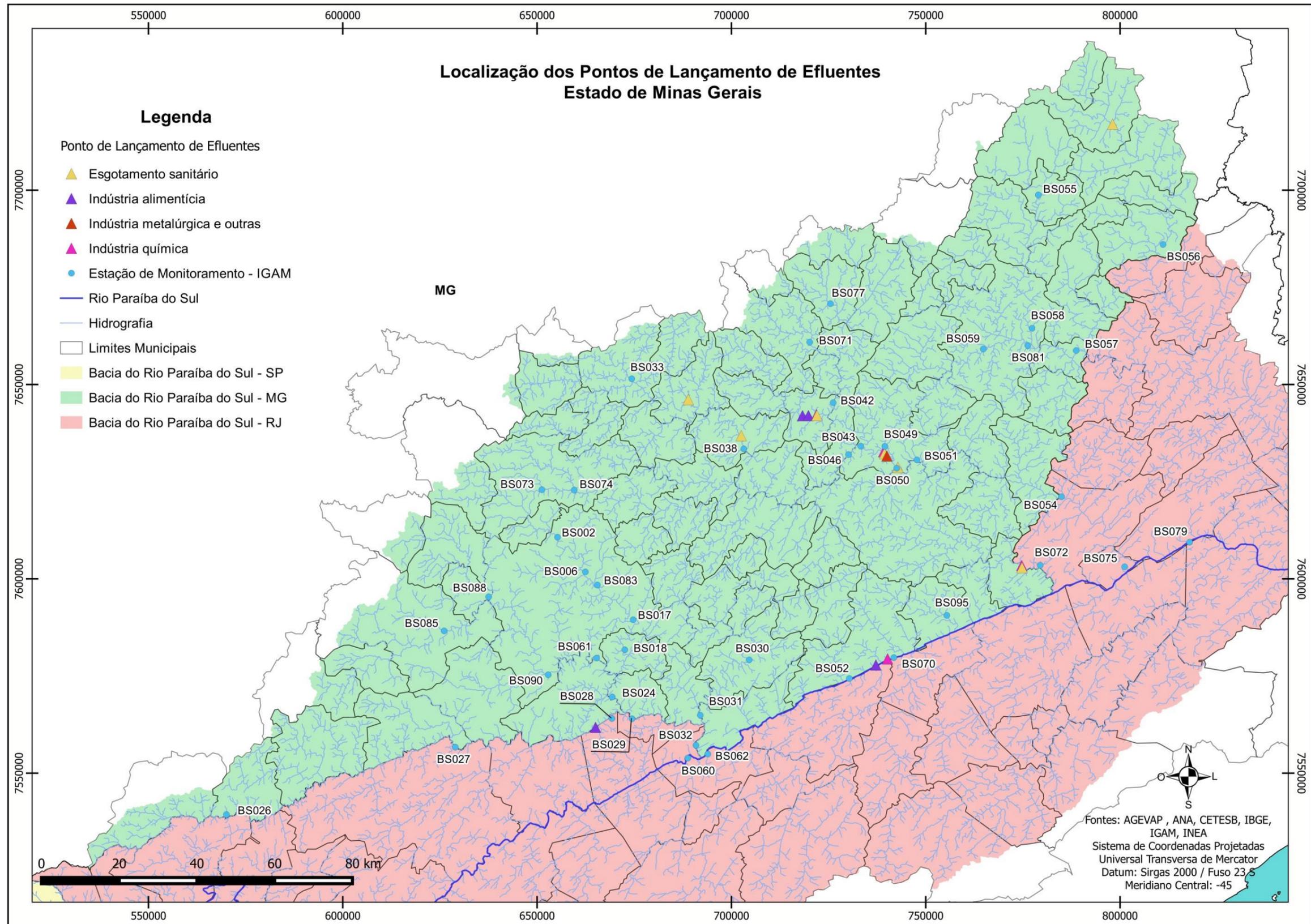
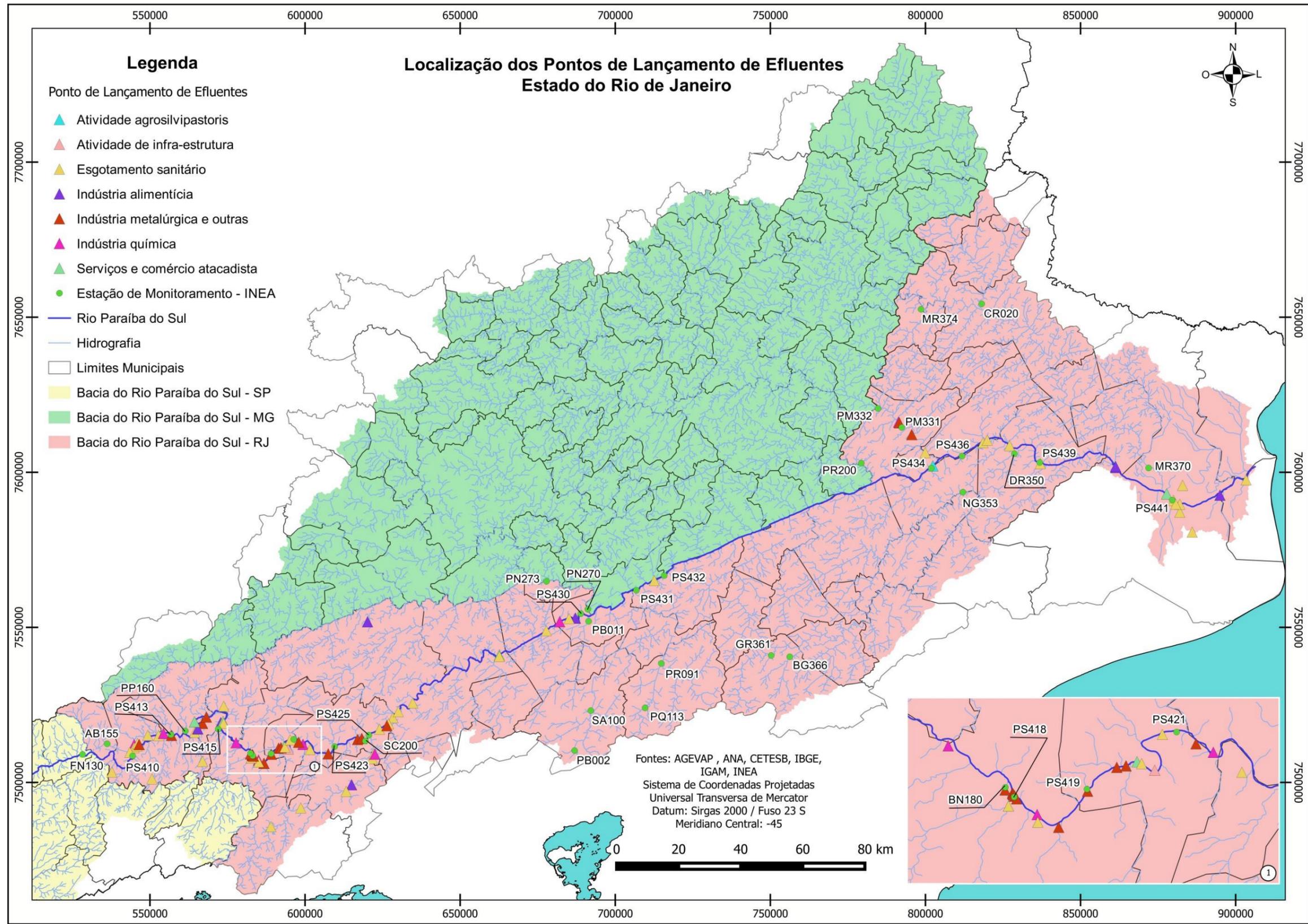
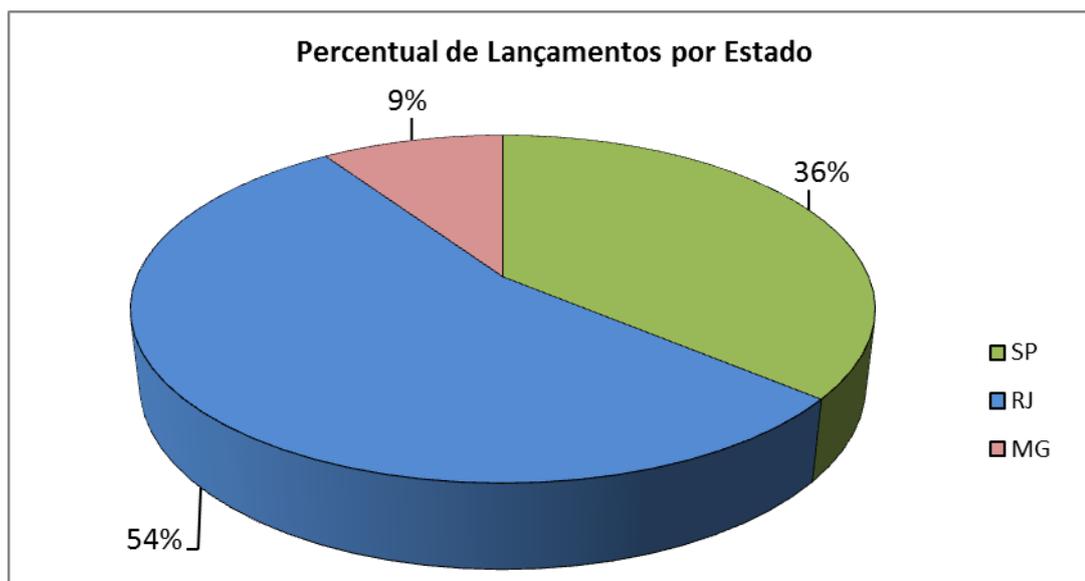


Figura 5.15: Mapa de localização de pontos de lançamento cadastrados e estações de monitoramento no estado do Rio de Janeiro.



Conforme a Figura 5.16, foram identificados 178 pontos de lançamento, 65 dos quais provenientes de empreendimentos localizados em São Paulo (36%), 98 no Rio de Janeiro (54%) e 17 em Minas Gerais (9%). Os pontos estão distribuídos principalmente no rio Paraíba do Sul e em alguns afluentes principais, sendo observado maior número de lançamentos no alto e médio curso do rio Paraíba do Sul, não abrangendo um percentual significativo da área de drenagem da bacia.

Figura 5.16: Percentual de lançamentos de efluentes por estado na bacia do rio Paraíba do Sul.



Relativamente às atividades relacionadas aos usuários, predominou as empresa de infraestrutura, sendo que do total de 85 cadastros, 84 estiveram relacionadas ao esgotamento sanitário de municípios. Os demais se dividiram em indústrias metalúrgica, com 33 cadastros, 28 de indústrias químicas, 19 de indústrias alimentícia, 12 de empresas de serviços e comércio atacadista e 1 de atividade agrosilvipastoris. Na Figura 5.17, Figura 5.18 e Figura 5.19 são apresentados os gráficos de distribuição dos tipos de empreendimento com lançamentos, respectivamente, para São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Similarmente ao verificado para a bacia, predominaram os lançamentos relacionados ao esgotamento sanitário, correspondendo a mais de 40% do total de usuários em cada estado, seguido da indústria química, para São Paulo e Minas Gerais, e indústria metalúrgica para o Rio de Janeiro. Destaca-se que na porção fluminense da bacia foi encontrado todas as tipologias identificadas para a bacia.

Figura 5.17: Distribuição dos tipos de empreendimentos na porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul.

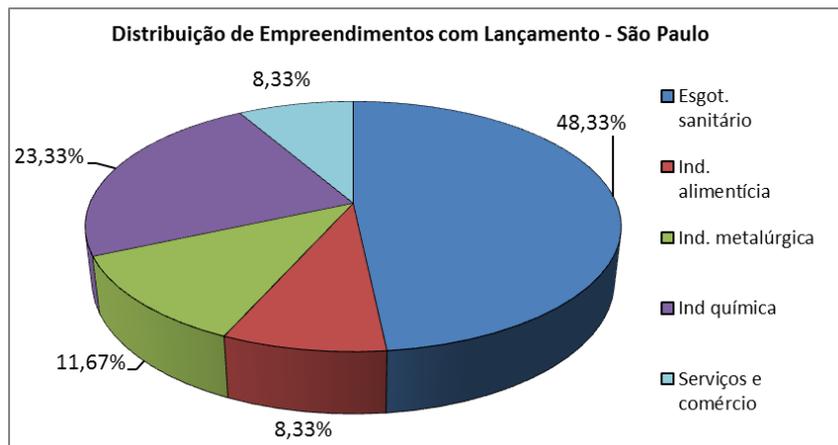


Figura 5.18: Distribuição dos tipos de empreendimentos na porção fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul.

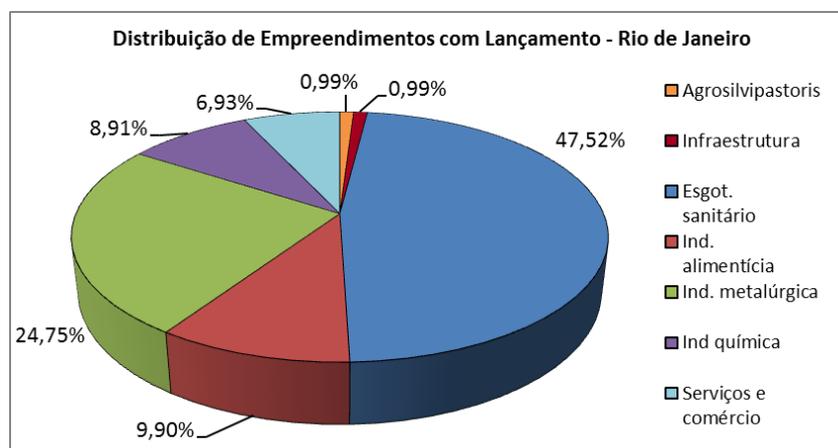
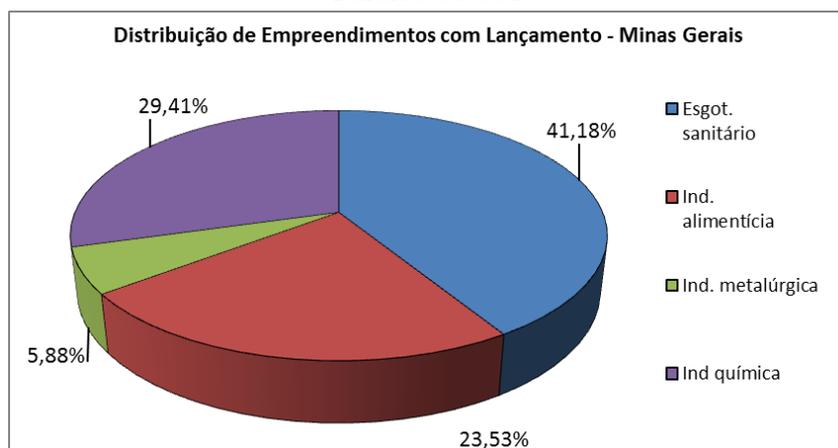


Figura 5.19: Distribuição dos tipos de empreendimentos na porção mineira da bacia do rio Paraíba do Sul.



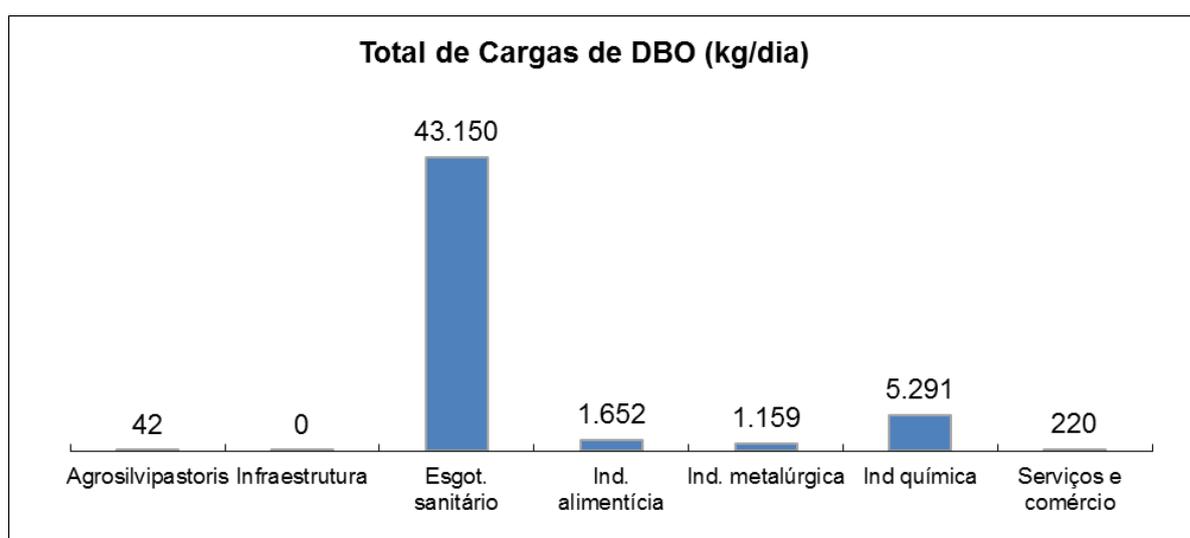
As indústrias químicas cadastradas foram os empreendimentos de fabricação de produtos químicos, farmacêuticos, de gases industriais, de algodão, de roupas, de celulose, de embalagens e de brinquedos, além de uma refinaria. As indústrias de produtos alimentares,

foram representadas pelas seguida pelo abate, industrialização da carne e pelo processamento de carne, estão difundidas em municípios do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. Relativamente às indústrias metalúrgicas e outras, destacaram-se a siderurgia, fábricas de cimento e cerâmica, extração de rochas e pedras.

Os municípios que apresentaram maior número de usuários cadastrados foram Barra Mansa – RJ, com 17 registros, Resende – RJ, com 11, além de Cruzeiro – SP, Volta Redonda – RJ e Campos dos Goytacazes – RJ, com 10 registros de lançamento. Ressalta-se que os municípios de Barra Mansa, Resende e Volta Redonda, localizados no eixo Rio-São Paulo, destacam-se por estarem inseridos em uma área altamente industrializada, com presença de indústrias químicas, siderúrgicas e alimentícias, podendo ser considerada uma área crítica em relação aos despejos industriais causadas por empreendimentos de grande porte.

Os valores de carga orgânica informados no cadastro de usuários somaram 51.514 kg/dia de DBO, com medidas de variaram de 0,01 kg DBO/dia (indústria química em Barra Mansa – RJ) a 5.187 kg DBO/dia (atividade de infraestrutura – esgotamento sanitário de Barra do Piraí – RJ). Em geral, as cargas mais elevadas estiveram associadas ao lançamento de esgotos sanitários dos municípios, sendo que os 84 lançamentos cadastrados foram responsáveis por 84% do montante de DBO (43.510 kg DBO/dia), como pode ser verificado na Figura 5.20. Esse quantitativo se assemelha ao percentual de carga poluidora de origem orgânica, DBO, relacionado aos esgotos sanitários verificado para a bacia, de 86% (IGAM, 2009).

Figura 5.20: Total de cargas de DBO lançadas da bacia do rio Paraíba do Sul por atividade.



A espacialização dos pontos lançamentos juntamente com as estações de monitoramento permitiu a identificação das potenciais fontes poluidoras ou degradadoras a montante dos locais de amostragem das águas. No estirão do rio Paraíba do Sul, os descartes da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp nos municípios de São José dos Campos e de Lorena, possivelmente interferem nas estações PARB02310 e PARB02700, respectivamente, sendo que no primeiro também foi localizado um lançamento de um clube de recreação.

No trecho médio da calha principal influenciam na qualidade das águas uma indústria alimentícia, empresa de peças e acessórios para veículos e o esgotamento sanitário do municípios de Porto Real, na estação PS415, indústria siderúrgica, no ponto PS418, fábrica de cimento, no ponto PS419, o SAAE de Volta Redonda, no ponto PS421, indústria de produtos de cerâmica, no ponto PS423, indústrias metalúrgicas, no ponto SC200, e indústria alimentícias e têxtil, além do esgotamento sanitário do município de Três Rios, no ponto BS060. O afluente rio Bananal (BN180) recebe o descarte de uma siderúrgica, enquanto que o rio Pomba, na estação PM331, apresenta contribuições de uma indústria de celulose e das atividades de extração de pedras. Nos pontos PS432 e PS441 identificou-se as contribuições do lançamento dos esgotos do município de Sapucaia e de um empreendimento de geração de energia no município de Campos dos Goytacazes, respectivamente.

Os gráficos da carga lançada nos corpos receptores da bacia do rio Paraíba do Sul para as atividades esgotamento sanitário, indústria química, indústria alimentícia, indústria metalúrgica e outras, além dos serviços e comércio atacadista são apresentados na Figura 5.20 a Figura 5.25.

De acordo com os registros de lançamentos obtidos, os efluentes sanitários apresentam descarte em nove cursos de água, quais sejam: rios Paraíba do Sul, Pomba, Pirapetinga, Piraí, Paraitinga, Formoso, Bananal, Carangola e ribeirão do Barreiro, sendo mais evidente a expressiva sobrecarga de matéria orgânica remanescente na calha principal. Similarmente, para as demais atividades foi verificada maior carga lançada no rio Paraíba do Sul, indicando a maior concentração de indústrias que realizaram o cadastro de usuários instaladas nas proximidades do rio. Em menor expressão, as informações declaradas apontaram concentração de lançamentos na sub-bacia do rio Pomba, relacionados às indústrias química e

alimentícia, bem como nas sub-bacias dos rios Pirapetinga e Pirai, associados às indústrias químicas, e no rio Preto pelos despejos de indústrias alimentícias.

Figura 5.21: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Esgotamento sanitário.

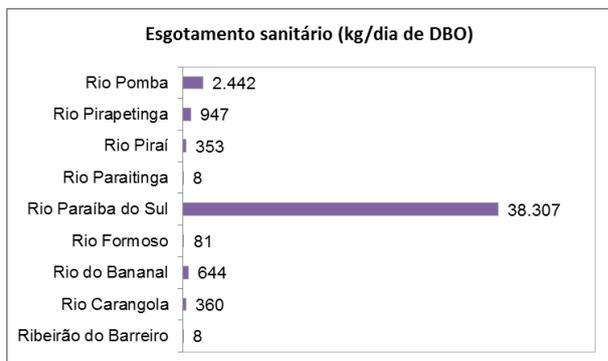


Figura 5.22: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Indústria química.

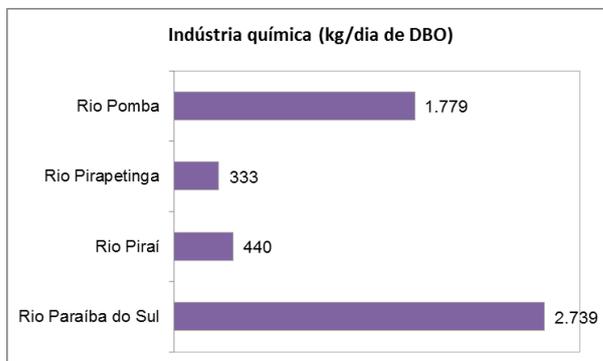


Figura 5.23: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Indústria alimentícia.

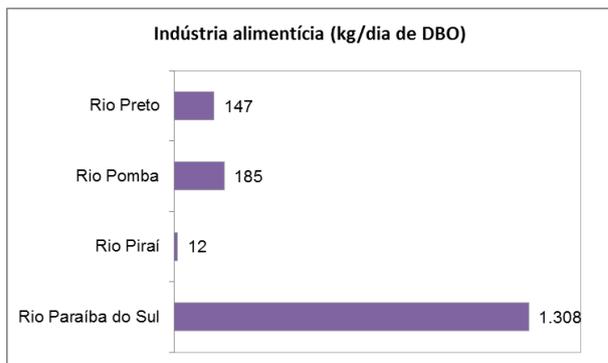


Figura 5.24: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Indústria metalúrgica e outras.

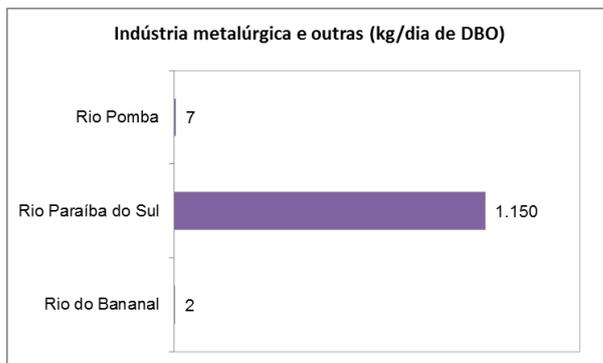
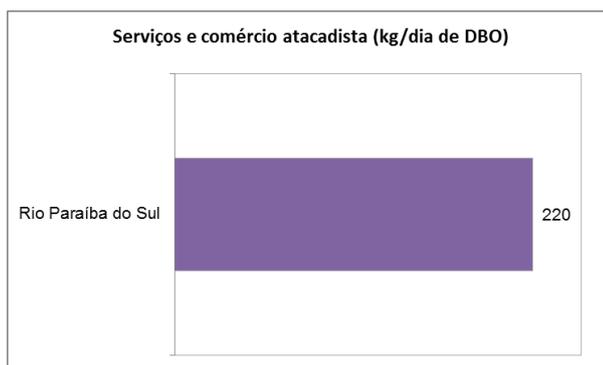


Figura 5.25: Total de cargas de DBO lançadas por corpo receptor – Serviços e comércio atacadista.



