

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

**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**

Giovanna Moura Calazans

Belo Horizonte

2015

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA
REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS
ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS SUB-BACIAS DO RIO
DAS VELHAS E DO RIO PARAPEBA UTILIZANDO
TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS**

Giovanna Moura Calazans

Giovanna Moura Calazans

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA
REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS
ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS SUB-BACIAS DO RIO
DAS VELHAS E DO RIO PARAPEBA UTILIZANDO
TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS**

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.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2015

C143a

Calazans, Giovanna Moura.

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 [manuscrito] / Giovanna Moura Calazans – 2015.
x, 196 f.: il.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

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

Apêndices: f. 111-196.

Bibliografia: f. 102-109.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Saneamento - Teses. 3. Meio ambiente - Teses. 4. Velhas, Rio das (MG) - Teses. I. Oliveira, Sílvia Maria Alves Corrêa. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte – BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

http://www.smarh.eng.ufmg.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

AValiação e PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA REDE DE
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS SUB-
BACIAS DO RIO DAS VELHAS E DO RIO PARAÓPEBA, UTILIZANDO
TÉCNICAS ESTATÍSTICAS VARIADAS

GIOVANNA MOURA CALAZANS

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Profª SÍLVIA MARIA ALVES CORRÊA OLIVEIRA - Orientadora

Profª MÔNICA MARIA DINIZ LEÃO

Prof. CRISTIANO CHRISTOFARO MATOSINHOS

Profª WANDERLENE FERREIRA NACIF

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Profª. Juliana Calábria de Araújo