Diante dos dados obtidos, é possível confirmar que a maior contribuição de carga orgânica lançada nas águas da bacia do rio Paraíba do Sul relaciona-se ao esgotamento sanitário dos municípios. O quadro de comprometimento sanitário das águas foi refletido, principalmente,

pelos registros de coliformes termotolerantes/*E. coli*, verificados nos monitoramentos da qualidade das águas superficiais. Os registros dos cadastros de usuários apontam que as concessionárias responsáveis pelos serviços de esgotamento sanitário são, em sua maioria, as prefeituras. Contudo, também existem empresas privadas, estaduais e Serviços Autônomos de Água e Esgoto - SAAE operando sistemas por meio de concessões (AGEVAP, 2014). Embora o índice de cobertura seja significativo, os expressivos valores de cargas remanescentes declarados reforçam os baixos níveis de tratamento dos sistemas. Salienta-se ainda, a alta frequência do lançamento de efluentes industriais em redes públicas de esgoto, podendo contribuir com a carga descartada das estações de tratamento.

Em geral o número de registros de usuários cadastrados foi insignificante frente ao parque industrial instalado na área em estudo, com ausência de informações de municípios importantes e de indústrias de grande e médio portes. No alto curso do rio Paraíba do Sul, especificamente no trecho entre as cidades de Jacareí e Lorena, existe uma pressão sobre os recursos hídricos, sobretudo devido à concentração de indústrias nessa região. No trecho médio, o município de Três Rios também exerce pressão significativa, em função de seu parque industrial. Na sub-bacia PS1 – Rios Preto e Paraibuna destaca-se a região de Juiz de Fora, segunda maior cidade do estado de Minas Gerais, com suas importantes indústrias (CETESB, 2015). A ausência de dados prejudicou a obtenção de um quadro mais completo da bacia, ficando evidente a necessidade da elaboração de um cadastro mais preciso e eficaz das indústrias instaladas, tipologia das mesmas, e descarte de efluentes. Estas informações são fundamentais para o aperfeiçoamento da gestão dos recursos hídricos, principalmente no que se refere ao acompanhamento de metas a serem definidas para o cumprimento do enquadramento das águas.

5.3 Avaliação espacial do Índice de Qualidade das Águas (IQA)

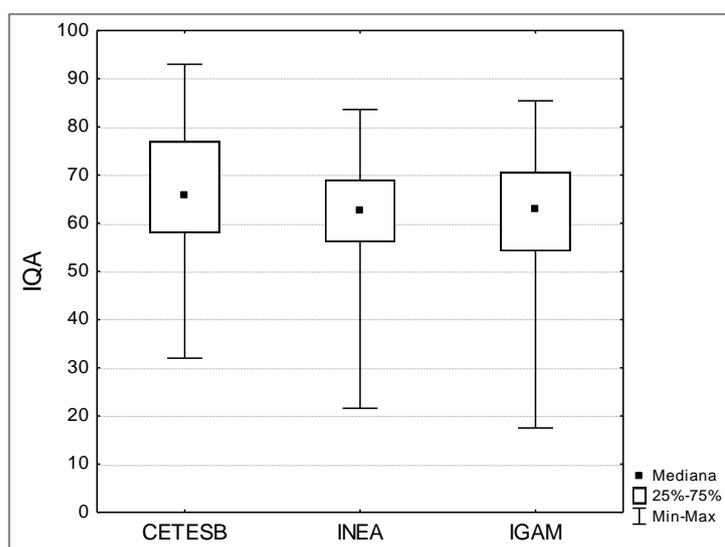
Para a avaliação espacial do IQA foram consideradas os valores do índice calculados trimestralmente para as 104 estações de amostragem dos três órgãos ambientais, entre o período de 2012 a 2014, de maneira a verificar a tendência espacial dos dados.

Após a organização e o tratamento dos dados foi realizada a avaliação comparativa dos aspectos qualitativos das águas da bacia do rio Paraíba do Sul nas três porções geridas pela CETESB, IGAM e INEA. Os resultados do teste estatístico de *Kruskal-Wallis* serão discutidos a seguir.

A Figura 5.26 mostra o gráfico *Box-Plot* para o conjunto de registros de IQA por órgão gestor, enquanto que na Figura 5.27 a Figura 5.29 são apresentados os gráficos por estação de monitoramento operada pela CETESB, IGAM e INEA, respectivamente.

Observaram-se diferenças significativas entre os valores medidos nas estações operadas pela CETESB e as estações do IGAM e do INEA, tendo ocorrido melhores condições de qualidade para a porção da bacia situada no estado de São Paulo (Figura 5.26). Cabe mencionar a existência de diferenças nas metodologias de cálculo do índice para a CETESB e os outros dois órgãos gestores.

Figura 5.26: Gráfico *Box-Plot* para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por trecho da bacia.



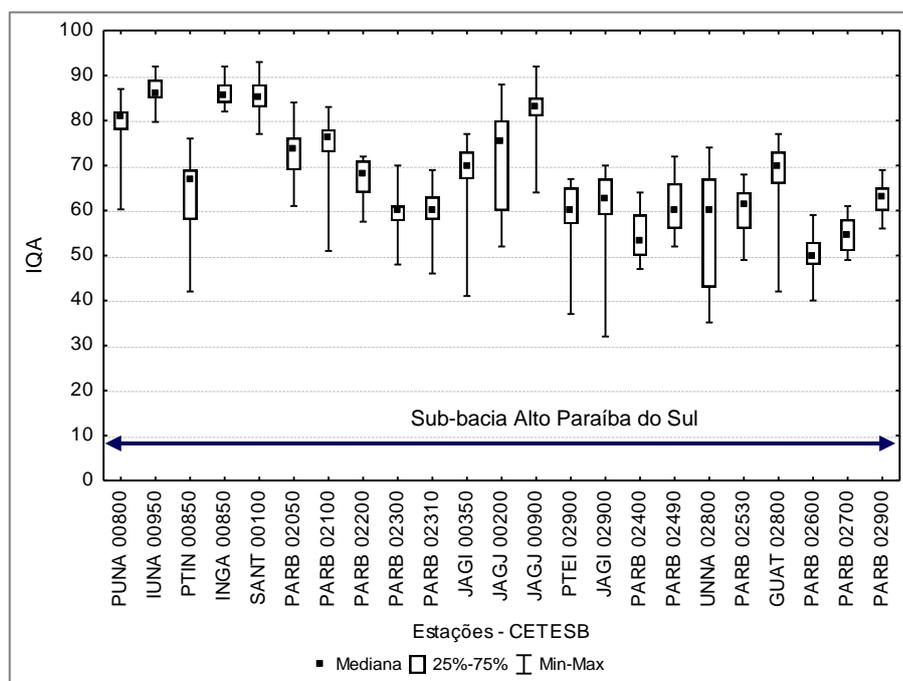
Na porção da bacia gerida pela CETESB (Figura 5.27), a região de cabeceira da bacia destacou-se por ter apresentado melhores condições de qualidade das águas, contudo, houve aumento da degradação ao longo do rio Paraíba do Sul, principalmente, nas estações localizadas nas proximidades do município de São José dos Campos (PARB02300, PARB02310 e JAGI02900), onde parte dos efluentes sanitários gerados é lançada sem tratamento diretamente no curso de água. A estação PTIN00850, instalada no rio Paraitinga, também mostrou condições menos favoráveis, com grande variabilidade dos resultados de IQA e mediana que não apresentou diferença significativa entre as estações situadas no trecho mais impactado, a jusante do reservatório de Santa Branca.

Na sub-bacia do rio Jaguari, embora tenham sido verificados valores mais baixos de IQA nos pontos dos rios Paratei e Jaguari, PTEI02900 e JAGI02900, respectivamente, as diferenças

foram significativas apenas entre a estação JAGJ00900, no interior da Represa Jaguari. Para os demais pontos da área de gestão Alto Paraíba do Sul, tendo em vista as melhores condições de qualidade do rio Guaratinguetá (GUAT02800), o teste estatístico mostrou diferenças significativas em relação ao quadro de qualidade das águas do rio Paraíba do Sul, nos trechos a montante (PARB02600) e a jusante (PARB02700) das contribuições do supracitado afluente, bem como nas proximidades do município de Caçapava (PARB02400).

Observaram-se piores valores de IQA no ponto PARB02600, situação que pode ser associada às interferências do lançamento de esgotos sanitários dos municípios de Guaratinguetá, Aparecida, Potim e Roseira. No entanto, houve sensível recuperação das águas no trecho a jusante.

Figura 5.27: Gráfico *Box-Plot* para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por estação de monitoramento da CETESB.



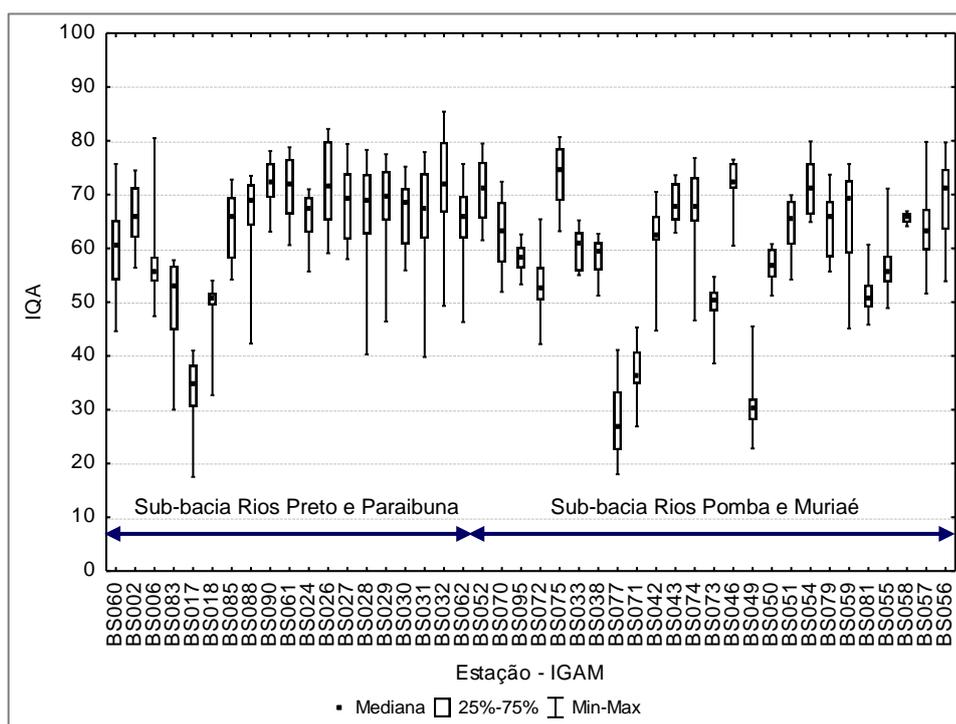
Na Figura 5.28, considerando as condições de qualidade da porção mineira da bacia, na sub-bacia do rio Preto os valores de IQA indicaram, de forma geral, piora na condição de qualidade das águas nos pontos localizados no município de Juiz de Fora (BS083, BS017 e BS018), refletindo a carência de saneamento básico, bem como as possíveis interferências de curtumes, indústrias de laticínios e de abate (IGAM, 2015). Associado a esse quadro, observou-se diferenças significativas para as estações citadas, sendo que nos demais pontos o

teste mostrou que as condições de qualidade da sub-bacia não apresentam diferenças significativas, com valores medianos de IQA próximos de 70.

Na sub-bacia do rio Pomba, confirmando o comportamento espacial dos resultados do gráfico *Box-Plot*, o teste identificou que as estações que apresentaram maiores valores de IQA se diferenciaram significativamente das estações cujos valores de IQA foram baixos. A influência do descarte de esgotos sanitários, assim como do lançamento de efluentes industriais e das atividades de pecuária, foi bastante relevante nas estações BS077 (rio Xopotó), BS071 (rio Ubá) e BS049 (ribeirão Meia Pataca), localizadas nos municípios de Visconde do Rio Branco, Ubá e Cataguases, respectivamente, denotam as piores condições de qualidade das águas na porção mineira da bacia do rio Paraíba do Sul. Na sub-bacia do rio Muriaé a diferença significativa ocorreu apenas entre as estações que tiveram melhor e pior condição de qualidade, respectivamente, as estações BS081 (rio Muriaé) e BS056 (rio Carangola). A degradação mais expressiva nessa sub-bacia esteve relacionada ao lançamento de esgotos sanitário do município de Muriaé, bem como à atividade agropecuária (IGAM, 2015).

Quanto aos pontos localizados na calha do rio Paraíba do Sul, a situação mostrou-se semelhante nos trechos monitorados pelo IGAM, não sendo verificadas diferenças significativas na qualidade das águas, o que demonstra que o rio apresenta boa capacidade de depuração da carga poluidora lançada através dos tributários.

Figura 5.28: Gráfico *Box-Plot* para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por estação de monitoramento da IGAM.



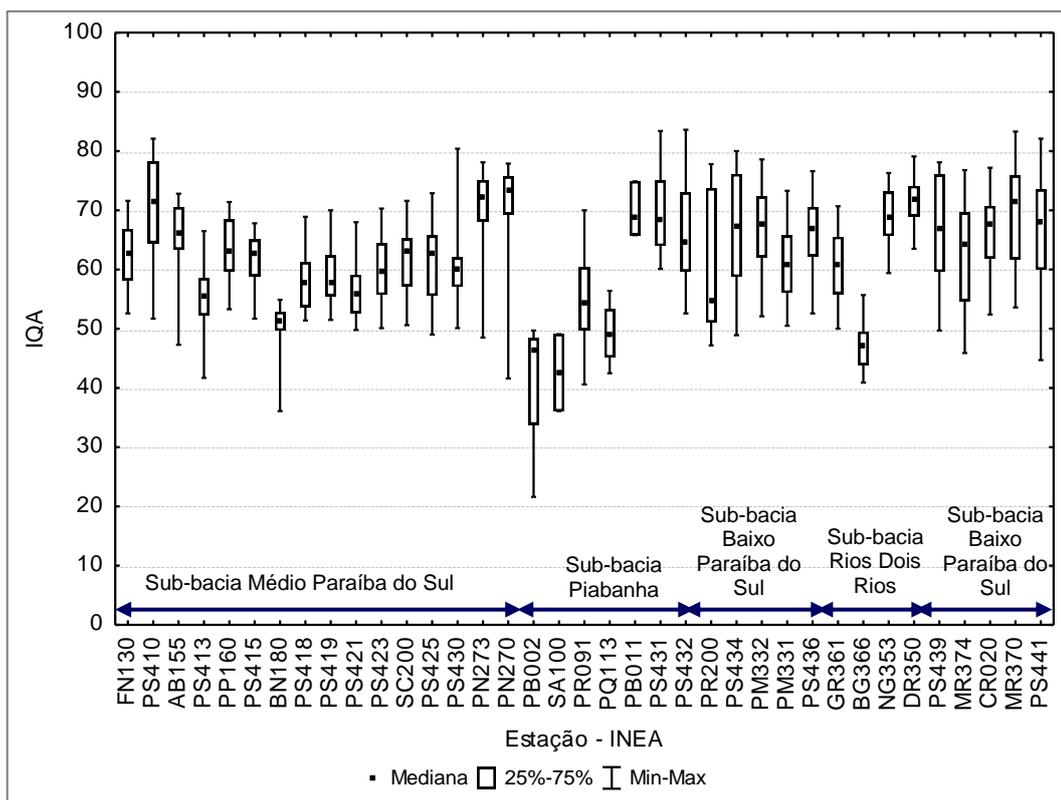
Em relação ao monitoramento do INEA, na Área de Gestão/Sub-bacia Médio Paraíba do Sul houve comprometimento da qualidade das águas, com ocorrências mais frequentes de IQA inferiores a 70, associada, principalmente, às interferências dos municípios de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda onde, em virtude da grande população, grandes volumes de esgotos sanitários são lançados nos rios, bem como na região são encontradas grandes indústrias siderúrgicas, químicas e alimentícias (AGEVAP, 2013d). As interferências do município de Barra Mansa foram mais evidentes e refletiram a pior condição de qualidade das águas verificada para o rio Bananal (BN180), com valores de IQA que variaram entre 36,1 e 54,9. No entanto, a estação mostrou ser significativamente diferente apenas aos pontos do rio Paraibuna e no trecho alto da sub-bacia.

Quanto à Área de Gestão/Sub-bacia Piabanha, a situação mais crítica ocorreu no rio homônimo (PB002), cuja contribuição esteve relacionada às interferências antrópicas dos municípios de Petrópolis e Magé (AGEVAP, 2013d). A jusante da confluência dos afluentes com a calha principal do rio Paraíba do Sul foi detectada situação mais favorável, com aumento considerável dos valores de IQA.

Na Área de Gestão/Sub-bacia Rio Dois Rios o teste estatístico mostrou diferenças significativas apenas para a estação BG366, no rio Bengala, tendo sido detectada maior degradação da qualidade das águas, possivelmente relacionada às interferências do lançamento de esgoto sanitários do município de Nova Friburgo.

Observou-se melhora gradativa ao longo da sub-bacia, em que os rios Negro e Dois Rios apresentaram resultados que se distribuíram entre 59,4 e 79,1. Quanto às estações da área de gestão Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, prevaleceram valores medianos de IQA variando de 40,9 a 83,3, com registros mais elevados no trecho mais a jusante. Embora tenha sido observada grande variabilidade de resultados, o teste estatístico não mostrou diferenças significativas entre as medianas, de maneira que as condições de qualidade desta sub-bacia se mantiveram semelhantes na calha principal e nos afluentes.

Figura 5.29: Gráfico *Box-Plot* para os registros de IQA, período de 2012 a 2014 por estação de monitoramento da INEA.



A avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, através do IQA, possibilitou uma caracterização das águas inseridas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, bem como a indicação das principais interferências ou características que,

possivelmente, interferiram nas condições de qualidade durante o período de 2012 a 2014, correlacionando-as aos efeitos das principais ocupações e às atividades antrópicas na alteração da qualidade dos recursos hídricos.

O teste estatístico de *Kruskal-Wallis* seguido do teste de comparações múltiplas, assim como os gráficos *box-whisker*, associados aos usos e ocupação da bacia permitiu a identificação dos trechos com diferenças significativas de condições de qualidade das águas, que na maioria das ocasiões se mostraram menos satisfatórias, e refletiram as interferências do descarte de efluentes industriais, das atividades agropecuárias e, principalmente, da significativa contribuição do lançamento de esgotos sanitários dos municípios. Sobressaíram-se as estações de monitoramento localizadas na região da cabeceira da bacia, cujos valores mais elevados de IQA mostraram boas condições de qualidade das águas dos formadores do rio Paraíba do Sul. Em contrapartida, a degradação das águas foi mais evidente nas estações existentes nos municípios de Juiz de Fora, Petrópolis, Visconde do Rio Branco, Ubá e Cataguases, mostrando que são precárias as condições de qualidade, sobretudo, em função da ocupação urbana e dos despejos de esgotos sanitários sem tratamento.

5.4 Avaliação espacial da qualidade das águas

A presente etapa do trabalho consiste na verificação das variações espaciais da bacia do rio Paraíba do Sul. Conforme detalhado na metodologia, empregaram-se técnicas consideradas exploratórias na avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas. Para o emprego das análises multivariadas, tendo em vista o critério de homogeneidade dos dados, a série histórica disponibilizada do INEA inviabilizou a utilização do conjunto de dados completos (2005 a 2014). Dessa maneira, foram utilizadas medianas trimestrais, do período de 2012 a 2014, obtendo-se o mesmo número de dados para todas as Área de Gestão/Sub-bacias.

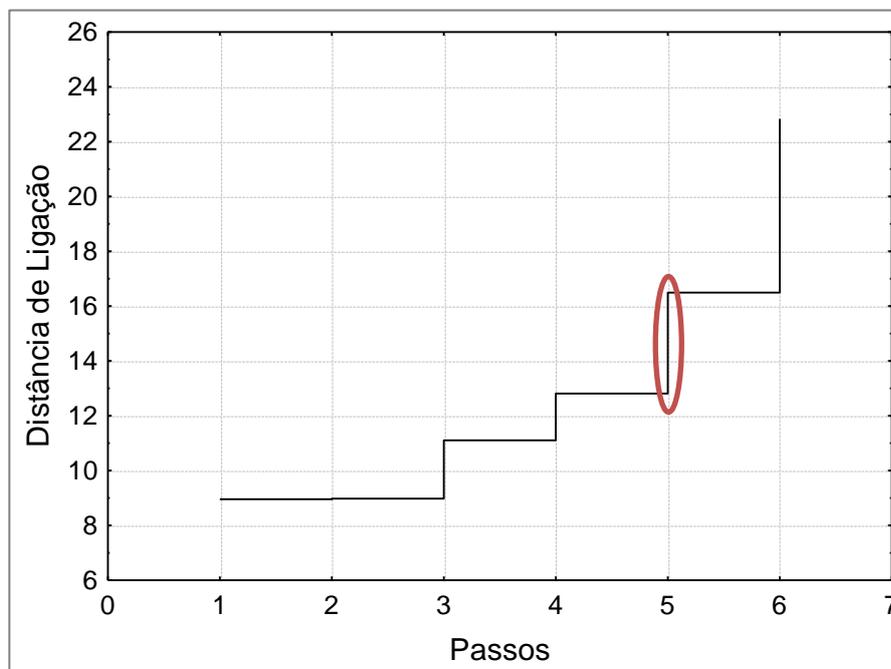
Das 104 estações de monitoramento da bacia do rio Paraíba do Sul, uma foi desconsiderada por ter seu monitoramento interrompido em novembro de 2011. Do rol completo de variáveis, 27, foram selecionados os 10 parâmetros, coliformes termotolerantes/*E. coli*, condutividade elétrica, DBO, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais e turbidez, por apresentarem percentuais de dados faltantes inferiores a 60%. Seguindo esse critério, as variáveis selecionadas relacionam-se, principalmente, à degradação da qualidade das águas por despejos orgânicos e microbiológicos, sólidos e nutrientes.

Outros parâmetros, como metais e semi-metais, além de fenóis totais, embora não atendam os requisitos para inclusão nas análises multivariadas, apresentam grande relevância para a gestão da qualidade das águas, como pode ser verificado pelas ocorrências de não atendimento às classes de enquadramento. Dessa maneira, reforça-se a regularidade das análises dessas variáveis, de modo a permitir a realização de tratamentos estatísticos mais abrangentes.

5.4.1 Análise de Agrupamento – Análise de *Cluster* (AC)

A análise de agrupamento ou análise de *Cluster* (AC) foi empregada no intuito de identificar grupos de estações de monitoramento com características similares, considerando as medianas trimestrais calculadas por Área de Gestão/Sub-bacia, do período entre 2012 e 2014, e posteriormente padronizadas. Para determinação do número de grupos formados no dendograma gerado pela AC, foram seguidas as premissas definidas por Vicini, 2005. As distâncias de ligação nas quais os grupos foram formados são apresentadas na Figura 5.30, onde pode ser observado maior salto (3,68) ocorre entre os passos de agrupamento 4 e 5, cujas distâncias de ligação são 12, 81 e 16,49. A Distância Euclidiana (linha de corte) foi traçada entre as duas distâncias, valor médio (14,65).

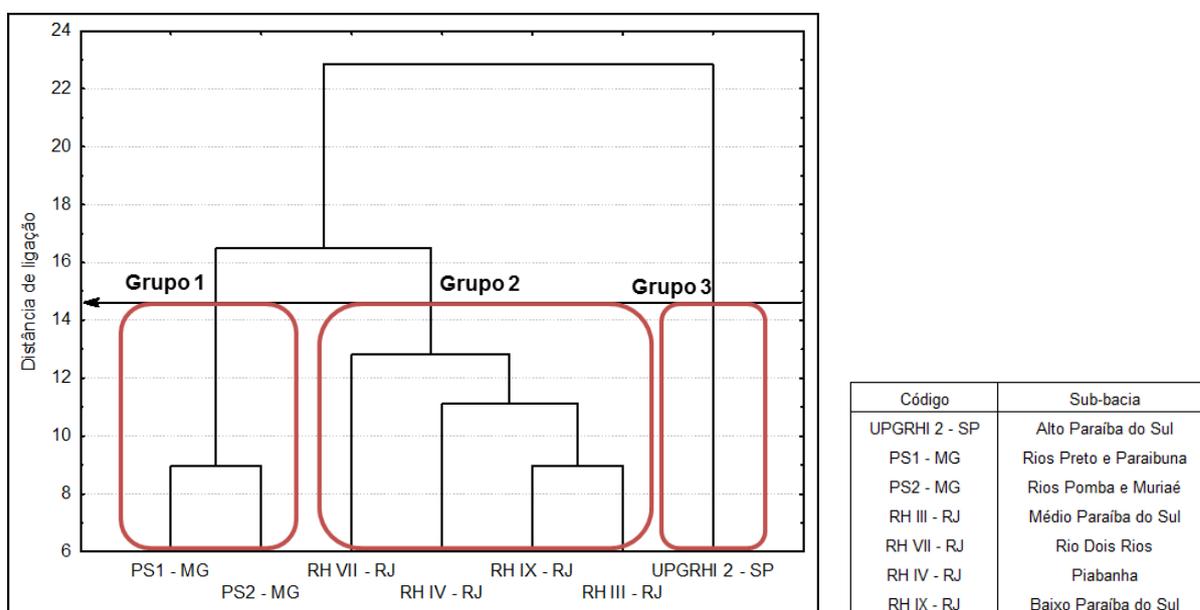
Figura 5.30: Gráfico das Distâncias Euclidianas para os agrupamentos formados na avaliação por Área de Gestão/Sub-bacia.



Dessa maneira, conforme apresentado na Figura 5.31, o dendograma resultante da análise de agrupamento apontou a formação de três grupos, considerando a distância euclidiana de 14,65. O Grupo 1 é formado pelas Áreas de Gestão/Sub-bacias mineiras PS1 – MG (Rios Preto e Paraibuna) e PS2 – MG (Rios Pomba e Muriaé), o Grupo 2 pelas Áreas de Gestão/Sub-bacias fluminense RH III – RJ (Médio Paraíba do Sul), RH VII – RJ (Rio Dois Rios), RH IV – RJ (Piabanha), RH IX – RJ (Baixo Paraíba do Sul), e o Grupo 3 pela única Área de Gestão/Sub-bacia paulista, UGRHI 2 - SP (Alto Paraíba do Sul). Denota-se que os agrupamentos apresentam coerência com as condições de qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul e também a localização geográfica das sub-bacias.

O agrupamento da UGRHI 2 - SP que se refere ao trecho alto da bacia do rio Paraíba do Sul mostrou-se isolado, refletindo as melhores condições de qualidade das águas dos formadores do rio Paraíba do Sul, do próprio estirão e de seus afluentes, até a altura da barragem da UHE Funil, se distinguindo entre as demais Áreas de Gestão/Sub-bacias. Observa-se ainda, dentro do Grupo 2, a ligação entre as Áreas de Gestão/Sub-bacias RH III – RJ (Médio Paraíba do Sul), RH IX – RJ (Baixo Paraíba do Sul) que incluem pontos da calha do rio Paraíba do Sul e de afluentes da margem esquerda.

Figura 5.31: Dendograma da Análise de *Cluster* para o banco de dados de medianas do período entre 2012 a 2014.



5.4.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

A segunda etapa da avaliação da tendência espacial da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul concerne à Análise de Componentes Principais (ACP), tendo como objetivo a identificação de parâmetros mais representativos para a caracterização da qualidade das águas para cada agrupamento formado na AC.

Considerando as medianas padronizadas, a ACP foi aplicada aos dois agrupamentos da AC que apresentaram mais de uma Área de Gestão/Sub-bacia, Grupo 1 e Grupo 2. Uma vez que foram consideradas 10 variáveis, a ACP resultou na extração de 10 componentes principais (CP) para cada um dos agrupamentos. Para o Grupo 1 (Áreas de Gestão/Sub-bacias mineiras), foram encontrados três CPs e para o Grupo 2 (Áreas de Gestão/Sub-bacias fluminenses), cinco CPs, com autovalores maiores que um, como indicado por Kaiser (1960), que explicaram 68% e 78% da variância da qualidade das águas superficiais das sub-bacias mineiras e fluminense, respectivamente.

Na Tabela 5.2 e Tabela 5.3 são apresentados para os Grupos 1 e 2, os valores das cargas fatoriais de cada parâmetro para cada fator e a variabilidade da qualidade da água explicada por cada fator. São destacados em negrito as maiores correlações encontradas entre a variável e o componente principal (CP), consideradas como fortes e moderadas ($>|0,75|$ e $|0,75|$ a $|0,50|$) (LIU *et al.*, 2003; TRINDADE, 2013), e sublinhados valores de carga maiores que 0,75.

Tabela 5.2: Cargas dos componentes principais obtidos pela ACP para o grupo 1.

Parâmetros	Carga dos Componentes Principais		
	CP1	CP2	CP3
Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i>	0,733	0,039	-0,152
Condutividade elétrica	0,215	0,791	0,315
DBO	-0,057	0,285	0,714
Fósforo total	0,838	0,027	0,005
Nitrato	0,319	0,563	0,086
Nitrogênio amoniacal total	0,121	0,441	-0,585
Oxigênio dissolvido	-0,730	-0,002	-0,381
pH	-0,289	0,651	-0,441
Sólidos totais	0,945	-0,112	-0,049
Turbidez	0,881	-0,166	-0,267
Autovalores	3,692	1,685	1,394
% de variância explicada	36,92	16,85	13,94
% cumulativo de variância	36,92	53,77	67,71

Tabela 5.3: Cargas dos componentes principais obtidos pela ACP para o grupo 2.

Parâmetros	Carga dos Componentes Principais				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i>	0,638	-0,378	-0,280	-0,235	-0,392
Condutividade elétrica	-0,401	-0,078	-0,575	0,478	-0,320
DBO	0,017	0,100	-0,479	-0,428	0,635
Fósforo total	0,817	-0,175	0,027	0,351	0,220
Nitrato	0,397	-0,617	0,417	0,055	-0,126
Nitrogênio amoniacal total	-0,552	-0,516	-0,361	0,217	0,066
Oxigênio dissolvido	-0,306	0,365	0,603	0,421	0,174
pH	0,331	0,640	0,073	-0,126	-0,256
Sólidos totais	0,206	0,685	-0,378	0,102	-0,262
Turbidez	0,620	0,112	-0,311	0,501	0,337
Autovalores	2,328	1,862	1,553	1,096	1,006
% de variância explicada	23,28	18,62	15,53	10,96	10,06
% cumulativo de variância	23,28	41,90	57,43	68,39	78,44

Para o Grupo 1 (Áreas de Gestão/Sub-bacias mineiras), o Componente Principal 1 (CP1) explica 36,92% da variância, com contribuições relevantes das variáveis sólidos totais, turbidez, fósforo total e coliformes termotolerantes/*E. coli*, e contribuição negativa do parâmetro oxigênio dissolvido. Enquanto que o CP2 está correlacionado com as variáveis condutividade elétrica, nitrato e pH. As cargas mais elevadas estiveram relacionadas ao impacto das cargas difusas devido ao manejo inadequado do solo, interferências pelo lançamento de esgotos sanitários, bem como à presença de íons dissolvidos.

Como pode ser visto na Tabela 5.3, relativamente ao Grupo 2, os mesmos parâmetros e correlações similares foram encontrados na caracterização da qualidade da água das sub-bacias fluminenses, sendo que 23,28% da variabilidade da qualidade da água é explicada pelo CP1, o qual é relacionado com fósforo total, coliformes termotolerantes/*E. coli*, turbidez e nitrogênio amoniacal total. O CP2 possui apenas correlações moderadas positivas com as variáveis Sólidos totais, pH, e negativa com nitrato e nitrogênio amoniacal total.

Destaca-se que os principais fatores de pressão antrópicas sobre a qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul identificados em relatórios técnicos foram o lançamento de esgoto doméstico brutos nos corpos de água pela maioria dos municípios localizados na bacia do rio Paraíba do Sul, o lançamento de efluentes industriais (laticínios, alimentícia, rações e fertilizantes), as atividades agropecuárias, pelas contribuições dos dejetos dos animais e a

utilização de fertilizantes, e o mau uso do solo, condição que é confirmada pelos Componentes encontrados pela ACP.

Os gráficos das cargas dos dois primeiros componentes estão apresentados na Figura 5.32 e Figura 5.33, respectivamente para o Grupo 1 (Áreas de Gestão/Sub-bacias mineiras) e Grupo 2 (Áreas de Gestão/Sub-bacias fluminenses). Conforme descrito por Nonato *et al.* (2007), maior é a importância do parâmetro correspondente, quanto menor o ângulo entre o vetor de peso e o eixo do Componente Principal.

Figura 5.32: Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores das Componentes Principais, Grupo 1 (Áreas de Gestão/Sub-bacias mineiras).

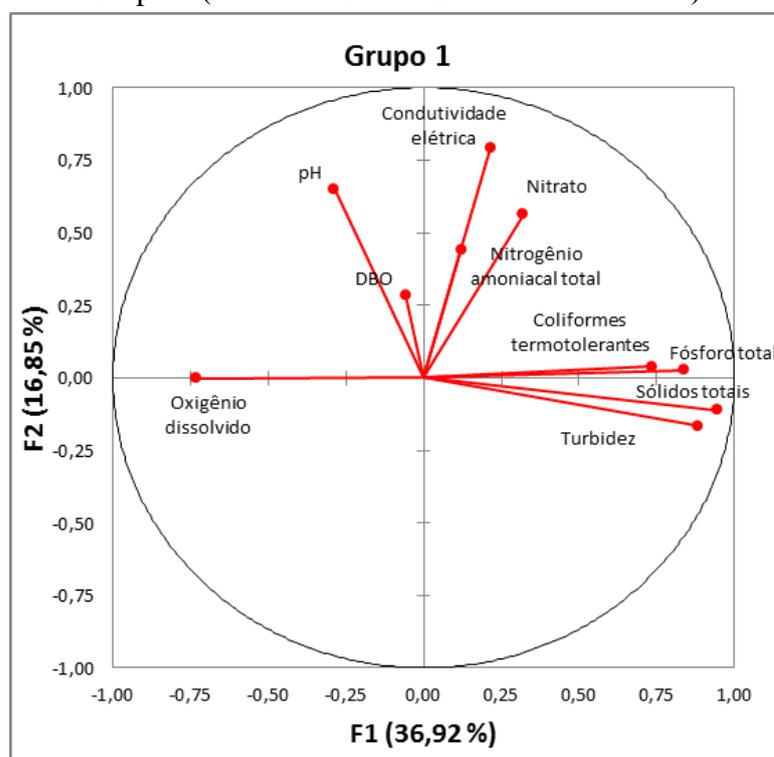
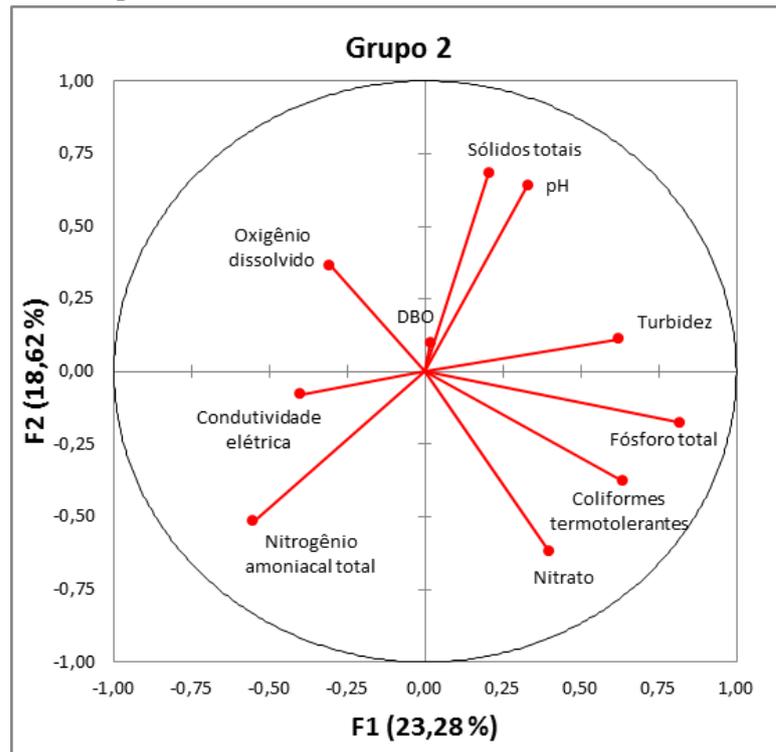


Figura 5.33: Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores das Componentes Principais, Grupo 2 (Áreas de Gestão/Sub-bacias fluminenses).



Observa-se, na Figura 5.32, sobreposição das variáveis coliformes termotolerantes/*E. coli* e Fósforo total, o que indica que elas possuem representatividade similar no gráfico. As variáveis que se apresentaram próximas ao círculo unitário, indicam uma maior contribuição, em relação às variáveis que estão mais afastadas. Para o Grupo 1 (Áreas de Gestão/Sub-bacias mineiras), as variáveis mais correlacionadas entre si são as que formam o menor ângulo em relação ao eixo das abscissas: sólidos totais, turbidez, fósforo total, coliformes termotolerantes/*E. coli* e oxigênio dissolvido, sendo as que melhor explicam o CP1. O oxigênio dissolvido apresenta carga negativa e está em oposição à maioria dos parâmetros, tendo em vista que os níveis de oxigenação diminuem de acordo com o aumento de contaminantes na água. Os parâmetros condutividade elétrica, o nitrato e o pH se relacionaram positivamente com o CP2.

Relativamente ao Grupo 2 (Áreas de Gestão/Sub-bacias fluminenses), analisando a Figura 5.33, pode-se concluir que a variável Fósforo total é a que melhor representa o CP1 em relação ao CP2, tendo em vista que o vetor de peso é o que mais se aproxima do círculo unitário. Os parâmetros turbidez e coliformes termotolerantes/*E. coli* também explicam o CP1, pois formam ângulos menores com o eixo das abscissas. A maioria dos parâmetros

apresentados se relaciona positivamente com o CP1, a exceção do oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e nitrogênio amoniacal total. Enquanto que para o CP2, os parâmetros ficaram divididos.

5.4.3 Teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* e Teste de Comparações Múltiplas

Para validação dos agrupamentos formados e identificação dos parâmetros responsáveis pela diferenciação dos grupos, foram aplicados o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*, seguido do teste de comparações múltiplas. Na Figura 5.34 são apresentados os gráficos *Box-plots* com a dispersão dos resultados por grupo avaliado, bem como encontram-se os resultados dos testes de comparação múltiplas. Os resultados reportados como “=” denotam que o grupo apresentado na coluna, em negrito, não difere significativamente do grupo apresentado na linha, em itálico. Enquanto que os resultados representados pelos símbolos “▲” e “▼” indicam, respectivamente, que o grupo apresentado na coluna é significativamente maior ou menor que o grupo apresentado na linha.

Figura 5.34: *Box-plot* dos resultados dos parâmetros de análise e do teste de comparações múltiplas.

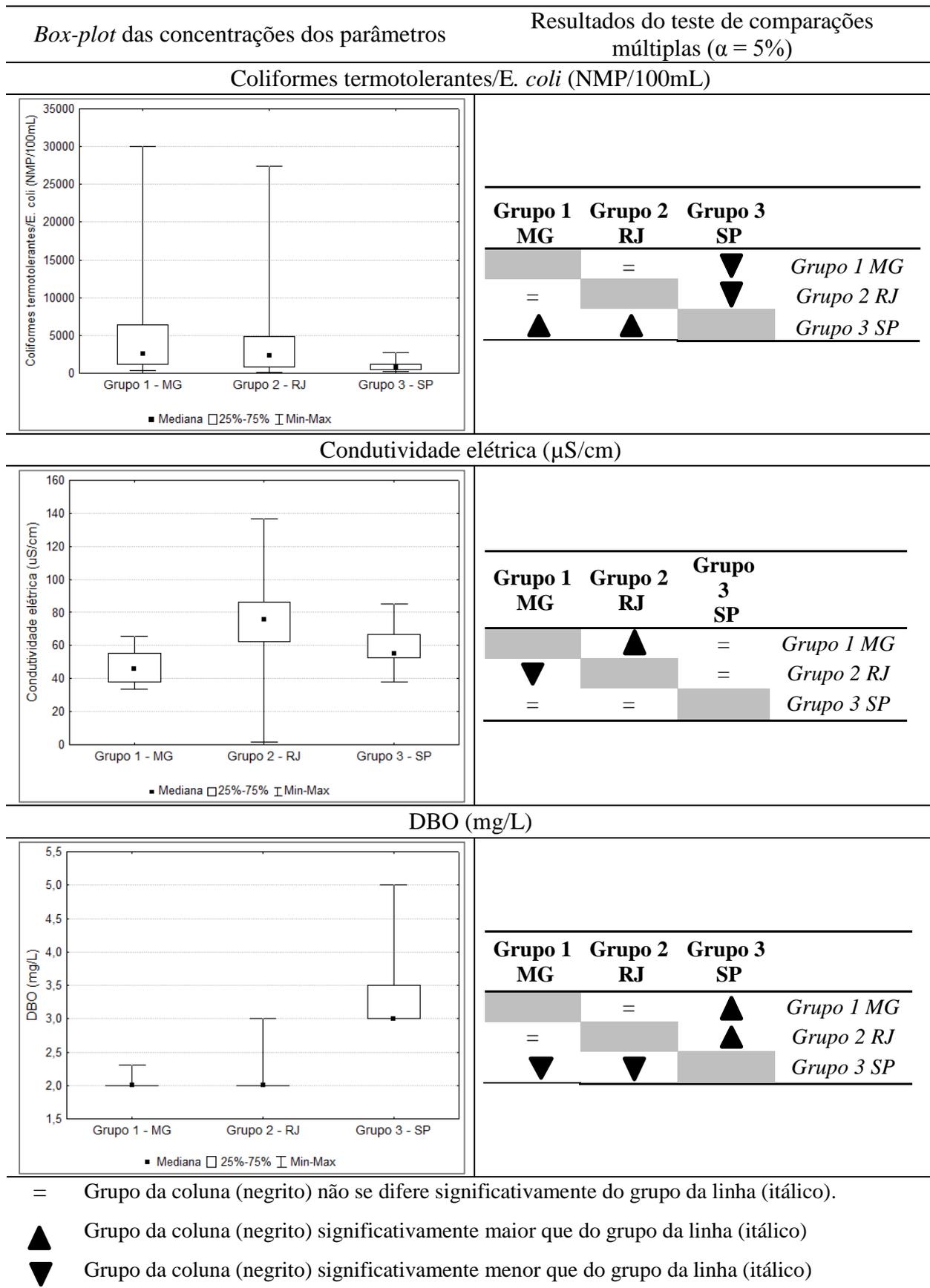


Figura 5.31: *Box-plot* dos resultados dos parâmetros de análise e do teste de comparações múltiplas (continuação).

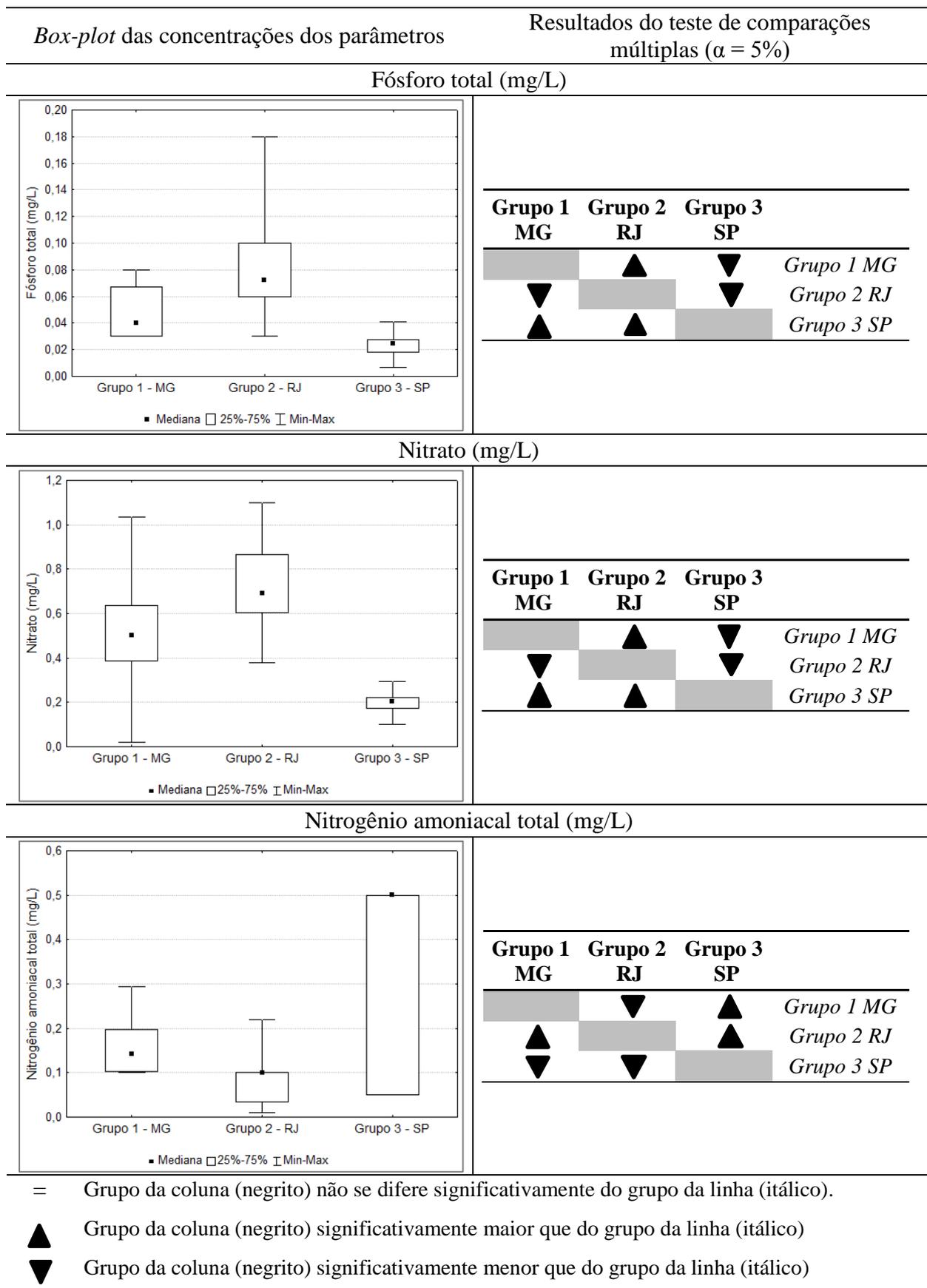


Figura 5.31: *Box-plot* dos resultados dos parâmetros de análise e do teste de comparações múltiplas (continuação).

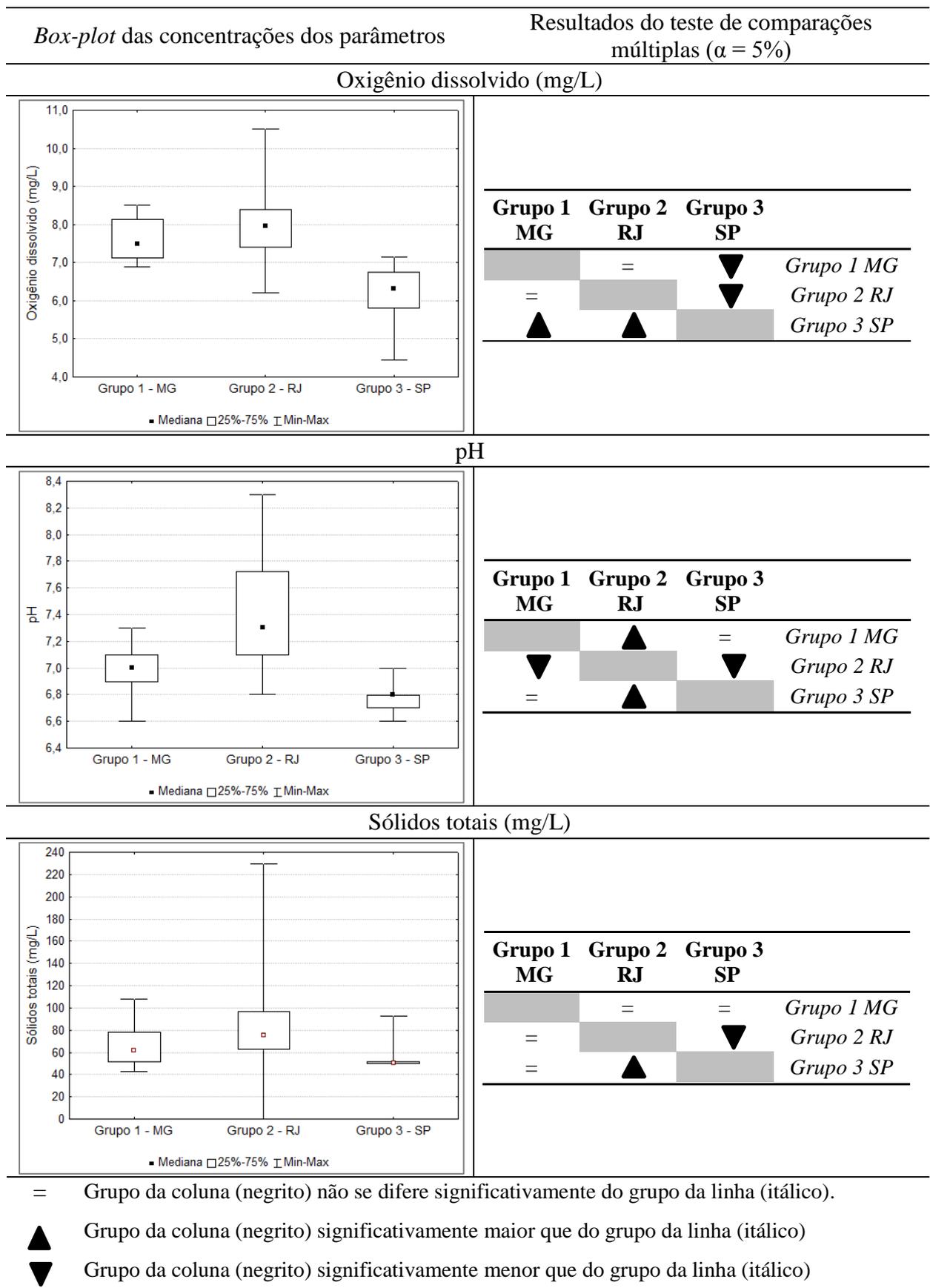
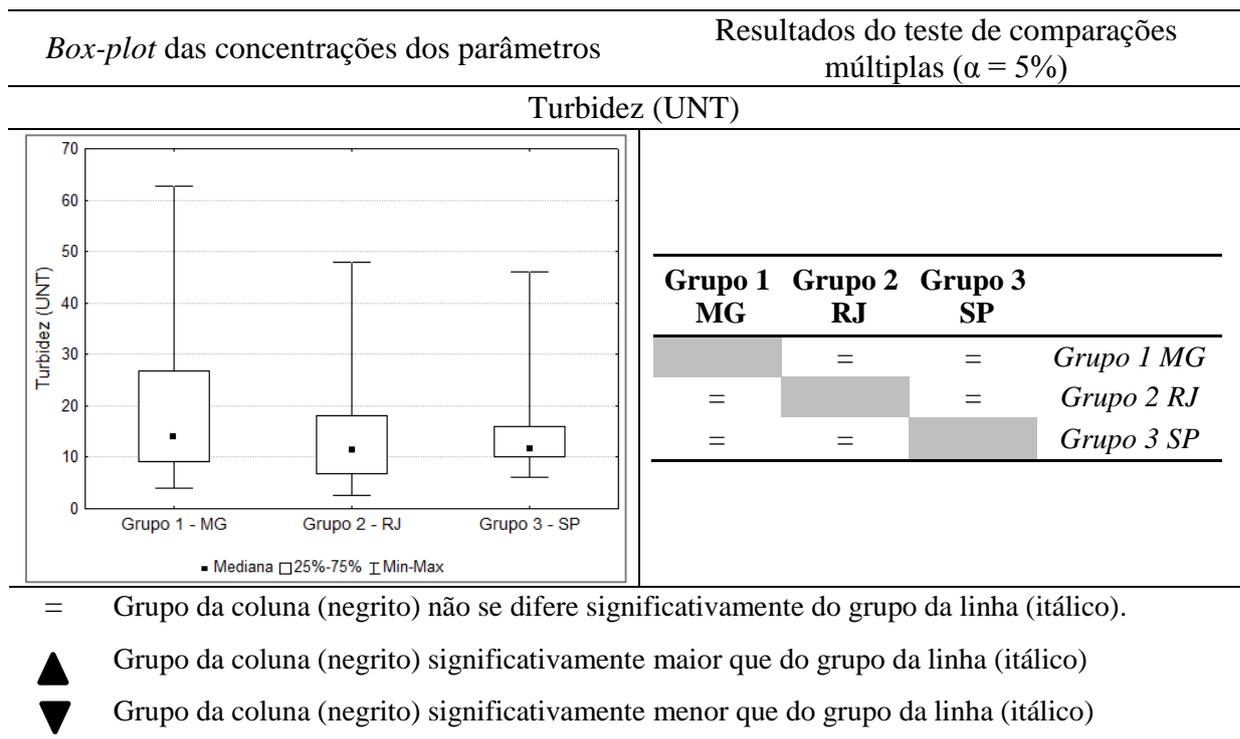


Figura 5.31: *Box-plot* dos resultados dos parâmetros de análise e do teste de comparações múltiplas (continuação).



Considerando o nível de significância de 5%, foram encontradas diferenças significativas para quase todos os parâmetros de qualidade da água em relação aos agrupamentos formados pela AC. A exceção esteve relacionada à variável turbidez, cujos resultados não apresentaram diferenças entre os agrupamentos ($p = 0,3484$).

Conforme as análises anteriores, o grupo da sub-bacia paulista (Grupo 3 – SP) destacou-se pelo comportamento distinto em relação às demais sub-bacias, com registros significativamente menores para os parâmetros coliformes termotolerantes/*E. coli*, fósforo total, nitrato, pH e sólidos totais, confirmando que as estações de monitoramento destes grupos possuem melhor qualidade da água. Os níveis de oxigênio dissolvido também foram menores, o que indica menor oxigenação das águas no trecho do alto da bacia, que podem ser associadas às medidas mais elevadas de DBO, ocorridas principalmente nos pontos da calha, tendo em vista que esta variável se apresentou significativamente maior em relação às sub-bacias mineiras e fluminenses. Salienta-se que a porção paulista da bacia apresenta bons níveis de oxigenação das águas nos trechos de cabeceira e em seus afluentes. Contudo, o comprometimento dos pontos na calha influenciou sobremaneira nos resultados estatísticos dos parâmetros Oxigênio dissolvido. Os resultados de Nitrogênio amoniacal total, com

maioria reportado com menor que os Limites de Quantificação (LQs), foram significativamente maiores, essencialmente, em função do LQ elevado de 0,5 mg/L.

As sub-bacias fluminenses (Grupo 2 – RJ) apresentaram valores significativamente maiores que as sub-bacias mineiras para os parâmetros fósforo total, nitrato e pH e menores para nitrogênio amoniacal total. Não houve diferenças significativas entre estas sub-bacias para as variáveis coliformes termotolerantes/*E. coli*, DBO, oxigênio dissolvido e sólidos totais, o que indicaram maior degradação ao longo da bacia, nos trechos médio e baixo, bem como nas sub-bacias afluentes, com condições similares para a qualidade das águas, relacionadas à influência de impactos antrópicos pelo aporte de esgotos domésticos, de efluentes industriais, aos processos erosivos e o desmatamento de áreas periféricas.

O conteúdo de íons dissolvidos nas águas, indicado pela condutividade elétrica, não mostrou diferença significativa entre as sub-bacias, contudo, as medidas do Grupo 2 – RJ foram significativamente maiores que a do Grupo 1 – MG.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho refere-se à avaliação integrada da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul, considerando as redes de monitoramento operadas pela CETESB, IGAM e INEA, nas porções das bacias nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, respectivamente.

Salienta-se a complexidade da avaliação da qualidade das águas superficiais na bacia em estudo, pela heterogeneidade das redes de monitoramento, com número de parâmetros analisados, frequência de coleta, procedimentos de coleta e métodos de análises bastante distintos. Cabe destacar que foi verificada grande fragilidade no banco de dados do INEA e falhas na gestão da rede de monitoramento do estado do Rio de Janeiro, tendo em vista o relevante número de dados faltantes no banco de dados, essencialmente, para o período de 2005 a 2011. Dessa maneira, reforça-se a necessidade de padronizar os procedimentos de coleta e de preservação de amostras e estabelecer frequências e parâmetros mínimos de monitoramento, com a geração de bancos de dados consistentes, para melhor acompanhamento da evolução da qualidade dos recursos hídricos.

A avaliação das séries históricas de dados de qualidade das águas apontou os indicadores coliformes termolerantes/*E. coli*, fósforo total, ferro dissolvido, manganês total, oxigênio dissolvido, DBO e turbidez como os mais relevantes para a bacia, tendo em vista as ocorrências expressivas de concentrações elevadas, em relação aos padrões de qualidade, ao longo de toda calha principal e nos principais afluentes, sendo considerados os mais representativos da degradação da qualidade das águas na bacia.

A verificação da compatibilidade das condições de qualidade das águas com as classes de enquadramento para os parâmetros considerados relevantes permitiu verificar situação menos favorável para o parâmetro coliformes termotolerantes/*E. coli*, com a predominância de estações com elevados percentuais de não conformidade com os padrões de enquadramento. Destaca-se a importância do instrumento Enquadramento como um instrumento de integração entre a gestão sistemática dos recursos hídricos e a gestão ambiental. Embora seja verificado um avanço na gestão dos recursos hídricos, a presente avaliação mostrou condições de incompatibilidade com as classes de enquadramento da bacia, principalmente, para as variáveis relacionadas ao saneamento. Recomenda-se, portanto, a priorização de ações,

sobretudo, voltadas para implantação e/ou otimização dos sistemas de esgotamentos sanitários, de maneira a permitir a adequação dos cursos de água para a conformidade, em relação às respectivas classes de qualidade.

Confirmando os resultados da avaliação da compatibilidade das concentrações com os padrões de enquadramento, a análise da variação espacial do IQA indicou melhores condições de qualidade para o trecho alto da bacia, com aumento da degradação ao longo do rio Paraíba do Sul, correlacionando-as aos efeitos das principais ocupações e às atividades antrópicas. Tendo em vista as diferenças nas metodologias adotadas para obtenção dos valores deste índice entre as redes de monitoramento, sugere-se a padronização e recálculo do IQA para possibilitar a adequada comparação dos resultados.

A aplicação das técnicas multivariadas mostrou-se eficiente para identificação de comportamentos similares entre sub-bacias, com formação de agrupamentos coerentes com as condições de qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul e também a localização geográfica das sub-bacias, agrupando as áreas de gestão/sub-bacias mineiras separadamente das áreas de gestão/sub-bacias fluminenses, e isolando a área de gestão/sub-bacia paulista. A Análise de Componentes Principais permitiu identificar os parâmetros mais significativos, os quais descrevem todo o conjunto de dados, além de confirmar os principais fatores de pressão na bacia, relacionados ao impacto das cargas difusas devido ao manejo inadequado do solo, interferências pelo lançamento de esgotos sanitários, bem como à presença de íons dissolvidos.

Ressalta-se a importância deste trabalho no que se refere à integração das informações obtidas pelos órgãos ambientais gestores dos três estados, possibilitando a abrangência espacial para a avaliação da qualidade das águas, otimizando a gestão dos recursos hídricos. Tendo em vista a posição estratégica da bacia, com facilitadores para o desenvolvimento da região, além da complexidade dos problemas inerentes à recuperação de recursos hídricos, torna-se imprescindível a integração e perfeita harmonia da gestão ambiental entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, na busca de soluções conjuntas para superar os grandes conflitos de usos múltiplos das águas da bacia do rio Paraíba do Sul.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013*. Brasília, DF, 2013. 434 p. Disponível em < <http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2014 - Brasília: ANA, 2015*. 103 pag. Disponível em < <http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Dispõe sobre as condições de operação a serem observadas para o Sistema Hidráulico Paraíba do Sul, que compreende tanto os reservatórios localizados na bacia quanto as estruturas de transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o Sistema Guandu. Resolução Conjunta n. 1.382, de 7 de dezembro de 2015. Disponível em < www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12889> Acesso em: 12 dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Estabelece procedimentos acerca das atividades de fiscalização do uso de recursos hídricos em corpos d'água de domínio da União. Resolução n. 662, de 29 de novembro de 2010. < <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2010/662-2010.pdf> > Acesso em: 16 jan. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – SNIRH no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica / Agência Nacional de Águas.-- Brasília: ANA, 2009*. 145p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Panorama do enquadramento dos corpos d'água*. Brasília: ANA, 2005. 43 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*. Brasília : ANA, 2007. 124 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012*. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012. 264 pag. Disponível em <www.ana.gov.br/SalaImprensa/PanoramadaQualidadedasAguas.asp>. Acesso em: 01 set. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água /Agência Nacional de Águas. -- Brasília: SAG, 2011*. 100 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Resolução n. 317, de 26 de agosto de 2003. Disponível em < <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2003/317-2003.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Síntese do Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul - PGRH-RE-019-R0*. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2002. 264 pag. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/BaciaPBS/Textos/Sintese%20Plano%20Recursos%20Hidricos%20da%20BPS%20-%20COPPE%20-%20Set02%20-%20Relatorio.pdf>> Acesso em: 09 fev. 2015.

ALMEIDA, K. C. B. *Avaliação da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais da bacia do rio das velhas utilizando o método da entropia*. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2013.

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S; TAVARES, C. R. G; FILHO, E. E. S; CARNIEL, A. *Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos*. *Acta Scientiarum. Technology*, vol. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY W.; ALVES A. B. *Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada*. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, 2007.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul – Resumo – Plano de Recursos Hídricos Consolidado Resumo*, 147p. 2007.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul – Resumo – Primeiro Termo Aditivo - Contrato AGEVAP-COPPETEC - Tema C: Infestação de Macrófitas*, 54p. 2007.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Relatório Técnico – Bacia do rio Paraíba do Sul – Subsídio às ações de melhoria da gestão*, 256p. 2011.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Análise do Arcabouço Legal RP-02*, 115p. 2013.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Diagnóstico Integrado e Contextualizado dos Recursos Hídricos*, 149p. 2013.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Áreas Vulneráveis e Eventos Críticos Extremos (Atividade 703)*, 105p. 2013.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (Atividade 505)*, 217p. 2013.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Plano de Trabalho Consolidado RP-01*, 79p. 2013.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Diagnóstico das Fontes de Poluição*, 145p. 2014.

AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L. L.; PORTO, M. Sistema de apoio a decisão para gerenciamento integrado de quantidade e qualidade da água: metodologia e estudo de caso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, vol. 3, n. 3, p. 21-51, 1998.

BARBOSA, T. B. C. *Avaliação da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Paracatu em função do uso e ocupação do solo*. 2015. 156 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2015.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de Quantidade e Qualidade das Águas, in *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. São Paulo, Escrituras, p. 145-60, 2006.

BRANDÃO, J. L. B; MALTA, L. R. S.; MASINI, L. S.; STUART, L. C.; PORTO, M. F. A Experiência nacional e internacional sobre o enquadramento de cursos d'água. In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 2006, Curitiba, PR. *Anais...*Curitiba: ABRH, 2006.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas, 1934. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>Acesso em: 15 de setembro de 2015.

BRASIL. Decreto 87.561, de 13 de setembro de 1982. Dispõe sobre as medidas de recuperação e proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e dá outras providências. Disponível em:< <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-87561-13-setembro-1982-437707-norma-pe.html>>Acesso em: 14 de outubro de 2015.

BRASIL. Ministério do Interior. Portaria GM n. 086/81. Estabelece o enquadramento das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Plano nacional de recursos hídricos: cadernos regionais e setoriais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em:< <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/legislacao.aspx>>Acesso em: 03 de setembro de 2014.

BRITES, A. P. Z *Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: Probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica*. 2010. 177 f. Tese (Doutorado) -

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2015.

BU, H.; TAN, X.; LI, S.; ZHANG, Q. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n. 73, p. 907-913, 2010.

CALAZANS, G. M. *Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba utilizando técnicas estatísticas multivariadas*. 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2015.

CASTRO, K. N. V. *O Comitê para integração da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul – CEIVAP: um campo sóciopolítico- ambiental em disputa*. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Rio de Janeiro, 2008.

CHAPMAN, D. *Water quality assessment – A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2. ed. Londres: Publish on behalf of UNESCO, WHO and UNEP, 609 p. 1992.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014*. São Paulo: Cetesb, 371 p. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA n. 20*, de 18 de junho de 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA n. 357*, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. *Deliberação Normativa COPAM n. 16*, 24 de setembro 1996. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraíba. COPAM, 1996.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. *Deliberação Normativa COPAM n. 74*, 9 de setembro 2004. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. COPAM, 2004.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n. 01*, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte: COPAM, 2008.

CONSELHO REGIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Resolução CNRH n. 91*, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. CNRH, 2008.

CHRISTOFARO, C. *Avaliação probabilística de risco ecológico de metais nas águas superficiais da Bacia do rio das Velhas - MG*. 2009. 274 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

DO, H. T.; LO, H. T.; CHIUEH, P. T.; THI, L. A. P. Design of sampling locations for mountainous river monitoring. *Environmental Modelling & Software*, 27-28 p. 62 -70. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do rio Muriaé Rio de Janeiro: Embrapa Solos*. 75p. 2005.

FERRIER, R. C.; EDWARDS A. C.; HIRST D.; LITTLEWOOD I. G.; WATTS C. D.; MORRIS R. Water Quality of Scottish Rivers: Spatial and Temporal Trends, *The Science of the Total Environment*, v. 265, p. 327-342, 2001.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P.. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG, *Revista Brasileira de Engenharia de Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 5, p. 558-563, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS - IPABHI. *Projeto Una*. Disponível em < <http://www.ipabhi.org/projeto-una> >. Acesso em: 26 dez. 2015.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – INEA. *Boletim consolidado de qualidade das águas das regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Meio Ambiente, 31p. 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Plano diretor de recursos hídricos do rio Verde. Volume IB*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 425p. 2009.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Paraíba do Sul em 2009. Relatório anual*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 228p. 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais. Relatório trimestral – 4º trimestre de 2014*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 194p. 2015.

KOKLU, R.; SENGORUR B.; TOPAL, B. Water quality assessment using multivariate statistical methods – A case study: Melen River System (Turkey). *Water Resour Manage*. V. 24, p. 959-978, 2010.

LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. *Análise de dados multivariados*. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 455 p.

LEEUEWESTEIN, J. M. *Proposição de suporte metodológico para enquadramento de cursos de água*. 2000. 201p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2000.

LIAO, S. W.; GAU, H. S.; LAI, W. L.; CHEN, J. J.; LEE, C. G. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. *Journal of Environmental Management*, v. 88, p. 286-292, 2008.

LIBÂNIO, P. A. C.; NUNES, C. M.; SOARES, S. R. A.; BRITTO, M. C. S. O. M. Balanço Geral do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas - PRODES. In: *XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2005. Anais.

MACDONALD, D. D.; CLARK, M. J. R.; WHITFIELD, P. H.; WONG, M. P. Designing monitoring programs for water quality based on experience in Canada I. Theory and framework. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 28, n. 2, p. 204–213, 2009.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. A concepção e mapeamento dos diagramas unifilares das estações fluviométricas nas sub-bacias pertencentes a bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste. In: *XXVI Encontro Técnico AESABESP – Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente*, 2015. Anais.

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. *ANA lança rede nacional para monitorar a qualidade da água*. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/informma/item/10019-ana-lan%C3%A7a-rede-nacional-para-monitorar-a-qualidade-da-%C3%A1gua>>. Acesso em: 03 de set. 2014.

MOURA, L.H.A.; BOAVENTURA G. B.; PINELLI M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – DF. *Química Nova*, v. 33, n. 1, p.97-103, 2010.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p, 2007.

NONATO, E. A.; VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K. C. B.; SCHOR, H. H. R. Tratamento Estatístico dos Parâmetros da Qualidade das Águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas. *Química Nova*, v. 30, n. 4, p. 797-804, 2007.

PARK, S. Y.; CHOI, J. H.; WANG, S.; PARK, S. S. Design of a water quality monitoring network in a large river system using the genetic algorithm, *Ecological Modelling*, v. 199, n. 3, p. 289-297. 2006.

PEREIRA, D. S. P.; JOHNSON, R. M. F. Descentralização da gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil. *Revista de Gestão da Água da América latina (REGA)*, v. 2, n. 1, p. 53-72. 2005.

PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS – PNQA. Enquadramento – Bases conceituais. Disponível em < <http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx#>> Acesso em: 16 jan. 2016.

PORTO, M. F. A. *Sistemas de gestão da qualidade das águas: Uma proposta para o caso brasileiro*. 2002. 131p. Tese (Livre Docência em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei n. 3.239, de 02 de agosto de 1999. Institui a política estadual de recursos hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regulamenta a constituição estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. *Plano estadual de recursos hídricos*. São Paulo: DAEE, 2007.

SÃO PAULO (Estado). Lei n. 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. *Conceitos de Bacias Hidrográficas*. Editora da UESC, 2002.

SIMEONOV, V.; EINAX, J. W.; STANIMIROVA, I.; KRAFT, J. Environmetric modeling and interpretation of river water monitoring data. *Anal Bioanal Chem*, v. 374, p. 898–905, 2002.

SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, Th. Assessment of the Surface Water Quality in Northern Greece. *Water Research*, v. 38, p. 4119 – 4124. 2004

SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) – a case study. *Water Research*, n. 38, p. 3980-3992, 2004.

STROBL, R.O., ROBILLARD, P.D. Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: a review. *Journal of Environmental Management* 87 (4), 2008. 639-648. 2008.

TRINDADE, A. L. C. *Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do Rio São Francisco*. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2013.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão dos recursos hídricos. *Revista USP*, n.70, p. 24-35, 2006.

VICINI, L. *Análise multivariada da teoria à prática*. 2005. 215 f. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1).

VIOLA, Z. G. G. *Avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Doce/MG: Caracterização da matéria orgânica e seus impactos ambientais*. 2008. 178 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

XIE, X.; NORRA, S.; BERNER, Z.; STUBEN, D. A GIS-supported multivariate statistical analysis of relationships among stream water chemistry, geology and land use in Baden-Wurttemberg, Germany. *Water, Air, and Soil Pollution*, n. 167, p. 39-57, 2005.

ZHANG, X.; WANG, Q.; LIU, Y.; WU, J.; YU, M. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong. *Environ Monit Assess*, v. 173, p.17-27, 2011.

ZHOU, F.; LIU, Y.; GUO, H. Application of Multivariate Statistical Methods to Water Quality Assessment of the Watercourses in Northwestern New Territories, Hong Kong. *Environ Monit Assess*, n. 132, p. 1-13, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Informações das estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Paraíba do Sul

Quadro I.1: Estações de amostragem de qualidade das águas superficiais – Rede de monitoramento CETESB.

Estação de Monitoramento	Descrição	Coordenadas UTM SIRGAS 2000		Área de Gestão/Sub-bacia	Classe de Enquadramento	Legislação Enquadramento
		N	E			
PUNA 00800	Rio Paraibuna, ponte no bairro das Palmeiras, a montante da régua da CESP.	470515	7409802	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Portaria GM 086/81
IUNA 00950	Rio Paraibuna na junção dos braços do Rio Paraibuna e dos rios da serra.	441625	7410054	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Portaria GM 086/81
PTIN 00850	Rio Paraitinga na régua da CESP, 2 km a montante do centro da cidade S. L. Paraitinga.	468656	7430002	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Portaria GM 086/81
INGA 00850	Rio Paraitinga próximo a área de lazer da CESP.	437400	7415880	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Portaria GM 086/81
SANT 00100	Rio Paraíba do Sul, no Reservatório de Santa Branca, no meio do corpo central, na junção dos braços dos rios Capivari e Paraibuna.	418699	7419202	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Portaria GM 086/81
PARB 02050	Rio Paraíba do Sul, captação de Santa Branca, no bairro Angola de Cima.	409384	7414627	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PARB 02100	Rio Paraíba do Sul, ponte na rodovia SP-77, no trecho que liga Jacareí a Santa Branca.	408044	7415449	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PARB 02200	Rio Paraíba do Sul, junto à captação do município de Jacareí	400593	7421460	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PARB 02300	Rio Paraíba do Sul, ponte de acesso ao loteamento Urbanova, em São José dos Campos.	404827	7434589	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PARB 02310	Rio Paraíba do Sul, na captação de São José dos Campos, no canal de adução com extensão de 750m.	406073	7435397	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
JAGI 00350	Rio Jaguari, na régua da CESP, a montante da Cachoeira do Jaguaribe.	369080	7419369	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Decreto 10.755/77

Quadro I.1: Estações de amostragem de qualidade das águas superficiais – Rede de monitoramento CETESB (continuação).

Estação de Monitoramento	Descrição	Coordenadas UTM SIRGAS 2000		Área de Gestão/Sub-bacia	Classe de Enquadramento	Legislação Enquadramento
		N	E			
JAGJ 00200	Rio Jaguari, no reservatório Jaguari, ponte na rodovia SP-056 que liga Santa Isabel a Igaratá, no município de Santa Isabel.	373818	7423409	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Decreto 10.755/77
JAGJ 00900	Rio Jaguari, no reservatório Jaguari, na tomada d'água do Reservatório Jaguari.	394848	7434676	Alto Paraíba do Sul	Classe 1	Decreto 10.755/77
PTEI 02900	Rio Paratei, ponte na estrada de acesso ao Res. Jaguari, próximo à cervejaria Brahma, em Jacareí.	396249	7433548	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	-
JAGI 02900	Rio Jaguari, próximo à foz no rio Paraíba, no município de São José dos Campos.	406488	7437091	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	-
PARB 02400	Rio Paraíba do Sul, ponte na rua do Porto, no trecho que liga Caçapava ao bairro Menino Jesus.	427194	7447632	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PARB 02490	Rio Paraíba do Sul, na captação da SABESP em Taubaté que abastece Tremembé	443334	7460679	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
UNNA 02800	Rio Una, na captação da SABESP de Taubaté.	448030	7453038	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	
PARB 02530	Rio Paraíba do Sul, na captação da SABESP de Pindamonhangaba	451774	7466182	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PARB 02600	Rio Paraíba do Sul, na captação de Aparecida	475946	7473681	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
GUAT 02800	Rio Guaratinguetá, na captação de Guaratinguetá (SAEG), em frente a ETA.	478160	7480449	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	-
PARB 02700	Rio Paraíba do Sul, ponte na rodovia BR-459, no trecho que liga Lorena a Piquete.	487733	7489316	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PARB 02900	Rio Paraíba do Sul, ponte na cidade de Queluz.	523250	7507138	Alto Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81

Quadro I.2: Estações de Amostragem de Qualidade das Águas Superficiais – Rede de Monitoramento IGAM.

Estação de Monitoramento	Descrição	Coordenadas UTM SIRGAS 2000		Área de Gestão/Sub-bacia	Classe de Enquadramento	Legislação Enquadramento
		N	E			
BS060	Rio Paraíba do Sul a montante da foz do rio Paraíba	688771	7553863	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS002	Rio Paraíba em Chapéu d'Uvas	655275	7610698	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS006	Rio Paraíba na ponte da antiga BR-040 em Juiz de Fora	662433	7601770	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS083	Rio Paraíba na ponte de acesso à represa João Penido	665503	7598416	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS017	Rio Paraíba a jusante de Juiz de Fora	674717	7589460	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS018	Rio Paraíba a jusante da UHE de Paciência	672565	7581732	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS085	Rio do Peixe a jusante de Lima Duarte	626095	7586597	Rios Preto e Paraíba	Classe 1	DN COPAM 16/1996
BS088	Rio Vermelho a montante de sua foz no rio do Peixe.	637542	7595360	Rios Preto e Paraíba	Classe 1	DN COPAM 16/1996
BS090	Rio do Peixe a jusante da UHE de Picada.	652865	7575291	Rios Preto e Paraíba	Classe 1	DN COPAM 16/1996
BS061	Rio do Peixe próximo de sua foz no rio Paraíba	665308	7579595	Rios Preto e Paraíba	Classe 1	DN COPAM 16/1996
BS024	Rio Paraíba em Sobragi	669335	7569587	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS026	Rio Preto no município de Passa Vinte	570068	7539344	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS027	Rio Preto a jusante da cidade de Rio Preto.	628952	7556682	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS028	Rio Preto a montante de sua foz no Rio Paraíba	669275	7564051	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS029	Rio Paraíba a jusante do Rio Preto	674438	7563995	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS030	Rio Cágado a jusante da cidade de Mar de Espanha	704578	7579138	Rios Preto e Paraíba	Classe 1	DN COPAM 16/1996
BS031	Rio Cágado próximo de sua foz no Rio Paraíba	692002	7564898	Rios Preto e Paraíba	Classe 1	DN COPAM 16/1996
BS032	Rio Paraíba próximo de sua foz no rio Paraíba do Sul	690875	7557159	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS062	Rio Paraíba do Sul a jusante do rio Paraíba	693944	7554907	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS052	Rio Paraíba do Sul a montante da cidade de Além Paraíba.	730354	7574354	Rios Preto e Paraíba	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS070	Rio Paraíba do Sul a jusante da cidade de Além Paraíba.	741805	7579723	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS095	Rio Angu a montante de sua confluência com o rio Paraíba do Sul	755422	7590588	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS072	Rio Pirapetinga a jusante da cidade de Pirapetinga	779451	7603482	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81

Quadro I.2: Estações de Amostragem de Qualidade das Águas Superficiais – Rede de Monitoramento IGAM (continuação).

Estação de Monitoramento	Descrição	Coordenadas UTM SIRGAS 2000		Área de Gestão/Sub-bacia	Classe de Enquadramento	Legislação Enquadramento
		N	E			
BS075	Rio Paraíba do Sul em Itaocara (RJ)	801199	7603089	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS033	Rio Pomba a jusante de Mercês	674351	7651472	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS038	Rio Pomba a jusante de Guarani.	703196	7633422	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS077	Rio Xopotó a jusante da Visconde do Rio Branco	725491	7670784	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS071	Rio Ubá a jusante da cidade de Ubá	720160	7660889	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS042	Rio Xopotó próximo de sua foz no rio Pomba	726181	7645301	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS043	Rio Pomba a montante de Cataguases	733287	7634125	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS074	Rio do Pinho a jusante da Represa de Ponte Preta.	659536	7622836	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS073	Ribeirão das Posses a jusante de Santos Dumont	651247	7622916	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS046	Rio Novo próximo de sua foz no rio Pomba	730144	7631955	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS049	Ribeirão Meia Pataca a montante do Rio Pomba	739511	7634035	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS050	Rio Pomba a jusante de Cataguases	742540	7628452	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS051	Rio Pomba a jusante do ribeirão do Cágado	747758	7630588	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS054	Rio Pomba em Paraoquena	784942	7621115	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS079	Rio Paraíba do Sul a jusante da confluência do rio Pomba.	817902	7609417	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS059	Rio Muriaé a montante de Muriaé	764818	7659125	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS081	Rio Muriaé a montante da confluência com o rio Glória	776266	7660045	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS055	Rio Glória a jusante de São Francisco do Glória.	778994	7698776	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS058	Rio Glória próximo de sua foz no rio Muriaé	777380	7664457	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-
BS057	Rio Muriaé em Patrocínio do Muriaé	788717	7658723	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	Portaria GM 086/81
BS056	Rio Carangola a montante de Tombos	811060	7686022	Rios Pomba e Muriaé	Classe 2	-

Quadro I.3:. Estações de amostragem de qualidade das águas superficiais – Rede de monitoramento INEA.

Estação de Monitoramento	Descrição	Coordenadas UTM SIRGAS 2000		Área de Gestão/Sub-bacia	Classe de Enquadramento	Legislação Enquadramento
		N	E			
FN130	Reservatório de Funil	528280	7509035	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
AB155	Córrego Água Branca	536207	7512450	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	-
PS410	Rio Paraíba do Sul	544424	7508555	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS413	Rio Paraíba do Sul	556791	7515377	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PP160	Rio Pirapetinga	561425	7516577	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	-
PS415	Rio Paraíba do Sul	572026	7517195	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
BN180	Rio Bananal	582583	7509504	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS418	Rio Paraíba do Sul	583299	7508725	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS419	Rio Paraíba do Sul	589165	7509357	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS421	Rio Paraíba do Sul	596394	7513962	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS423	Rio Paraíba do Sul	609546	7511549	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
SC200	Represa de Santa Cecília	619436	7513359	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	-
PS425	Rio Paraíba do Sul	620582	7515231	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS430	Rio Paraíba do Sul	688881	7554415	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	Portaria GM 086/81
PB002	Rio Piabanha	686905	7510251	Piabanha	Classe 2	-
SA100	Rio Santo Antônio	692107	7523145	Piabanha	Classe 2	-
PQ113	Rio Paquequer	709629	7524025	Piabanha	Classe 2	-
PR091	Rio Preto	714875	7538353	Piabanha	Classe 2	-
PB011	Rio Piabanha	691431	7551948	Piabanha	Classe 2	-
PN273	Rio Paraibuna	677854	7564842	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	-
PN270	Rio Paraibuna	691169	7555827	Médio Paraíba do Sul	Classe 2	-
PS431	Rio Paraíba do Sul	706834	7561942	Piabanha	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS432	Rio Paraíba do Sul	715780	7566696	Piabanha	Classe 2	Portaria GM 086/81
PR200	Rio Pirapetinga	779338	7602930	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81

Quadro I.3:. Estações de amostragem de qualidade das águas superficiais – Rede de monitoramento INEA (continuação).

Estação de Monitoramento	Descrição	Coordenadas UTM SIRGAS 2000		Área de Gestão/Sub-bacia	Classe de Enquadramento	Legislação Enquadramento
		N	E			
PS434	Rio Paraíba do Sul	801891	7601303	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	-
PM332	Rio Pomba	784725	7620565	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81
PM331	Rio Pomba	792392	7614444	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS436	Rio Paraíba do Sul	811809	7605214	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81
GR361	Rio Grande	750287	7540926	Rios Dois Rios	Classe 2	-
BG366	Rio Bengala	756264	7540497	Rios Dois Rios	Classe 2	-
NG353	Rio Negro	812100	7593570	Rios Dois Rios	Classe 2	-
DR350	Rio Dois Rios	828718	7605985	Rios Dois Rios	Classe 2	-
PS439	Rio Paraíba do Sul	836848	7603157	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81
MR374	Rio Muriaé	798584	7652563	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81
CR020	Rio Carangola	818157	7654301	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81
MR370	Rio Muriaé	871949	7601384	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 2	Portaria GM 086/81
PS441	Rio Paraíba do Sul	879583	7591002	Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Classe 3	Portaria GM 086/81

APÊNDICE II

Estatística descritiva – Período de 2005 a 2014 – Verificação do atendimento ao enquadramento da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul

Tabela II.1: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 - Coliformes termotolerantes/*E.coli*.

Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i> (NMP/100mL)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos CETESB - SP										
GUAT02800	100	780000	450	910	1770	28857	9414	4	13	36,67
INGA00850	1	34	1	2	9	6	9	2	3	0,00
IUNA00950	1	17	1	2	5	4	4	2	5	0,00
JAGI00350	92	280000	304	530	1330	17942	137	-1	-1	94,44
JAGI02900	63	240000	1305	3300	21250	22727	47911	4	13	81,67
JAGJ00200	1	11000	14	62	156	374	283	3	12	23,33
JAGJ00900	1	56	3	6	20	12	14	1	2	0,00
PARB02050	2	49002	44	112	241	1006	247	2	2	1,67
PARB02100	2	15000	45	86	145	439	2201	7	45	6,67
PARB02200	3	13000	715	1200	3000	2141	1601	2	2	61,67
PARB02300	8	92000	3875	5900	8750	10542	10945	2	3	91,67
PARB02310	5	320000	2300	3200	5825	13568	47356	6	42	88,33
PARB02400	5	27000	945	2300	4500	4035	5493	3	10	71,67
PARB02490	1	130000	1070	3100	4975	7852	6353	4	18	76,67
PARB02530	33	540000	1240	2550	6500	19721	9261	2	4	78,33
PARB02600	7	340000	7175	22000	32000	28551	15661	1	1	96,67
PARB02700	3	54000	2300	3300	4925	5677	4689	4	14	96,67
PARB02900	5	36000	940	2350	4150	4035	6011	4	20	73,33
PTEI02900	5	85000	1205	2800	4125	6307	13059	5	32	85,00
PTIN00850	232	32000	625	1360	3250	4581	580	0	-5	100,00
PUNA00800	9	4800	25	52	110	379	49	1	0	22,22
SANT00100	1	3300	4	9	32	107	127	6	37	6,67
UNNA02800	3	380000	1330	3200	8300	16963	58948	5	33	81,36
Pontos IGAM - MG										
BS002	2	50000	410	1700	5000	5331	11090	4	13	58,97
BS006	4	160000	3075	11000	17000	20003	31598	3	11	86,84
BS017	60	241960	90000	160000	160000	118922	61740	-1	-1	97,37
BS018	50	160000	12520	24000	46250	33916	36836	2	6	94,74
BS024	60	160000	790	2200	5000	8953	26413	5	30	64,10
BS026	60	24000	188	1120	1813	3640	6771	3	7	50,00
BS027	110	50000	868	2250	3075	5659	12924	4	13	71,43
BS028	70	22000	410	1300	4250	3733	5263	2	3	58,97
BS029	70	24000	405	1400	5000	4286	6056	2	3	64,10
BS030	250	13000	894	1200	4900	3389	4302	2	4	100,00
BS031	2	54000	547	1700	6500	6215	10549	3	11	89,74
BS032	6	90000	170	700	2250	4264	14665	6	33	41,03
BS033	60	160000	4925	13000	27000	25622	37436	3	8	92,11
BS038	2.200	50000	8473	13000	15317	14703	11490	2	7	100,00
BS042	46	160000	400	1700	7000	10269	27301	5	27	62,16
BS043	60	90000	1300	3000	11000	9088	17231	3	14	75,68
BS046	30	160000	243	440	1025	9395	36019	4	16	26,32
BS049	240	160000	90000	160000	160000	117931	60378	-1	-1	94,74
BS050	110	160000	7925	13000	23500	21319	28246	4	16	94,74
BS051	490	22000	1260	1700	2692	4585	7726	3	7	85,71
BS052	52	8000	183	515	4100	1975	2606	1	1	42,86
BS054	2	50000	192	1300	3000	3413	8651	5	25	55,56
BS055	700	92000	13500	35000	90000	47101	36222	0	-2	92,86

Tabela II.1: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 - Coliformes termotolerantes/*E.coli* (continuação).

Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i> (NMP/100mL)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos IGAM - MG										
BS056	2	160000	330	1700	8000	13275	36206	4	14	59,46
BS057	2	160000	1400	3000	13000	17397	37853	3	10	78,95
BS058	60	160000	800	1950	5000	8008	25726	6	35	71,05
BS059	170	160000	1400	3150	12500	12643	27126	5	25	78,95
BS060	50	160000	3300	8000	17000	16517	28713	4	17	84,62
BS061	30	24000	235	545	2212	2734	5162	3	8	78,95
BS062	140	90000	1078	2075	4625	9406	23480	4	13	71,43
BS070	490	90000	1472	4160	16000	13300	23245	3	11	85,71
BS071	280	160000	11000	30000	160000	70460	67684	0	-2	94,59
BS072	1.100	90000	10345	32500	36155	33040	28691	1	1	100,00
BS073	30	241957	8500	28000	72000	58123	65836	1	0	92,31
BS074	50	17000	609	1800	4425	3149	4385	3	8	57,14
BS075	2	160000	130	280	1300	6152	26475	6	34	40,54
BS077	80	241960	25500	126000	160000	102342	73076	0	-1	94,74
BS079	330	30000	1100	3000	12591	6951	8841	2	3	84,62
BS081	60	160000	38750	90000	160000	91312	61367	0	-2	92,11
BS083	220	160000	9500	17000	30000	31016	38678	2	5	92,11
BS085	70	30000	1300	4200	7975	6226	7101	2	3	94,74
BS088	500	54000	870	1500	2300	6401	14131	3	12	100,00
BS090	122	4900	243	582	790	858	1219	3	11	78,57
BS095	1.400	35000	8350	13500	17000	14601	8541	1	1	100,00
Pontos INEA - RJ										
FN0130	18	9200000	2250	3500	9200	207302	1298175	7	42	90,80
PS0410	18	23000	23	45	200	751	2982	6	39	8,99
AB0155	230	92000	625	3300	8950	13448	25128	2	5	68,42
PS0413	790	900000	7000	16000	35000	45397	106372	6	48	98,88
PP0160	200	92000	2225	5450	12500	16427	28361	2	5	88,89
PS0415	330	54000	2400	3500	10550	8650	11012	3	7	97,67
BN0180	33.000	730000	60250	160000	322500	209222	192453	1	2	100,00
PS0418	490	160000	7000	13000	23000	20066	27344	4	15	98,88
PS0419	1.300	300000000	7900	11000	24000	4349974	32471971	9	82	100,00
PS0421	2.300	540000	13000	24000	49250	52652	97472	4	16	100,00
PS0423	500	240000	4900	10000	16500	19762	37705	5	26	97,70
SC0200	490	160000	3300	5400	13000	14558	24264	4	16	96,47
PS0425	490	240000	4900	9200	23000	23021	42603	4	17	98,78
PS0430	18	35000	3500	7450	13000	8975	7155	1	1	94,44
PN0273	130	24000	230	700	3000	2527	5149	4	17	42,86
PN0270	130	35000	230	490	1700	3183	7665	4	17	38,10
PB0002	7.800	1600000	79000	120000	322500	290338	399537	2	4	100,00
SA0100	13.000	350000	71500	145000	187500	148875	108891	1	0	100,00
PR0091	330	920000	1825	4950	11750	39475	157475	6	32	91,18
PQ0113	11.000	1600000	33000	49000	145000	242333	463748	3	6	100,00
PB0011	200	23000	790	1700	3300	3653	5272	3	8	65,38
PS0431	18	5400	45	330	1300	969	1296	2	3	36,36
PS0432	18	9000000	700	2400	8000	205513	1268460	7	42	67,42
PR0200	4.600	160000	17000	24000	54000	42712	42072	2	3	100,00
PS0434	20	16000	215	490	1250	1581	3019	3	14	28,95

Tabela II.1: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 - Coliformes termotolerantes/*E.coli* (continuação).

Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i> (NMP/100mL)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos INEA - RJ										
PM0332	45	2200000	170	330	490	81940	423299	5	27	14,81
PM0331	2.200	1700000	16500	24000	54000	118195	383722	4	19	100,00
PS0436	170	23000	790	1850	2700	2810	4409	4	13	60,53
GR0361	230	540000	1200	3300	9200	27274	93572	5	28	77,14
BG0366	17.000	16000000	120500	295000	1600000	1655813	3905948	4	14	100,00
NG0353	170	5000000	330	490	1100	264256	1146815	4	19	31,58
DR0350	130	16000000	330	490	745	842667	3670516	4	19	15,79
PS0439	230	54000	2400	4900	13000	9021	12096	3	8	91,89
MR0374	78	90000	450	1100	2225	4447	16809	5	28	53,57
CR0020	20	5000000	78	280	1030	179261	944777	5	28	25,00
MR0370	49	9000000	2250037	4500025	6750012	4500025	6363926	-	-	50,00
PS0441	78	16000	490	790	2250	1947	2986	3	13	10,26

Tabela II.2: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Fósforo total.

Fósforo total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos CETESB - SP										
GUAT02800	0,007	0,340	0,020	0,020	0,034	0,035	0,080	3,954	15,742	3,45
INGA00850	0,007	0,060	0,009	0,020	0,020	0,019	0,013	1,651	3,274	20,51
IUNA00950	0,007	0,080	0,010	0,020	0,020	0,020	0,011	0,772	-0,114	20,51
JAGI00350	0,007	0,073	0,023	0,030	0,046	0,035	0,008	1,227	2,362	0,00
JAGI02900	0,007	0,080	0,020	0,040	0,052	0,040	0,019	0,505	-0,474	60,00
JAGJ00200	0,007	0,244	0,010	0,020	0,031	0,029	0,037	4,590	25,656	41,67
JAGJ00900	0,007	0,140	0,010	0,020	0,020	0,021	0,012	1,235	1,303	12,82
PARB02050	0,001	0,050	0,010	0,012	0,020	0,017	0,012	1,546	2,258	0,00
PARB02100	0,007	0,040	0,010	0,010	0,020	0,015	0,010	1,023	0,595	0,00
PARB02200	0,007	0,150	0,020	0,030	0,050	0,038	0,025	2,215	7,978	1,67
PARB02300	0,007	0,130	0,040	0,058	0,079	0,061	0,032	0,618	-0,278	15,00
PARB02310	0,007	0,180	0,040	0,050	0,071	0,055	0,027	0,546	0,295	3,33
PARB02400	0,007	0,190	0,050	0,070	0,090	0,072	0,033	0,261	-0,298	15,00
PARB02490	0,007	0,160	0,060	0,070	0,093	0,074	0,034	0,022	0,199	13,33
PARB02530	0,007	0,190	0,048	0,072	0,096	0,075	0,039	0,233	-0,272	20,00
PARB02600	0,007	0,160	0,060	0,081	0,110	0,087	0,034	0,014	-0,513	31,67
PARB02700	0,007	0,280	0,062	0,080	0,100	0,081	0,044	1,853	8,129	18,64
PARB02900	0,007	0,800	0,040	0,070	0,095	0,079	0,115	5,579	34,807	18,64
PTEI02900	0,007	0,238	0,030	0,041	0,063	0,052	0,046	2,560	7,826	5,00
PTIN00850	0,007	0,138	0,020	0,020	0,024	0,029	0,001	2,000	4,000	5,56
PUNA00800	0,007	0,095	0,007	0,020	0,020	0,019	0,000	-	-	0,00
SANT00100	0,007	0,269	0,010	0,010	0,020	0,020	0,038	6,111	39,673	11,67
UNNA02800	0,001	1,192	0,010	0,020	0,030	0,050	0,185	5,722	34,319	3,39
Pontos IGAM - MG										
BS002	0,010	0,090	0,020	0,020	0,030	0,026	0,018	1,968	3,883	0,00
BS006	0,010	0,130	0,030	0,040	0,063	0,052	0,026	1,015	0,644	2,50
BS017	0,060	1,150	0,190	0,250	0,340	0,280	0,167	3,717	19,281	95,00
BS018	0,010	0,870	0,138	0,185	0,265	0,220	0,148	2,471	9,174	87,50
BS024	0,040	0,270	0,060	0,090	0,120	0,097	0,044	1,616	4,617	37,50
BS026	0,020	0,070	0,020	0,020	0,038	0,032	0,018	1,429	0,771	0,00
BS027	0,020	0,070	0,020	0,020	0,038	0,031	0,019	1,475	0,815	0,00
BS028	0,020	0,230	0,028	0,045	0,093	0,067	0,052	1,404	1,901	20,00
BS029	0,020	0,130	0,048	0,065	0,093	0,070	0,031	0,536	-0,850	17,50
BS030	0,020	0,160	0,020	0,030	0,030	0,037	0,036	3,503	12,717	7,14
BS031	0,010	0,180	0,020	0,040	0,070	0,053	0,040	1,225	1,278	12,50
BS032	0,010	0,150	0,030	0,050	0,090	0,060	0,036	0,720	-0,462	17,50
BS033	0,010	0,580	0,030	0,050	0,100	0,093	0,110	2,941	9,929	20,00
BS038	0,020	0,170	0,033	0,045	0,060	0,055	0,037	2,519	7,596	7,14
BS042	0,040	0,330	0,100	0,120	0,160	0,133	0,059	1,347	2,323	71,79
BS043	0,020	0,330	0,030	0,045	0,090	0,066	0,057	2,787	11,108	12,50
BS046	0,010	0,140	0,020	0,030	0,050	0,041	0,032	1,607	2,150	5,00
BS049	0,130	0,940	0,188	0,230	0,293	0,257	0,130	3,882	19,909	100,00
BS050	0,020	0,160	0,040	0,055	0,080	0,063	0,034	1,264	1,060	12,50
BS051	0,030	0,250	0,040	0,040	0,070	0,077	0,078	2,406	5,967	14,29
BS052	0,020	0,120	0,023	0,030	0,048	0,041	0,027	2,047	4,783	7,14
BS054	0,010	0,290	0,020	0,030	0,080	0,063	0,068	1,933	3,358	17,50
BS055	0,020	0,090	0,020	0,025	0,038	0,033	0,020	2,106	4,599	0,00

Tabela II.2: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Fósforo total (continuação).

Fósforo total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos IGAM - MG										
BS056	0,020	0,710	0,030	0,045	0,070	0,088	0,127	3,638	15,315	20,00
BS057	0,010	0,190	0,040	0,050	0,070	0,062	0,034	1,691	3,862	10,00
BS058	0,010	0,100	0,020	0,030	0,050	0,037	0,022	1,315	0,928	0,00
BS059	0,020	0,510	0,028	0,040	0,073	0,071	0,090	3,494	14,864	20,00
BS060	0,020	0,240	0,060	0,085	0,110	0,091	0,044	1,290	2,437	30,00
BS061	0,010	0,090	0,020	0,030	0,040	0,032	0,018	1,393	1,936	0,00
BS062	0,040	0,150	0,040	0,065	0,090	0,074	0,035	0,835	0,099	14,29
BS070	0,020	0,100	0,030	0,035	0,048	0,041	0,021	1,808	3,672	0,00
BS071	0,040	1,000	0,238	0,320	0,453	0,376	0,209	1,249	1,662	97,50
BS072	0,020	0,180	0,040	0,050	0,078	0,069	0,046	1,347	1,451	21,43
BS073	0,050	0,480	0,130	0,195	0,283	0,208	0,099	0,730	0,244	85,00
BS074	0,020	0,100	0,020	0,030	0,050	0,040	0,024	1,466	1,727	0,00
BS075	0,010	0,220	0,030	0,060	0,083	0,071	0,055	1,373	1,374	20,00
BS077	0,080	2,260	0,245	0,360	0,515	0,446	0,376	3,335	14,125	97,44
BS079	0,020	0,090	0,030	0,040	0,060	0,048	0,024	0,627	-0,987	0,00
BS081	0,020	0,280	0,060	0,090	0,120	0,099	0,049	1,624	3,687	32,50
BS083	0,010	0,490	0,048	0,055	0,083	0,081	0,081	3,593	16,296	20,00
BS085	0,010	0,170	0,030	0,040	0,070	0,050	0,033	1,674	3,500	7,50
BS088	0,020	0,090	0,020	0,030	0,048	0,039	0,025	1,230	0,488	0,00
BS090	0,020	0,030	0,020	0,020	0,028	0,023	0,005	1,067	-1,034	0,00
BS095	0,020	0,110	0,030	0,045	0,058	0,049	0,028	1,181	0,714	7,14
Pontos INEA - RJ										
FN0130	0,010	0,900	0,090	0,100	0,155	0,144	0,110	4,072	24,448	45,05
PS0410	0,010	0,370	0,050	0,070	0,090	0,073	0,046	3,174	18,026	86,96
AB0155	0,040	1,160	0,060	0,080	0,125	0,138	0,183	4,495	23,887	27,91
PS0413	0,010	0,210	0,050	0,060	0,100	0,073	0,039	1,224	1,643	13,48
PP0160	0,020	1,800	0,060	0,090	0,150	0,244	0,386	2,815	8,127	43,90
PS0415	0,010	0,500	0,050	0,070	0,090	0,081	0,061	4,119	24,343	15,38
BN0180	0,050	1,500	0,090	0,120	0,175	0,223	0,311	3,294	10,760	53,49
PS0418	0,010	0,600	0,060	0,080	0,103	0,100	0,084	3,416	15,566	25,00
PS0419	0,010	1,200	0,060	0,080	0,100	0,104	0,131	6,917	56,047	24,18
PS0421	0,030	1,000	0,070	0,090	0,135	0,114	0,108	6,413	51,284	31,87
PS0423	0,030	0,700	0,070	0,090	0,120	0,110	0,088	4,652	26,509	29,67
SC0200	0,010	1,000	0,070	0,080	0,120	0,114	0,117	5,343	36,092	27,66
PS0425	0,013	1,000	0,070	0,090	0,128	0,117	0,116	5,599	39,258	30,00
PS0430	0,010	1,100	0,080	0,100	0,150	0,144	0,141	4,321	25,429	42,35
PN0273	0,030	1,500	0,060	0,090	0,150	0,152	0,245	4,617	22,630	35,42
PN0270	0,020	0,420	0,060	0,080	0,140	0,108	0,084	2,326	5,928	29,17
PB0002	0,060	1,300	0,293	0,395	0,575	0,463	0,274	1,094	1,070	96,30
SA0100	0,050	0,600	0,090	0,120	0,180	0,201	0,187	1,648	1,793	100,00
PR0091	0,030	0,800	0,080	0,100	0,155	0,167	0,162	2,232	5,422	43,59
PQ0113	0,110	1,500	0,195	0,350	0,520	0,430	0,306	1,699	3,072	100,00
PB0011	0,040	1,000	0,150	0,200	0,250	0,225	0,150	2,975	13,273	86,79
PS0431	0,020	0,180	0,050	0,080	0,100	0,080	0,044	0,794	-0,065	18,18
PS0432	0,010	0,900	0,060	0,100	0,150	0,130	0,121	3,691	19,557	36,05
PR0200	0,020	0,150	0,065	0,080	0,100	0,081	0,033	0,518	0,145	18,52
PS0434	0,010	0,350	0,040	0,070	0,110	0,097	0,079	1,460	1,604	26,42

Tabela II.2: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Fósforo total (continuação).

Fósforo total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos INEA - RJ										
PM0332	0,010	0,550	0,040	0,060	0,100	0,107	0,124	2,357	5,300	23,40
PM0331	0,010	0,500	0,040	0,065	0,088	0,093	0,104	2,616	7,735	20,00
PS0436	0,010	0,400	0,040	0,070	0,105	0,099	0,083	1,653	2,748	25,49
GR0361	0,010	1,000	0,060	0,090	0,150	0,180	0,257	2,478	5,006	33,33
BG0366	0,060	1,500	0,235	0,440	0,800	0,540	0,367	0,875	0,250	95,24
NG0353	0,030	1,400	0,060	0,100	0,170	0,198	0,296	3,198	10,657	41,38
DR0350	0,010	0,980	0,050	0,080	0,100	0,141	0,208	3,072	9,872	20,69
PS0439	0,010	0,500	0,040	0,050	0,105	0,101	0,113	2,080	3,924	25,49
MR0374	0,010	0,300	0,045	0,070	0,095	0,077	0,051	2,386	8,709	12,82
CR0020	0,010	0,300	0,055	0,070	0,100	0,087	0,059	1,952	4,415	23,08
MR0370	0,020	0,300	0,070	0,100	0,175	0,134	0,099	1,002	-0,488	36,36
PS0441	0,010	0,400	0,040	0,070	0,100	0,094	0,085	2,031	4,789	18,87

Tabela II.3: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – DBO.

DBO (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos CETESB - SP										
GUAT02800	2,0	6,0	2,0	3,0	3,0	3,1	1,1	1,2	0,9	6,67
INGA00850	2,0	6,0	2,0	3,0	3,0	2,9	1,1	1,3	1,5	18,18
IUNA00950	2,0	5,0	2,0	3,0	3,0	2,8	0,8	1,2	2,0	12,12
JAGI00350	3,0	7,0	3,0	3,0	3,8	3,6	0,0	-	-	27,78
JAGI02900	0,5	14,0	2,0	2,0	3,0	3,0	2,9	2,7	7,5	8,47
JAGJ00200	0,8	23,0	2,0	2,0	3,0	3,4	3,8	3,3	13,7	22,03
JAGJ00900	2,0	6,0	2,0	3,0	3,0	2,8	1,0	1,4	2,1	13,16
PARB02050	0,3	7,0	2,0	2,0	3,0	2,3	1,0	2,5	8,3	1,69
PARB02100	0,2	6,0	2,0	2,0	3,0	2,2	0,9	2,1	4,7	1,69
PARB02200	0,6	7,0	2,0	2,0	3,0	2,5	1,3	1,7	2,4	5,08
PARB02300	1,0	6,0	2,0	2,0	3,0	2,5	1,1	1,7	2,2	3,39
PARB02310	0,7	10,0	2,0	2,0	3,0	2,7	1,7	2,5	7,1	8,47
PARB02400	1,0	10,0	2,0	3,0	4,0	3,5	2,0	1,8	3,1	13,56
PARB02490	0,2	12,0	2,0	2,0	3,0	2,7	2,1	3,0	9,8	5,08
PARB02530	0,6	10,0	2,0	2,0	3,0	2,7	1,7	2,7	7,5	5,08
PARB02600	0,4	13,0	2,0	2,0	3,4	3,1	2,2	2,4	7,1	10,17
PARB02700	0,9	11,0	2,0	2,0	3,0	2,8	2,0	2,9	8,5	5,08
PARB02900	0,4	8,0	2,0	2,0	3,0	2,6	1,3	2,2	5,7	5,08
PTEI02900	0,8	8,0	2,1	3,0	4,0	3,4	1,4	1,1	1,2	8,47
PTIN00850	2,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,3	0,0	-	-	22,22
PUNA00800	2,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,2	0,0	-	-	16,67
SANT00100	0,3	8,0	2,0	2,0	3,0	2,3	1,2	2,5	7,5	10,17
UNNA02800	0,1	6,0	2,0	2,0	3,0	2,4	1,2	1,4	1,0	3,45
Pontos IGAM - MG										
BS002	2,0	8,0	2,0	2,0	2,0	2,2	0,9	6,3	40,0	2,50
BS006	2,0	10,0	2,8	4,0	5,2	4,2	2,0	0,9	0,5	30,00
BS017	2,0	76,0	5,2	7,5	11,3	10,7	13,3	4,0	17,2	77,50
BS018	2,0	12,0	3,9	5,2	7,8	5,9	2,6	0,7	-0,1	52,50
BS024	2,0	4,5	2,0	2,0	2,9	2,4	0,6	1,7	2,6	0,00
BS026	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS027	2,0	4,8	2,0	2,0	2,0	2,2	0,7	3,7	13,6	0,00
BS028	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	6,3	40,0	0,00
BS029	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS030	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS031	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS032	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS033	2,0	6,7	2,0	2,0	2,0	2,3	0,9	4,1	17,4	2,50
BS038	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS042	2,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,5	0,7	1,1	-0,1	0,00
BS043	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,5	6,3	40,0	0,00
BS046	2,0	7,8	2,0	2,0	2,0	2,2	0,9	5,7	34,4	2,50
BS049	3,5	65,0	14,0	21,5	36,8	26,1	17,6	0,8	-0,5	92,50
BS050	2,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,2	0,5	3,1	8,4	0,00
BS051	2,0	2,6	2,0	2,0	2,1	2,1	0,2	2,5	6,4	0,00
BS052	2,0	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	3,7	14,0	0,00
BS054	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS055	2,0	3,1	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	3,5	12,7	0,00

Tabela II.3: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – DBO (continuação).

DBO (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos IGAM - MG										
BS056	2,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,4	3,7	15,1	0,00
BS057	2,0	3,2	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	4,2	16,7	0,00
BS058	2,0	2,7	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	6,3	40,0	0,00
BS059	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	6,3	40,0	0,00
BS060	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	5,7	33,3	0,00
BS061	2,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	6,3	40,0	2,50
BS062	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS070	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS071	2,0	40,0	5,2	7,8	13,5	10,7	8,5	2,1	5,0	75,00
BS072	2,0	18,0	4,6	5,4	7,9	6,4	3,9	2,1	6,0	57,14
BS073	2,0	17,0	3,0	4,1	6,0	4,9	3,0	2,3	7,0	37,50
BS074	2,0	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	2,8	7,7	0,00
BS075	2,0	8,9	2,0	2,0	2,0	2,2	1,1	6,3	40,0	2,50
BS077	2,9	85,0	5,6	9,0	18,0	14,3	15,1	3,0	11,8	77,50
BS079	2,0	2,7	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	3,6	13,0	0,00
BS081	2,0	5,9	2,0	3,0	3,4	2,9	1,0	1,2	1,6	5,00
BS083	2,0	36,0	2,3	3,0	4,0	4,6	5,8	4,6	23,6	17,50
BS085	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	3,8	13,8	0,00
BS088	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
BS090	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	3,7	14,0	0,00
BS095	2,0	2,9	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	2,9	8,4	0,00
Pontos INEA - RJ										
FN0130	2,0	7,2	2,0	2,0	2,0	2,1	0,6	7,1	55,5	1,09
PS0410	2,0	4,4	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	4,9	26,8	0,00
AB0155	2,0	6,2	2,0	2,0	2,0	2,3	0,9	3,4	11,2	4,44
PS0413	2,0	32,0	2,0	2,0	2,0	2,4	3,2	9,3	87,3	1,11
PP0160	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,4	6,6	44,2	0,00
PS0415	2,0	11,0	2,0	2,0	2,0	2,1	1,0	8,5	75,0	1,10
BN0180	2,0	7,2	2,0	2,4	3,6	3,0	1,3	1,4	1,2	13,33
PS0418	2,0	8,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,6	8,8	81,6	1,09
PS0419	2,0	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	4,0	14,5	0,00
PS0421	2,0	7,6	2,0	2,0	2,0	2,1	0,6	8,0	70,1	1,09
PS0423	2,0	6,4	2,0	2,0	2,0	2,1	0,5	6,5	45,4	1,09
SC0200	2,0	6,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,5	6,4	45,5	1,05
PS0425	2,0	22,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,1	9,5	90,4	1,09
PS0430	0,6	16,0	2,0	2,0	2,0	2,2	1,6	8,0	68,7	2,33
PN0273	2,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	3,9	15,1	0,00
PN0270	2,0	6,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,6	6,5	44,0	2,04
PB0002	2,0	80,0	3,7	5,0	6,4	6,8	10,5	6,4	44,4	48,21
SA0100	2,0	9,8	2,0	3,0	4,4	3,9	2,5	1,8	3,5	22,22
PR0091	2,0	6,6	2,0	2,0	2,0	2,2	0,8	4,7	23,7	2,50
PQ0113	2,0	11,0	3,0	6,0	7,0	5,3	2,5	0,1	-1,0	52,50
PB0011	2,0	5,8	2,0	2,0	2,0	2,2	0,8	3,8	14,6	3,64
PS0431	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	3,3	10,6	0,00
PS0432	1,0	5,2	2,0	2,0	2,0	2,1	0,5	5,1	30,3	1,16
PR0200	2,0	12,4	3,7	4,8	6,3	5,4	2,6	1,2	2,1	48,15
PS0434	2,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	7,3	53,0	0,00

Tabela II.3: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – DBO (continuação).

DBO (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos INEA - RJ										
PM0332	2,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,3	6,9	47,0	0,00
PM0331	2,0	3,2	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	5,5	30,0	0,00
PS0436	2,0	4,2	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	5,7	34,9	0,00
GR0361	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,2	0,6	4,0	16,9	0,00
BG0366	2,0	34,0	5,4	7,3	14,8	10,5	7,7	1,4	1,5	76,19
NG0353	2,0	3,2	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	5,4	29,0	0,00
DR0350	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	-	-	0,00
PS0439	2,0	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	7,2	52,0	0,00
MR0374	2,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	6,2	39,0	0,00
CR0020	2,0	3,2	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	4,3	17,5	0,00
MR0370	2,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	3,5	12,0	0,00
PS0441	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	6,8	47,9	0,00

Tabela II.4: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Oxigênio dissolvido.

Oxigênio dissolvido (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos CETESB - SP										
GUAT02800	6,00	9,00	6,83	7,35	8,10	7,50	0,88	-0,30	-1,12	0,00
INGA00850	4,50	8,40	6,95	7,30	7,75	7,29	0,78	-1,75	5,61	2,56
IUNA00950	4,20	8,00	6,80	7,10	7,50	7,05	0,72	-2,40	8,40	2,56
JAGI00350	5,70	9,50	7,53	8,15	8,65	7,99	1,18	-0,22	-4,75	11,11
JAGI02900	0,50	7,60	4,50	5,10	6,03	5,25	1,37	-0,87	2,26	45,00
JAGJ00200	0,42	12,30	4,20	5,80	7,00	5,66	2,36	0,50	1,07	55,74
JAGJ00900	2,00	13,00	6,25	7,10	7,45	6,83	1,91	0,53	5,50	15,38
PARB02050	1,90	7,70	4,45	5,85	6,40	5,38	1,32	-0,80	-0,25	30,00
PARB02100	2,20	7,70	4,38	5,90	6,43	5,42	1,32	-0,70	-0,43	35,00
PARB02200	3,40	8,80	5,90	6,50	6,80	6,32	0,85	-0,66	3,55	6,67
PARB02300	0,90	7,40	4,50	5,40	6,00	5,15	1,02	-0,45	-0,29	31,67
PARB02310	1,80	13,40	4,60	5,45	6,00	5,37	1,50	3,06	15,84	36,67
PARB02400	1,20	6,50	2,60	3,50	4,40	3,50	1,18	-0,10	-0,42	91,67
PARB02490	2,50	7,00	4,50	5,00	5,63	5,09	0,87	0,01	-0,43	45,00
PARB02530	3,30	7,10	4,58	5,20	5,63	5,15	0,79	0,23	-0,09	36,67
PARB02600	2,10	7,60	3,68	4,55	5,23	4,50	0,95	-0,18	-1,02	63,33
PARB02700	2,90	6,90	3,98	4,70	5,40	4,67	1,03	-0,08	-0,54	56,67
PARB02900	4,20	8,79	5,80	6,50	6,93	6,37	0,99	-0,02	-0,08	8,33
PTEI02900	2,70	8,40	5,48	6,10	6,60	6,09	1,16	-0,39	0,58	15,00
PTIN00850	6,20	8,80	6,85	7,75	8,58	7,63	0,80	-1,72	3,23	0,00
PUNA00800	6,90	9,20	7,60	8,15	8,68	8,12	0,57	-0,52	1,65	0,00
SANT00100	4,30	8,50	7,00	7,40	7,70	7,32	0,73	-1,77	6,44	3,33
UNNA02800	4,10	9,00	6,70	7,30	8,00	7,32	0,91	-0,12	-0,79	1,69
Pontos IGAM - MG										
BS002	5,70	8,50	6,80	7,10	7,63	7,25	0,62	0,09	-0,22	0,00
BS006	6,30	8,40	7,08	7,40	7,90	7,41	0,61	-0,26	-0,92	0,00
BS017	0,80	5,80	2,30	3,05	3,90	3,01	1,22	0,05	-0,57	95,00
BS018	5,30	7,90	6,50	6,80	7,35	6,93	0,57	-0,18	0,23	0,00
BS024	5,60	8,80	6,98	7,15	7,63	7,25	0,62	0,18	0,70	0,00
BS026	7,20	8,70	7,70	8,35	8,48	8,13	0,46	-0,66	-0,78	0,00
BS027	7,00	8,40	7,33	7,75	8,28	7,78	0,48	-0,02	-1,46	0,00
BS028	7,00	8,90	7,38	7,70	8,20	7,78	0,54	0,25	-1,01	0,00
BS029	7,10	9,00	7,40	7,80	8,30	7,89	0,54	0,24	-1,06	0,00
BS030	7,10	8,50	7,33	7,85	8,20	7,78	0,47	-0,10	-1,45	0,00
BS031	7,00	9,10	7,58	7,85	8,23	7,91	0,53	0,19	-0,66	0,00
BS032	6,70	8,60	7,30	7,60	8,20	7,68	0,50	0,00	-1,02	0,00
BS033	6,60	8,50	7,20	7,45	7,80	7,49	0,46	0,26	-0,36	0,00
BS038	7,00	8,80	7,30	7,65	7,88	7,73	0,56	0,81	-0,26	0,00
BS042	6,40	8,80	7,30	7,50	8,00	7,62	0,60	0,26	-0,52	0,00
BS043	7,20	9,00	7,68	8,00	8,40	8,04	0,49	0,17	-0,90	0,00
BS046	6,30	8,30	7,10	7,40	7,80	7,41	0,49	-0,06	-0,22	0,00
BS049	0,90	6,40	2,48	3,45	4,73	3,59	1,53	0,13	-1,00	75,00
BS050	6,10	8,40	7,00	7,35	7,70	7,33	0,56	-0,18	-0,42	0,00
BS051	5,70	7,80	6,15	6,60	7,05	6,64	0,73	0,41	-0,60	0,00
BS052	7,60	8,90	7,83	8,15	8,58	8,21	0,46	0,24	-1,50	0,00
BS054	6,60	8,60	7,30	7,60	7,93	7,62	0,50	0,07	-0,26	0,00
BS055	7,20	8,90	7,70	7,85	8,10	7,91	0,53	0,59	0,21	0,00

Tabela II.4: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Oxigênio dissolvido (continuação).

Oxigênio dissolvido (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos IGAM - MG										
BS056	5,30	8,90	7,38	7,75	8,10	7,71	0,64	-1,21	3,86	0,00
BS057	5,70	8,20	6,40	6,60	7,00	6,70	0,54	0,65	1,09	0,00
BS058	7,00	8,90	7,50	7,80	8,20	7,86	0,46	0,39	-0,19	0,00
BS059	6,30	8,30	6,80	7,30	7,80	7,31	0,56	0,01	-1,27	0,00
BS060	6,00	8,30	6,88	7,25	7,80	7,32	0,58	-0,08	-0,85	0,00
BS061	6,80	8,90	7,70	8,10	8,50	8,08	0,52	-0,40	-0,41	0,00
BS062	6,50	8,60	7,20	7,40	7,90	7,46	0,58	0,05	-0,17	0,00
BS070	6,50	8,80	7,30	7,45	7,95	7,62	0,71	0,40	-0,51	0,00
BS071	0,50	6,80	2,30	3,00	3,88	3,09	1,31	0,38	0,45	90,00
BS072	4,80	8,20	6,38	6,95	7,38	6,79	1,01	-0,86	0,33	14,29
BS073	4,20	7,90	5,88	6,40	6,70	6,20	0,86	-0,52	0,21	12,50
BS074	7,10	8,60	7,50	7,90	8,00	7,81	0,48	0,05	-0,90	0,00
BS075	6,30	8,80	7,40	7,65	8,05	7,70	0,56	-0,12	0,00	0,00
BS077	0,50	5,90	1,38	2,10	3,00	2,34	1,28	1,02	0,77	92,50
BS079	6,80	8,60	7,20	7,30	7,90	7,61	0,57	0,73	-0,69	0,00
BS081	5,60	8,30	6,48	6,85	7,40	6,95	0,67	0,23	-0,49	0,00
BS083	2,60	7,60	5,88	6,40	6,80	6,25	0,92	-1,75	5,46	5,00
BS085	5,90	8,50	6,60	7,30	7,70	7,18	0,67	-0,21	-0,97	2,50
BS088	6,70	8,90	7,60	8,05	8,25	7,93	0,59	-0,42	0,13	0,00
BS090	7,00	8,80	7,55	7,85	8,40	7,94	0,54	0,02	-0,99	0,00
BS095	6,70	8,50	7,15	7,40	7,90	7,52	0,58	0,38	-0,73	0,00
Pontos INEA - RJ										
FN0130	2,00	9,60	7,00	7,42	8,00	7,39	1,18	-1,37	4,80	45,05
PS0410	2,00	10,00	4,30	5,60	6,40	5,46	1,54	0,22	0,23	86,96
AB0155	2,00	10,40	6,60	7,80	8,80	7,59	1,77	-0,88	1,20	27,91
PS0413	2,40	9,40	5,20	6,00	6,80	6,00	1,18	-0,02	0,72	13,48
PP0160	2,00	10,20	7,80	8,60	8,80	8,30	1,28	-2,75	12,78	43,90
PS0415	1,20	9,80	6,00	6,60	7,23	6,55	1,26	-0,93	4,77	15,38
BN0180	3,80	9,00	7,00	7,60	8,00	7,35	1,05	-1,28	2,23	53,49
PS0418	4,80	9,40	6,60	7,40	7,80	7,26	0,90	0,12	0,05	25,00
PS0419	4,00	9,60	6,65	7,20	7,80	7,24	0,81	-0,21	2,57	24,18
PS0421	2,00	9,80	6,40	7,00	7,60	6,93	1,03	-1,22	6,43	31,87
PS0423	4,40	9,60	6,25	6,80	7,40	6,87	0,84	0,41	1,59	29,67
SC0200	4,40	9,80	6,40	7,00	7,40	6,96	0,95	0,30	1,07	27,66
PS0425	2,00	10,00	6,80	7,40	7,80	7,26	0,97	-1,50	9,35	30,00
PS0430	4,00	13,00	7,20	7,80	8,40	7,92	1,17	0,98	6,40	42,35
PN0273	7,40	10,40	8,00	8,60	8,80	8,53	0,71	0,48	0,16	35,42
PN0270	2,00	10,40	7,80	8,20	8,60	8,20	1,18	-2,89	15,37	29,17
PB0002	2,00	8,60	4,00	4,80	5,60	4,85	1,51	0,20	-0,23	96,30
SA0100	6,40	8,40	8,00	8,00	8,40	7,84	0,69	-1,50	1,47	100,00
PR0091	7,20	9,80	8,20	8,60	9,40	8,69	0,67	-0,17	-0,92	43,59
PQ0113	2,60	10,60	5,20	6,00	6,80	6,11	1,32	0,64	3,05	100,00
PB0011	7,00	10,20	8,00	8,20	8,80	8,35	0,71	0,65	0,39	86,79
PS0431	5,80	11,00	8,70	9,20	9,60	9,17	0,97	-1,31	3,78	18,18
PS0432	4,60	10,40	8,40	8,80	9,55	8,86	0,91	-1,46	5,09	36,05
PR0200	4,60	8,60	6,40	7,00	7,70	6,96	1,03	-0,64	0,12	18,52
PS0434	7,20	10,80	8,00	8,40	9,25	8,61	0,89	0,54	-0,18	26,42

Tabela II.4: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Oxigênio dissolvido (continuação).

Oxigênio dissolvido (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos INEA - RJ										
PM0332	7,20	11,00	8,00	8,40	8,80	8,52	0,83	1,02	1,13	23,40
PM0331	7,40	11,20	8,30	8,80	9,25	8,84	0,94	0,51	0,22	20,00
PS0436	7,00	10,60	8,00	8,40	9,00	8,56	0,85	0,48	-0,31	25,49
GR0361	2,00	11,00	8,00	8,50	9,00	8,28	1,44	-2,33	8,74	33,33
BG0366	1,00	8,80	3,05	4,20	5,75	4,26	1,91	0,20	-0,34	95,24
NG0353	5,60	12,40	8,00	8,80	9,40	8,73	1,42	0,41	1,46	41,38
DR0350	6,00	11,40	8,20	8,80	9,30	8,76	1,17	0,20	0,95	20,69
PS0439	7,00	11,40	8,00	8,80	9,30	8,74	1,01	0,65	0,23	25,49
MR0374	4,60	10,80	6,80	7,20	7,60	7,39	1,19	0,81	1,40	12,82
CR0020	6,20	9,80	7,60	8,20	8,60	8,19	0,84	-0,02	-0,29	23,08
MR0370	6,60	11,00	7,85	9,50	9,80	8,94	1,49	-0,53	-0,95	36,36
PS0441	6,20	11,20	7,60	8,20	9,20	8,48	1,20	0,60	-0,26	18,87

Tabela II.5: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Turbidez .

Turbidez (UNT)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos CETESB - SP										
GUAT02800	3,7	466,0	5,8	10,5	23,5	42,0	61,5	2,2	3,8	10,00
INGA00850	0,3	9,3	2,6	3,0	5,0	3,8	1,8	1,1	0,9	0,00
IUNA00950	0,4	11,0	2,4	3,0	4,0	3,6	2,1	1,7	3,0	0,00
JAGI00350	0,1	115,0	5,3	9,3	14,5	16,7	2,7	1,8	3,5	5,56
JAGI02900	0,8	309,0	7,1	11,0	18,0	31,4	75,3	3,0	7,6	6,67
JAGJ00200	0,8	43,0	1,3	1,8	3,0	4,6	8,6	3,0	9,3	1,67
JAGJ00900	1,0	10,0	1,4	2,0	3,0	2,6	2,3	1,5	2,1	0,00
PARB02050	1,9	43,0	3,2	5,0	11,0	8,6	9,2	2,3	5,6	0,00
PARB02100	2,0	41,0	3,2	5,0	12,0	8,2	8,1	2,0	4,7	0,00
PARB02200	5,2	96,0	8,2	12,0	23,3	18,8	17,4	2,4	7,2	0,00
PARB02300	7,7	119,0	13,0	17,8	29,8	28,4	25,8	2,1	4,0	5,00
PARB02310	6,8	68,0	11,0	16,0	24,0	20,6	14,3	1,8	3,0	0,00
PARB02400	7,2	199,0	12,0	17,0	33,0	29,8	24,3	2,1	4,4	5,00
PARB02490	7,7	122,0	13,0	19,0	28,3	26,7	22,3	2,2	4,8	3,33
PARB02530	5,0	303,0	21,0	28,5	42,0	47,0	59,9	3,4	12,5	10,00
PARB02600	6,0	202,0	19,0	25,0	45,5	38,7	32,4	2,2	5,4	5,00
PARB02700	12,0	312,0	17,5	27,0	51,3	48,7	49,6	2,8	10,3	13,33
PARB02900	6,3	435,0	15,0	25,0	57,8	54,8	75,5	3,2	13,5	16,67
PTEI02900	4,0	417,0	16,0	28,5	66,0	59,6	88,3	2,8	8,0	16,67
PTIN00850	7,5	442,0	13,3	23,0	48,5	68,0	1,3	0,0	-1,2	27,78
PUNA00800	1,0	51,0	2,0	2,5	4,7	6,2	0,0	-	-	5,56
SANT00100	1,0	10,0	1,7	2,7	4,1	3,2	2,1	1,2	0,8	0,00
UNNA02800	14,0	6.770,0	43,5	74,0	253,0	410,1	1.173,6	4,1	19,0	44,07
Pontos IGAM - MG										
BS002	1,2	81,1	5,5	8,2	15,3	13,8	14,9	2,9	10,6	0,00
BS006	1,1	130,0	16,3	23,2	36,7	30,6	25,1	2,2	5,8	2,50
BS017	1,5	247,0	21,7	28,3	75,9	49,4	51,3	2,1	4,9	10,00
BS018	7,0	994,0	12,6	17,6	30,7	63,3	163,1	5,1	28,7	12,50
BS024	0,5	149,0	8,7	13,0	45,7	30,4	31,5	1,7	3,8	2,50
BS026	1,6	73,8	2,8	4,5	8,9	14,3	22,6	2,2	3,9	0,00
BS027	6,4	98,1	8,2	10,4	16,8	23,7	29,4	2,1	3,2	0,00
BS028	1,1	502,0	9,0	17,4	66,2	57,8	90,9	3,3	14,2	20,00
BS029	0,4	359,0	10,0	14,0	77,0	46,2	65,1	3,2	13,2	12,50
BS030	4,7	44,7	9,1	14,6	24,2	18,2	12,4	1,0	0,3	7,14
BS031	1,7	449,0	11,8	26,5	77,8	58,6	86,1	3,3	12,2	42,50
BS032	0,6	157,0	7,8	14,8	52,1	36,8	40,4	1,4	1,0	12,50
BS033	4,0	829,0	16,9	28,1	100,2	111,4	185,0	2,5	6,0	25,00
BS038	8,1	399,0	14,6	23,8	55,7	56,4	101,2	3,4	12,3	7,14
BS042	3,8	652,0	13,5	33,1	73,3	72,8	121,2	3,6	14,4	15,38
BS043	2,2	586,0	10,4	19,2	73,4	58,7	102,7	4,0	18,5	12,50
BS046	1,6	96,7	6,6	12,1	26,5	19,7	19,5	2,0	5,1	0,00
BS049	12,1	246,0	26,5	35,6	53,1	44,9	39,0	3,8	18,3	5,00
BS050	4,2	409,0	11,1	18,9	57,8	50,2	82,9	3,5	12,5	12,50
BS051	4,9	24,2	9,3	12,0	16,8	13,3	6,8	0,5	-0,5	0,00
BS052	2,1	57,3	4,9	6,7	23,5	15,6	15,5	1,7	3,0	0,00
BS054	1,3	364,0	5,2	14,9	70,5	57,2	94,8	2,4	5,1	12,50
BS055	5,0	75,9	9,9	12,2	23,9	25,2	26,4	1,4	0,3	0,00

Tabela II.5: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Turbidez (continuação).

Turbidez (UNT)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos IGAM - MG										
BS056	2,0	524,0	12,0	20,7	58,1	66,6	110,4	2,7	7,6	17,50
BS057	4,1	487,0	11,9	24,8	53,1	54,5	89,8	3,6	14,6	12,50
BS058	3,3	154,0	8,7	19,2	37,0	32,0	36,3	2,1	4,1	7,50
BS059	5,6	793,0	12,9	20,0	49,4	58,9	132,0	4,9	25,9	12,50
BS060	0,4	323,0	9,7	18,7	76,6	53,8	72,3	2,2	4,8	20,00
BS061	1,5	204,0	7,9	11,2	39,5	25,9	34,0	3,9	19,5	25,00
BS062	3,3	174,0	8,0	12,7	39,3	38,7	55,4	2,0	2,8	14,29
BS070	1,8	49,3	4,1	7,9	20,4	13,6	13,4	1,6	2,8	0,00
BS071	12,9	415,0	28,5	44,5	83,0	81,1	100,1	2,5	5,6	15,00
BS072	8,9	42,8	12,3	15,1	24,6	19,1	9,9	1,3	1,1	0,00
BS073	2,7	269,0	10,8	15,4	23,8	23,7	40,8	5,8	35,7	2,50
BS074	4,9	117,0	6,8	9,4	13,7	18,4	29,0	3,5	12,5	7,14
BS075	1,3	299,0	9,7	16,9	53,5	42,1	60,1	2,8	8,9	10,00
BS077	8,4	377,0	23,0	34,0	47,1	57,2	72,6	3,0	10,0	15,00
BS079	2,2	37,5	6,6	8,6	18,6	13,7	12,1	1,1	-0,2	0,00
BS081	6,0	515,0	13,4	21,4	43,2	52,3	96,2	3,9	16,2	7,50
BS083	4,2	161,0	12,9	21,3	37,7	31,4	30,0	2,4	7,9	2,50
BS085	4,5	231,0	13,3	22,8	47,9	35,5	39,1	3,5	15,8	35,00
BS088	5,2	289,0	8,8	12,6	40,7	40,1	73,8	3,4	12,0	28,57
BS090	3,4	57,9	7,3	10,0	12,0	13,7	13,8	2,9	9,1	7,14
BS095	6,4	71,5	13,1	30,8	41,2	31,2	20,8	0,5	-0,7	0,00
Pontos INEA - RJ										
FN0130	4,6	111,0	9,3	14,0	34,0	25,1	24,0	1,8	3,3	2,04
PS0410	1,6	80,0	5,0	7,2	14,0	14,2	17,1	2,4	5,6	0,00
AB0155	2,3	60,0	3,9	4,8	11,5	11,5	14,6	2,5	5,9	0,00
PS0413	1,7	80,0	5,2	7,1	14,2	15,4	18,8	2,1	4,0	0,00
PP0160	2,1	54,0	4,1	5,5	15,9	13,1	15,2	1,9	2,5	0,00
PS0415	2,0	170,0	5,8	8,1	14,3	17,5	28,4	4,0	18,4	2,08
BN0180	1,6	153,0	7,5	14,3	38,8	32,1	38,2	1,9	3,5	4,35
PS0418	1,9	97,0	5,6	11,0	21,1	19,1	22,1	2,0	3,6	0,00
PS0419	1,9	119,0	6,2	9,8	22,3	19,5	23,6	2,5	7,1	2,08
PS0421	1,5	90,0	6,0	10,0	22,0	17,7	19,4	2,2	5,1	0,00
PS0423	3,0	95,0	7,2	10,5	25,3	20,5	21,8	1,9	3,4	0,00
SC0200	1,7	140,0	7,2	13,0	24,8	21,7	26,1	2,8	9,0	2,00
PS0425	1,7	140,0	7,3	12,0	25,0	21,9	25,6	2,6	8,6	2,00
PS0430	0,8	270,0	8,4	13,0	34,3	28,1	43,7	4,6	25,0	2,50
PN0273	3,5	250,0	6,1	8,0	26,8	38,0	63,9	2,4	5,4	13,64
PN0270	4,1	172,0	5,4	8,5	30,5	34,6	51,6	1,9	2,5	13,04
PB0002	1,3	624,0	4,4	6,0	11,0	44,9	125,5	4,0	17,3	10,34
SA0100	8,0	578,0	16,0	26,0	42,3	94,6	195,9	2,8	7,9	12,50
PR0091	0,9	399,0	18,5	31,5	48,8	60,4	92,0	3,1	10,2	15,00
PQ0113	1,0	76,0	9,8	14,0	25,3	20,8	18,6	1,8	3,5	0,00
PB0011	9,5	140,0	12,9	23,5	39,8	32,2	28,5	2,4	7,1	3,57
PS0431	1,3	87,0	4,5	9,0	25,0	16,9	19,4	2,4	6,6	0,00
PS0432	0,9	240,0	4,9	13,0	22,0	23,4	40,1	4,3	21,9	2,44
PR0200	1,2	46,0	7,1	9,5	17,0	12,9	9,5	1,8	4,0	0,00
PS0434	1,2	113,0	4,2	8,5	18,0	15,8	22,7	3,1	10,9	3,03

Tabela II.5: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Turbidez (continuação).

Turbidez (UNT)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos INEA - RJ										
PM0332	1,5	77,0	3,5	6,3	20,3	15,7	18,7	1,8	3,3	0,00
PM0331	1,2	52,0	2,8	4,5	8,4	9,2	12,3	2,8	8,3	0,00
PS0436	1,4	149,0	4,2	7,1	22,0	19,1	30,6	3,1	10,6	3,03
GR0361	10,0	455,0	18,3	28,1	71,8	66,9	97,4	3,4	12,8	13,64
BG0366	2,7	61,0	7,1	15,9	26,5	20,0	15,9	1,1	0,7	0,00
NG0353	4,2	62,0	10,5	14,5	33,3	22,0	18,1	1,1	-0,1	0,00
DR0350	2,1	60,0	6,1	7,5	18,5	15,3	16,0	1,8	2,8	0,00
PS0439	1,5	75,0	3,6	5,7	24,0	16,8	20,6	1,7	2,2	0,00
MR0374	2,3	69,0	4,3	9,8	19,0	14,1	14,4	2,3	7,1	0,00
CR0020	1,8	149,0	3,3	5,6	23,8	20,7	31,6	2,9	10,0	3,57
MR0370	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	-	-	-	0,00
PS0441	1,7	73,0	4,6	7,6	23,0	17,1	18,3	1,5	1,6	0,00

Tabela II.6: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Ferro dissolvido.

Ferro dissolvido (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos CETESB - SP										
GUAT02800	0,170	1,400	0,403	0,480	0,635	0,535	0,204	1,527	3,485	81,82
INGA00850	0,100	0,500	0,100	0,160	0,200	0,183	0,057	0,172	-1,118	9,68
IUNA00950	0,100	0,540	0,100	0,160	0,225	0,206	0,127	1,428	1,466	19,35
JAGI00350	0,100	0,580	0,343	0,425	0,493	0,410	0,123	-1,127	-	91,67
JAGI02900	0,040	0,640	0,130	0,200	0,300	0,233	0,134	1,132	0,867	23,91
JAGJ00200	0,030	0,500	0,100	0,100	0,175	0,135	0,088	2,439	7,405	4,35
JAGJ00900	0,070	0,430	0,100	0,100	0,200	0,147	0,081	2,091	6,237	6,45
PARB02050	0,030	0,820	0,100	0,180	0,268	0,207	0,147	2,339	7,411	17,39
PARB02100	0,060	1,070	0,113	0,200	0,270	0,233	0,174	3,460	15,273	19,57
PARB02200	0,030	0,850	0,113	0,195	0,308	0,222	0,154	2,119	6,320	26,09
PARB02300	0,100	0,830	0,180	0,220	0,380	0,290	0,176	1,511	1,666	31,71
PARB02310	0,100	0,590	0,180	0,215	0,383	0,282	0,135	0,845	-0,573	35,71
PARB02400	0,070	1,200	0,190	0,250	0,360	0,298	0,225	2,269	6,371	28,89
PARB02490	0,100	0,730	0,203	0,265	0,380	0,315	0,174	1,071	0,214	36,96
PARB02530	0,140	4,000	0,233	0,295	0,438	0,425	0,613	5,553	32,778	45,65
PARB02600	0,120	1,210	0,260	0,320	0,548	0,407	0,228	1,439	2,607	54,35
PARB02700	0,110	4,500	0,270	0,330	0,523	0,476	0,691	5,557	32,848	56,52
PARB02900	0,100	1,000	0,280	0,360	0,595	0,419	0,217	1,035	0,274	58,70
PTEI02900	0,100	2,700	0,360	0,510	0,710	0,608	0,486	2,438	8,214	80,00
PTIN00850	0,240	0,930	0,483	0,560	0,570	0,553	0,000	-	-	91,67
PUNA00800	0,100	0,470	0,148	0,200	0,200	0,203	0,000	-2,449	-	8,33
SANT00100	0,030	0,490	0,100	0,125	0,200	0,166	0,102	1,619	2,254	13,04
UNNA02800	0,150	2,700	0,370	0,520	0,678	0,600	0,291	1,587	3,147	84,78
Pontos IGAM - MG										
BS002	0,030	1,300	0,098	0,145	0,313	0,268	0,278	1,972	4,011	25,00
BS006	0,030	1,180	0,147	0,200	0,378	0,276	0,214	2,200	7,073	35,00
BS017	0,070	1,060	0,194	0,287	0,335	0,304	0,175	2,181	7,863	45,00
BS018	0,070	0,950	0,218	0,306	0,473	0,348	0,193	1,025	1,207	52,50
BS024	0,047	0,960	0,197	0,268	0,343	0,290	0,166	1,993	6,104	37,50
BS026	0,050	0,224	0,090	0,141	0,154	0,129	0,059	0,238	-0,097	0,00
BS027	0,030	0,230	0,076	0,130	0,166	0,125	0,071	0,315	-0,951	0,00
BS028	0,048	1,680	0,160	0,225	0,321	0,273	0,256	4,475	24,161	27,50
BS029	0,047	1,200	0,161	0,273	0,321	0,291	0,196	2,699	11,325	32,50
BS030	0,123	0,771	0,169	0,227	0,329	0,275	0,168	2,139	5,699	35,71
BS031	0,040	2,450	0,199	0,276	0,353	0,358	0,384	4,428	23,326	37,50
BS032	0,084	1,210	0,157	0,215	0,284	0,263	0,199	3,095	12,706	22,50
BS033	0,080	1,000	0,140	0,195	0,285	0,275	0,217	1,807	2,835	25,00
BS038	0,084	0,185	0,117	0,130	0,160	0,136	0,034	-0,088	-0,686	0,00
BS042	0,070	1,330	0,186	0,280	0,473	0,364	0,275	2,098	5,359	47,37
BS043	0,030	0,700	0,094	0,134	0,241	0,193	0,158	1,901	3,816	12,82
BS046	0,051	1,350	0,113	0,233	0,408	0,317	0,280	1,828	3,909	40,00
BS049	0,090	6,760	0,318	0,465	0,621	0,632	1,021	5,819	35,628	80,00
BS050	0,051	1,680	0,104	0,175	0,242	0,238	0,270	4,230	21,358	15,00
BS051	0,084	0,140	0,107	0,131	0,135	0,118	0,030	-1,548	-	0,00
BS052	0,059	0,260	0,084	0,105	0,147	0,127	0,069	1,365	1,982	0,00
BS054	0,059	1,210	0,160	0,240	0,360	0,301	0,256	1,987	4,204	32,43
BS055	0,049	0,509	0,083	0,118	0,242	0,181	0,146	1,498	1,814	20,00

Tabela II.6: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Ferro dissolvido (continuação).

Ferro dissolvido (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos IGAM - MG										
BS056	0,100	1,790	0,176	0,240	0,318	0,323	0,300	3,522	14,904	32,50
BS057	0,090	1,200	0,196	0,241	0,312	0,303	0,209	2,507	8,089	30,00
BS058	0,079	0,630	0,180	0,225	0,321	0,256	0,125	1,018	1,038	27,50
BS059	0,030	1,480	0,138	0,269	0,343	0,297	0,247	3,021	13,024	40,00
BS060	0,039	0,610	0,110	0,159	0,271	0,213	0,147	1,312	1,053	22,50
BS061	0,061	0,970	0,195	0,260	0,325	0,276	0,160	2,236	8,279	30,00
BS062	0,073	0,333	0,115	0,168	0,232	0,180	0,081	0,474	-0,854	7,14
BS070	0,056	0,211	0,077	0,104	0,141	0,115	0,054	0,925	0,147	0,00
BS071	0,040	1,534	0,141	0,336	0,722	0,437	0,360	1,165	1,045	52,50
BS072	0,030	0,645	0,215	0,343	0,445	0,334	0,201	0,036	-0,077	57,14
BS073	0,040	1,230	0,269	0,348	0,460	0,401	0,224	1,672	3,982	67,50
BS074	0,088	0,285	0,138	0,166	0,203	0,176	0,061	0,373	-0,600	0,00
BS075	0,049	0,880	0,128	0,182	0,297	0,246	0,186	1,816	3,329	22,50
BS077	0,030	2,590	0,273	0,409	0,742	0,543	0,446	2,625	10,493	65,00
BS079	0,065	0,317	0,074	0,104	0,213	0,151	0,105	0,984	-0,743	16,67
BS081	0,077	1,690	0,155	0,259	0,383	0,326	0,276	3,348	14,961	37,50
BS083	0,037	1,770	0,128	0,192	0,298	0,264	0,282	4,129	21,140	25,00
BS085	0,041	0,900	0,141	0,189	0,269	0,231	0,166	2,196	6,134	17,50
BS088	0,093	0,211	0,136	0,171	0,185	0,159	0,041	-0,617	-0,597	0,00
BS090	0,059	0,247	0,118	0,194	0,208	0,165	0,068	-0,531	-1,063	0,00
BS095	0,100	0,286	0,157	0,188	0,230	0,192	0,065	0,255	-0,657	0,00
Pontos INEA - RJ										
FN0130	0,080	0,300	0,080	0,080	0,190	0,153	0,127	1,732	-	0,00
PS0410	0,020	0,100	0,050	0,080	0,090	0,067	0,042	-1,293	-	0,00
AB0155	0,250	0,850	0,400	0,550	0,700	0,550	0,424	-	-	50,00
PS0413	0,020	0,120	0,060	0,100	0,110	0,080	0,053	-1,458	-	0,00
PP0160	0,250	0,350	0,275	0,300	0,325	0,300	0,071	-	-	50,00
PS0415	0,020	0,100	0,050	0,080	0,090	0,067	0,042	-1,293	-	0,00
BN0180	0,200	0,250	0,213	0,225	0,238	0,225	0,035	-	-	0,00
PS0418	0,100	0,120	0,110	0,120	0,120	0,113	0,012	-1,732	-	0,00
PS0419	0,040	0,140	0,070	0,100	0,120	0,093	0,050	-0,586	-	0,00
PS0421	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,000	-	-	0,00
PS0423	0,080	0,140	0,090	0,100	0,120	0,107	0,031	0,935	-	0,00
SC0200	0,080	0,140	0,090	0,100	0,120	0,107	0,031	0,935	-	0,00
PS0425	0,080	0,140	0,080	0,080	0,110	0,100	0,035	1,732	-	0,00
PS0430	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	-	-	-	0,00
PN0273	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	-	-	-	0,00
PN0270	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	0,00
PB0002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA0100	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-	-	-	0,00
PR0091	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PQ0113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB0011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PS0431	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	0,00
PS0432	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	-	-	-	0,00
PR0200	0,180	1,100	0,400	0,500	0,650	0,541	0,247	0,605	-0,104	76,19
PS0434	0,020	1,000	0,140	0,250	0,650	0,402	0,325	0,582	-1,024	47,62

Tabela II.6: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Ferro dissolvido (continuação).

Ferro dissolvido (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos INEA - RJ										
PM0332	0,020	1,400	0,100	0,300	0,700	0,422	0,387	1,032	0,444	47,62
PM0331	0,020	1,200	0,080	0,350	0,550	0,364	0,353	1,353	2,133	54,55
PS0436	0,020	1,300	0,105	0,225	0,738	0,428	0,404	0,911	-0,161	45,45
GR0361	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BG0366	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NG0353	0,020	0,900	0,090	0,140	0,200	0,208	0,243	2,707	8,075	9,09
DR0350	0,020	0,700	0,055	0,075	0,363	0,208	0,225	1,209	0,398	33,33
PS0439	0,020	1,200	0,086	0,225	0,700	0,395	0,363	0,734	-0,698	45,45
MR0374	0,040	0,950	0,155	0,350	0,663	0,419	0,286	0,451	-1,105	50,00
CR0020	0,020	1,100	0,060	0,340	0,680	0,428	0,392	0,554	-1,165	50,00
MR0370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PS0441	0,020	1,100	0,070	0,170	0,588	0,327	0,312	0,919	-0,056	0,00

Tabela II.7: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Manganês total.

Manganês total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos CETESB - SP										
GUAT02800	0,020	0,240	0,050	0,060	0,100	0,078	0,038	0,245	1,090	9,09
INGA00850	0,010	0,350	0,020	0,020	0,100	0,055	0,039	-0,269	-1,769	3,23
IUNA00950	0,010	0,220	0,020	0,040	0,100	0,061	0,061	0,912	0,711	9,68
JAGI00350	0,040	0,150	0,100	0,100	0,100	0,096	0,000	-2,449	-	16,67
JAGI02900	0,040	0,290	0,080	0,100	0,130	0,112	0,060	1,377	1,802	40,38
JAGJ00200	0,002	0,110	0,020	0,030	0,073	0,043	0,034	0,592	-1,180	1,92
JAGJ00900	0,010	0,390	0,020	0,050	0,100	0,072	0,088	2,483	8,259	9,68
PARB02050	0,020	0,190	0,028	0,055	0,100	0,069	0,040	0,859	0,530	13,46
PARB02100	0,020	0,190	0,030	0,050	0,100	0,067	0,040	1,024	1,213	13,46
PARB02200	0,030	0,210	0,050	0,070	0,100	0,081	0,033	1,105	1,792	13,46
PARB02300	0,040	0,170	0,070	0,080	0,100	0,085	0,027	0,653	1,309	19,23
PARB02310	0,020	0,150	0,060	0,070	0,100	0,079	0,030	0,298	-0,350	17,31
PARB02400	0,050	0,280	0,078	0,090	0,115	0,103	0,042	2,256	6,651	28,85
PARB02490	0,020	0,270	0,050	0,075	0,100	0,077	0,040	2,788	12,050	7,69
PARB02530	0,008	0,270	0,060	0,080	0,100	0,084	0,044	2,021	7,476	19,23
PARB02600	0,030	0,140	0,050	0,080	0,100	0,080	0,028	0,009	-0,874	13,46
PARB02700	0,004	0,230	0,060	0,080	0,100	0,082	0,035	1,719	7,017	17,31
PARB02900	0,020	0,250	0,060	0,080	0,100	0,086	0,044	1,520	3,969	19,23
PTEI02900	0,040	0,270	0,080	0,100	0,123	0,112	0,048	1,441	1,849	46,15
PTIN00850	0,020	0,180	0,088	0,100	0,123	0,099	0,000	-2,449	-	33,33
PUNA00800	0,010	0,100	0,043	0,100	0,100	0,075	0,000	-2,449	-	0,00
SANT00100	0,001	0,100	0,010	0,020	0,050	0,033	0,034	1,012	-0,559	0,00
UNNA02800	0,030	2,700	0,105	0,150	0,250	0,282	0,520	3,678	14,210	74,51
Pontos IGAM - MG										
BS002	0,041	0,323	0,079	0,106	0,159	0,125	0,068	1,174	1,361	57,50
BS006	0,068	0,252	0,094	0,109	0,134	0,118	0,035	1,585	4,172	67,50
BS017	0,087	0,309	0,132	0,144	0,164	0,152	0,042	1,749	4,610	97,50
BS018	0,003	0,436	0,116	0,138	0,160	0,144	0,071	2,305	8,414	80,00
BS024	0,038	0,195	0,064	0,072	0,093	0,081	0,034	1,875	4,305	22,50
BS026	0,016	0,111	0,024	0,027	0,033	0,038	0,033	2,450	6,242	14,29
BS027	0,030	0,142	0,032	0,037	0,070	0,059	0,042	1,628	2,037	14,29
BS028	0,022	0,330	0,033	0,063	0,157	0,104	0,091	1,152	0,470	40,00
BS029	0,020	0,276	0,040	0,057	0,119	0,086	0,063	1,439	1,605	32,50
BS030	0,014	0,150	0,062	0,070	0,078	0,070	0,033	0,544	2,457	7,14
BS031	0,034	0,495	0,043	0,093	0,177	0,130	0,119	1,934	4,073	45,00
BS032	0,024	0,275	0,035	0,053	0,092	0,073	0,054	1,848	4,187	17,50
BS033	0,037	0,694	0,055	0,071	0,163	0,145	0,166	2,344	5,039	37,14
BS038	0,051	0,191	0,060	0,070	0,117	0,095	0,050	1,302	1,296	42,86
BS042	0,047	0,660	0,119	0,150	0,190	0,184	0,120	2,554	7,612	85,29
BS043	0,022	0,599	0,042	0,067	0,100	0,098	0,125	3,710	15,076	25,00
BS046	0,019	0,118	0,025	0,035	0,058	0,044	0,025	1,451	2,306	5,00
BS049	0,077	0,313	0,113	0,144	0,184	0,153	0,051	1,004	1,256	88,57
BS050	0,029	0,288	0,040	0,052	0,103	0,077	0,062	2,312	6,311	30,00
BS051	0,044	0,094	0,045	0,062	0,072	0,062	0,019	0,708	-0,418	0,00
BS052	0,023	0,049	0,027	0,031	0,033	0,032	0,009	1,447	2,701	0,00
BS054	0,017	0,289	0,023	0,041	0,079	0,072	0,080	2,271	4,547	20,00
BS055	0,049	0,105	0,049	0,053	0,060	0,061	0,020	2,237	5,141	14,29

Tabela II.7: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Manganês total (continuação).

Manganês total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos IGAM - MG										
BS056	0,023	1,159	0,042	0,053	0,104	0,121	0,215	4,074	17,546	31,43
BS057	0,038	0,192	0,050	0,065	0,085	0,073	0,035	2,218	6,476	15,00
BS058	0,024	0,166	0,036	0,050	0,069	0,057	0,032	2,178	6,477	5,00
BS059	0,041	0,384	0,048	0,060	0,103	0,087	0,075	3,521	13,955	30,00
BS060	0,027	0,570	0,038	0,045	0,117	0,099	0,114	2,623	7,674	27,50
BS061	0,016	0,090	0,027	0,035	0,048	0,040	0,018	1,206	1,486	0,00
BS062	0,029	0,288	0,037	0,058	0,093	0,081	0,070	2,342	6,014	21,43
BS070	0,014	0,090	0,021	0,032	0,049	0,040	0,027	1,285	1,060	0,00
BS071	0,128	0,629	0,281	0,356	0,424	0,348	0,106	0,129	0,336	100,00
BS072	0,071	0,172	0,104	0,107	0,113	0,112	0,030	1,245	3,437	85,71
BS073	0,076	0,169	0,095	0,105	0,121	0,111	0,022	0,930	0,390	62,86
BS074	0,038	0,101	0,054	0,057	0,078	0,065	0,020	0,826	-0,511	14,29
BS075	0,010	0,356	0,036	0,054	0,108	0,080	0,071	2,096	5,328	32,50
BS077	0,174	0,701	0,239	0,339	0,386	0,325	0,108	1,065	2,886	100,00
BS079	0,012	0,082	0,030	0,033	0,048	0,040	0,024	1,047	1,391	0,00
BS081	0,003	0,209	0,060	0,078	0,110	0,088	0,044	1,028	2,468	35,00
BS083	0,088	0,408	0,115	0,139	0,162	0,151	0,056	2,628	10,565	92,50
BS085	0,028	0,151	0,042	0,057	0,097	0,072	0,038	0,750	-0,728	25,00
BS088	0,026	0,072	0,043	0,045	0,054	0,048	0,015	0,293	0,451	0,00
BS090	0,021	0,048	0,027	0,028	0,031	0,031	0,009	1,670	3,651	0,00
BS095	0,044	0,167	0,083	0,103	0,135	0,107	0,043	0,033	-0,687	57,14
Pontos INEA - RJ										
FN0130	0,035	0,060	0,035	0,048	0,051	0,046	0,010	0,074	-1,573	0,00
PS0410	0,012	0,065	0,018	0,033	0,046	0,034	0,019	0,358	-1,133	0,00
AB0155	0,020	0,400	0,035	0,035	0,085	0,094	0,120	2,267	5,082	20,00
PS0413	0,016	0,055	0,038	0,043	0,046	0,040	0,012	-1,097	1,320	0,00
PP0160	0,018	0,250	0,036	0,063	0,106	0,083	0,069	1,703	3,332	30,00
PS0415	0,012	0,065	0,029	0,040	0,046	0,038	0,016	-0,026	0,290	0,00
BN0180	0,040	1,000	0,091	0,115	0,310	0,253	0,293	2,187	5,047	50,00
PS0418	0,018	0,120	0,028	0,040	0,051	0,047	0,033	1,921	4,364	12,50
PS0419	0,016	0,060	0,023	0,030	0,045	0,035	0,017	0,663	-1,087	0,00
PS0421	0,018	0,130	0,025	0,038	0,053	0,048	0,036	2,054	4,690	12,50
PS0423	0,020	0,070	0,029	0,038	0,061	0,043	0,019	0,361	-1,762	0,00
SC0200	0,030	0,075	0,030	0,048	0,060	0,048	0,017	0,316	-1,439	0,00
PS0425	0,025	0,090	0,030	0,040	0,064	0,050	0,026	0,987	-0,721	0,00
PS0430	0,016	0,090	0,030	0,035	0,045	0,039	0,017	1,630	4,298	0,00
PN0273	0,030	0,110	0,034	0,043	0,050	0,049	0,026	2,307	5,851	12,50
PN0270	0,025	0,100	0,033	0,045	0,055	0,048	0,024	1,516	2,959	0,00
PB0002	0,040	0,120	0,049	0,053	0,071	0,063	0,026	1,782	3,434	12,50
SA0100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	0,00
PR0091	0,018	0,070	0,040	0,050	0,050	0,046	0,014	-0,175	0,802	0,00
PQ0113	0,075	0,190	0,075	0,085	0,125	0,106	0,038	1,170	0,973	45,45
PB0011	0,030	0,075	0,039	0,045	0,055	0,048	0,014	0,863	0,716	0,00
PS0431	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	-	-	-	0,00
PS0432	0,014	0,070	0,030	0,040	0,045	0,041	0,016	0,234	-0,310	0,00
PR0200	0,025	0,140	0,073	0,090	0,110	0,088	0,033	-0,529	-0,294	34,78
PS0434	0,020	0,250	0,030	0,045	0,076	0,064	0,055	2,220	5,191	20,00

Tabela II.7: Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das águas – Período de 2005 a 2014 – Manganês total (continuação).

Manganês total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio Padrão	Coef. de assimetria	Coef. de curtose	Percentual de não conformidade (%)
Pontos INEA - RJ										
PM0332	0,010	0,250	0,021	0,030	0,075	0,057	0,054	1,828	3,579	18,42
PM0331	0,010	0,180	0,020	0,025	0,036	0,045	0,050	2,131	3,576	15,00
PS0436	0,010	0,250	0,025	0,040	0,068	0,054	0,044	2,599	9,589	12,50
GR0361	0,016	0,300	0,035	0,043	0,046	0,061	0,076	3,334	11,360	8,33
BG0366	0,010	0,075	0,044	0,048	0,066	0,051	0,019	-0,640	0,580	0,00
NG0353	0,016	0,300	0,055	0,075	0,140	0,109	0,079	1,241	0,591	33,33
DR0350	0,010	0,800	0,036	0,045	0,099	0,112	0,172	3,426	12,960	22,73
PS0439	0,010	0,250	0,020	0,045	0,075	0,062	0,056	1,690	2,780	22,50
MR0374	0,010	0,300	0,030	0,038	0,050	0,050	0,051	4,199	20,200	9,38
CR0020	0,007	0,250	0,020	0,040	0,056	0,050	0,048	2,655	9,180	9,38
MR0370	0,012	0,400	0,026	0,060	0,099	0,092	0,115	2,565	7,134	30,00
PS0441	0,010	0,200	0,020	0,035	0,046	0,047	0,039	2,272	5,890	0,00

APÊNDICE III

Carga de DBO lançadas na bacia do rio Paraíba do Sul, obtidas através do cadastros de usuários de recursos hídricos

Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d.

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
1	Indústria química	585148	7507310	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	0,01	-
2	Esgotamento sanitário	549296	7515154	Rio Paraíba do Sul	Resende	345,6	-
3	Esgotamento sanitário	564418	7516144	Rio Paraíba do Sul	Resende	12,77	-
4	Esgotamento sanitário	550650	7501128	Rio Paraíba do Sul	Resende	34,73	-
5	Esgotamento sanitário	537722	7503318	Rio Paraíba do Sul	Resende	20,88	-
6	Esgotamento sanitário	552783	7515112	Rio Paraíba do Sul	Resende	1.231,20	-
7	Esgotamento sanitário	882017	7589684	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	2.119,66	-
8	Esgotamento sanitário	882012	7587097	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	129,6	-
9	Esgotamento sanitário	879973	7590904	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	51,84	-
10	Esgotamento sanitário	886001	7580684	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	-	-
11	Esgotamento sanitário	880693	7589716	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	-	-
12	Serviços e comércio atacadista	662612	7540982	Rio Paraíba do Sul	Rio das Flores	0,86	-
13	Serviços e comércio atacadista	405333	7435383	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	3,12	PARB02310
14	Indústria alimentícia	861305	7601533	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	0,66	-
15	Indústria química	409818	7436488	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	0,05	-

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
16	Indústria metalúrgica e outras	616937	7513837	Rio Paraíba do Sul	Barra do Pirai	97,27	SC200
17	Indústria alimentícia	861312	7601840	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	3,2	-
18	Esgotamento sanitário	818568	7609519	Rio Paraíba do Sul	Cambuci	-	-
19	Indústria alimentícia	614998	7499242	Rio Pirai	Pirai	11,95	-
20	Indústria alimentícia	399976	7424522	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	421,19	-
21	Indústria química	599350	7512330	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	0,8	-
22	Indústria alimentícia	894955	7592605	Rio Paraíba do Sul	São João da Barra	-	-
23	Indústria metalúrgica e outras	589216	7509193	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	0,02	PS419
24	Indústria química	554357	7515783	Rio Paraíba do Sul	Resende	217,08	-
25	Indústria química	400023	7425968	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	179,09	-
26	Esgotamento sanitário	570454	7492286	Rio do Bananal	Bananal	158,4	-
27	Esgotamento sanitário	499172	7494447	Rio Paraíba do Sul	Cachoeira Paulista	1.490,40	-
28	Esgotamento sanitário	427908	7446981	Rio Paraíba do Sul	Caçapava	1.444,90	-
29	Esgotamento sanitário	404737	7435164	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	101,75	PARB02310
30	Esgotamento sanitário	524451	7507865	Rio Paraíba do Sul	Queluz	570,1	-
31	Esgotamento sanitário	486392	7488784	Rio Paraíba do Sul	Lorena	896,76	PARB02700
32	Esgotamento sanitário	445475	7420300	Rio Paraitinga	Redenção da Serra	8,06	-
33	Esgotamento sanitário	452914	7465746	Rio Paraíba do Sul	Pindamonhangaba	572,91	-

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
34	Esgotamento sanitário	461906	7469492	Rio Paraíba do Sul	Pindamonhangaba	120,27	-
35	Esgotamento sanitário	392805	7398698	Rio Paraíba do Sul	Guararema	105,36	-
36	Esgotamento sanitário	404709	7435164	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	45,12	PARB02310
37	Esgotamento sanitário	477965	7477119	Rio Paraíba do Sul	Guaratinguetá	1.620,00	-
38	Esgotamento sanitário	481837	7481030	Rio Paraíba do Sul	Guaratinguetá	1.542,00	-
39	Esgotamento sanitário	481724	7479676	Rio Paraíba do Sul	Guaratinguetá	906	-
40	Esgotamento sanitário	479446	7477767	Rio Paraíba do Sul	Guaratinguetá	22,8	-
41	Esgotamento sanitário	621689	7507648	Rio Piraí	Piraí	-	-
42	Indústria alimentícia	572836	7519243	Rio Paraíba do Sul	Porto Real	140,83	PS415
43	Indústria química	739175	7632709	Rio Pomba	Cataguases	214,2	-
44	Indústria metalúrgica e outras	591570	7511117	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	25,92	-
45	Atividade agrosilvipastoris	802419	7602072	Rio Paraíba do Sul	Itaocara	42,18	-
46	Indústria alimentícia	737182	7577814	Rio Paraíba do Sul	Além Paraíba	2,28	BS070
47	Indústria química	791364	7616160	Rio Pomba	Santo Antônio de Pádua	1.488,00	PM331
48	Indústria química	740193	7579400	Rio Paraíba do Sul	Além Paraíba	10,8	BS070
49	Indústria alimentícia	687156	7552951	Rio Paraíba do Sul	Três Rios	5,2	BS060
50	Indústria alimentícia	505112	7503794	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	0,08	-
51	Serviços e comércio atacadista	877778	7593020	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	1,3	PS441

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
52	Serviços e comércio atacadista	877778	7593020	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	0,86	PS441
53	Indústria metalúrgica e outras	566946	7519023	Rio Paraíba do Sul	Porto Real	3,17	-
54	Serviços e comércio atacadista	444833	7463381	Rio Paraíba do Sul	Tremembé	105	-
55	Indústria química	471786	7473050	Rio Paraíba do Sul	Potim	5,8	-
56	Serviços e comércio atacadista	421495	7443565	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	0,26	-
57	Indústria metalúrgica e outras	399921	7424276	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	6,65	-
58	Indústria metalúrgica e outras	397704	7428444	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	12,92	-
59	Indústria metalúrgica e outras	397704	7428444	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	0,4	-
60	Indústria química	481955	7477985	Rio Paraíba do Sul	Guaratinguetá	6,44	-
61	Indústria química	774703	7603402	Rio Pirapetinga	Pirapetinga	332,64	-
62	Indústria química	544915	7512185	Rio Paraíba do Sul	Itatiaia	1,05	-
63	Serviços e comércio atacadista	504568	7501918	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	46,08	-
64	Indústria metalúrgica e outras	556927	7515158	Rio Paraíba do Sul	Resende	4,51	-
65	Indústria alimentícia	687127	7552951	Rio Paraíba do Sul	Três Rios	13,2	BS060
66	Indústria metalúrgica e outras	791591	7615940	Rio Pomba	Santo Antônio de Pádua	6,53	PM331
67	Indústria química	399741	7425689	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	7,43	-
68	Indústria alimentícia	620145	7551792	Rio Preto	Valença	11,76	-

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
69	Indústria alimentícia	665036	7561780	Rio Preto	Belmiro Braga	135	-
70	Indústria alimentícia	718294	7641985	Rio Pomba	Astolfo Dutra	183,6	-
71	Indústria química	721899	7642152	Rio Pomba	Astolfo Dutra	16,2	-
72	Indústria química	721899	7642152	Rio Pomba	Astolfo Dutra	60,91	-
73	Indústria química	476055	7476747	Rio Paraíba do Sul	Aparecida	960	-
74	Indústria alimentícia	440213	7457891	Rio Paraíba do Sul	Taubaté	514,28	-
75	Indústria alimentícia	436170	7457689	Rio Paraíba do Sul	Taubaté	79,87	-
76	Indústria alimentícia	719822	7641996	Rio Pomba	Astolfo Dutra	1,45	-
77	Indústria metalúrgica e outras	618282	7514164	Rio Paraíba do Sul	Barra do Pirai	34,2	SC200
78	Indústria metalúrgica e outras	398769	7418209	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	0,24	-
79	Serviços e comércio atacadista	573581	7519640	Rio Paraíba do Sul	Quatis	0,11	PS415
80	Indústria alimentícia	425557	7444724	Rio Paraíba do Sul	Caçapava	28,8	-
81	Indústria química	682099	7551810	Rio Paraíba do Sul	Três Rios	4,61	BS060
82	Indústria química	460763	7470719	Rio Paraíba do Sul	Pindamonhangaba	496,8	-
83	Indústria química	474345	7476591	Rio Paraíba do Sul	Potim	20,4	-
84	Indústria metalúrgica e outras	607473	7509200	Rio Paraíba do Sul	Pinheiral	0,63	PS423
85	Indústria química	486022	7488229	Rio Paraíba do Sul	Lorena	-	-
86	Indústria química	486022	7488229	Rio Paraíba do Sul	Lorena	0,72	-

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
87	Indústria metalúrgica e outras	795582	7612143	Rio Pomba	Santo Antônio de Pádua	0,03	-
88	Indústria alimentícia	565423	7517247	Rio Paraíba do Sul	Resende	98,21	-
89	Indústria alimentícia	565395	7517308	Rio Paraíba do Sul	Resende	0,1	-
90	Serviços e comércio atacadista	593201	7511568	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	24	-
91	Atividade de infra-estrutura	594626	7510883	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	0,07	-
92	Indústria química	414370	7441004	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	600	-
93	Indústria metalúrgica e outras	568184	7521078	Rio Paraíba do Sul	Porto Real	76,61	-
94	Esgotamento sanitário	799937	7606336	Rio Pomba	Aperibé	271,61	-
95	Esgotamento sanitário	722014	7642028	Rio Pomba	Astolfo Dutra	498	-
96	Esgotamento sanitário	623994	7517164	Rio Paraíba do Sul	Barra do Pirai	5.187,46	-
97	Esgotamento sanitário	819938	7610354	Rio Paraíba do Sul	Cambuci	349,9	-
98	Esgotamento sanitário	739398	7632213	Rio Pomba	Cataguases	1.269,60	-
99	Esgotamento sanitário	742832	7628685	Rio Pomba	Cataguases	6,9	-
100	Esgotamento sanitário	798101	7716970	Rio Carangola	Divino	359,5	-
101	Esgotamento sanitário	544884	7511201	Rio Paraíba do Sul	Itatiaia	133,67	-
102	Esgotamento sanitário	545885	7511782	Rio Paraíba do Sul	Itatiaia	103,06	-
103	Esgotamento sanitário	543508	7509698	Rio Paraíba do Sul	Itatiaia	20,85	-
104	Esgotamento sanitário	546002	7512489	Rio Paraíba do Sul	Itatiaia	807,64	-
105	Esgotamento sanitário	677794	7548876	Rio Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	1.298,30	-

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
106	Esgotamento sanitário	601654	7510715	Rio Paraíba do Sul	Pinheiral	1.038,00	-
107	Esgotamento sanitário	613240	7497103	Rio Pirai	Pirai	326,81	-
108	Esgotamento sanitário	622159	7509213	Rio Pirai	Pirai	26,32	-
109	Esgotamento sanitário	774780	7602878	Rio Pirapetinga	Pirapetinga	947,16	-
110	Esgotamento sanitário	573776	7524558	Rio Paraíba do Sul	Porto Real	141,02	-
111	Esgotamento sanitário	573776	7524558	Rio Paraíba do Sul	Porto Real	85,04	-
112	Esgotamento sanitário	573750	7519023	Rio Paraíba do Sul	Porto Real	42	PS415
113	Esgotamento sanitário	573750	7519023	Rio Paraíba do Sul	Porto Real	23,71	PS415
114	Esgotamento sanitário	474151	7473608	Rio Paraíba do Sul	Potim	174	-
115	Esgotamento sanitário	474350	7473855	Rio Paraíba do Sul	Potim	156	-
116	Esgotamento sanitário	474464	7474008	Rio Paraíba do Sul	Potim	42	-
117	Esgotamento sanitário	566951	7506785	Rio Paraíba do Sul	Quatis	13,2	-
118	Esgotamento sanitário	688910	7646135	Rio Pomba	Rio Pomba	246	-
119	Esgotamento sanitário	837031	7602800	Rio Paraíba do Sul	São Fidélis	1.752,00	-
120	Esgotamento sanitário	827131	7608578	Rio Paraíba do Sul	São Fidélis	216	-
121	Esgotamento sanitário	903372	7597541	Rio Paraíba do Sul	São João da Barra	2.688,00	-
122	Esgotamento sanitário	548286	7493879	Rio Formoso	São José do Barreiro	80,93	-
123	Esgotamento sanitário	543640	7495768	Ribeirão do Barreiro	São José do Barreiro	8,21	-
124	Esgotamento sanitário	712603	7565087	Rio Paraíba do Sul	Sapucaia	508,2	PS432
125	Esgotamento sanitário	634731	7525593	Rio Paraíba do Sul	Vassouras	1.540,50	-

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
126	Esgotamento sanitário	662638	7540613	Rio Paraíba do Sul	Vassouras	118,5	-
127	Esgotamento sanitário	628342	7520850	Rio Paraíba do Sul	Vassouras	88,88	-
128	Esgotamento sanitário	630074	7522834	Rio Paraíba do Sul	Vassouras	59,25	-
129	Esgotamento sanitário	626925	7518893	Rio Paraíba do Sul	Vassouras	35,55	-
130	Esgotamento sanitário	882911	7595794	Rio Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	324	-
131	Indústria química	524307	7507711	Rio Paraíba do Sul	Queluz	6,37	-
132	Indústria química	407367	7437487	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	182,4	-
133	Indústria química	407308	7437887	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	-	-
134	Esgotamento sanitário	588994	7485731	Rio Pirai	Rio Claro	-	-
135	Esgotamento sanitário	598617	7491761	Rio Pirai	Rio Claro	-	-
136	Indústria química	400484	7425018	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	31,1	-
137	Indústria metalúrgica e outras	592314	7511236	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	0,82	-
138	Indústria metalúrgica e outras	592314	7511236	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	57,48	-
139	Indústria metalúrgica e outras	399799	7425414	Rio Paraíba do Sul	Jacareí	10	-
140	Esgotamento sanitário	702519	7636836	Rio Pomba	Guarani	150	BS038
141	Indústria metalúrgica e outras	586885	7506285	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	611,52	-
142	Indústria metalúrgica e outras	586885	7506285	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	144	-
143	Indústria química	622501	7509118	Rio Pirai	Barra do Pirai e Pirai	439,92	-

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
144	Esgotamento sanitário	506854	7504162	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	108	-
145	Esgotamento sanitário	503141	7501642	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	108	-
146	Esgotamento sanitário	504626	7502625	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	90	-
147	Esgotamento sanitário	504569	7503117	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	90	-
148	Esgotamento sanitário	504826	7503455	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	90	-
149	Esgotamento sanitário	504397	7502902	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	78	-
150	Esgotamento sanitário	504483	7502625	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	78	-
151	Esgotamento sanitário	504740	7502411	Rio Paraíba do Sul	Cruzeiro	78	-
152	Esgotamento sanitário	585202	7506695	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	2.340,00	-
153	Esgotamento sanitário	582838	7508000	Rio do Bananal	Barra Mansa	456	-
154	Esgotamento sanitário	582838	7508000	Rio do Bananal	Barra Mansa	18	-
155	Esgotamento sanitário	585202	7506695	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	15,84	-
156	Esgotamento sanitário	582838	7508000	Rio do Bananal	Barra Mansa	12	-
157	Esgotamento sanitário	685119	7552821	Rio Paraíba do Sul	Três Rios	532,8	BS060
158	Esgotamento sanitário	593572	7511412	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	2.683,92	-
159	Esgotamento sanitário	595244	7513770	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	91,73	PS421
160	Esgotamento sanitário	475804	7473641	Rio Paraíba do Sul	Aparecida	1.591,20	-
161	Indústria metalúrgica e outras	583158	7509043	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	5,16	PS418
162	Indústria metalúrgica e outras	583186	7508981	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	1,34	PS418

Tabela III.1: Locais de lançamento obtidos através do cadastros de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2013d (continuação).

	Atividade	Coordenada UTM - SIRGAS 2000		Curso d'água	Município	Carga DBO (kg/dia)	Ponto Influenciado
		E	N				
163	Indústria metalúrgica e outras	583243	7508919	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	6,84	PS418
164	Indústria metalúrgica e outras	583243	7508919	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	3,74	PS418
165	Indústria metalúrgica e outras	583328	7508796	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	1,64	PS418
166	Indústria metalúrgica e outras	583328	7508827	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	8,28	PS418
167	Indústria metalúrgica e outras	583499	7508580	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	2,69	PS418
168	Indústria metalúrgica e outras	582560	7509292	Rio do Bananal	Barra Mansa	2,23	BN180
169	Serviços e comércio atacadista	407337	7437887	Rio Paraíba do Sul	São José dos Campos	2,27	-
170	Indústria metalúrgica e outras	626376	7518283	Rio Paraíba do Sul	Barra do Pirai	0,76	-
171	Serviços e comércio atacadista	564375	7519526	Rio Paraíba do Sul	Resende	18,1	-
172	Serviços e comércio atacadista	564375	7519526	Rio Paraíba do Sul	Resende	18,1	-
173	Indústria metalúrgica e outras	597954	7513016	Rio Paraíba do Sul	Volta Redonda	3,54	-
174	Indústria química	577978	7512852	Rio Paraíba do Sul	Barra Mansa	8,35	-
175	Indústria metalúrgica e outras	408191	7414611	Rio Paraíba do Sul	Santa Branca	17,95	-
176	Indústria metalúrgica e outras	408191	7414642	Rio Paraíba do Sul	Santa Branca	0,9	-
177	Indústria metalúrgica e outras	546515	7512211	Rio Paraíba do Sul	Itatiaia	10,84	-
178	Indústria metalúrgica e outras	740023	7631589	Rio Pomba	Cataguases	0,02	-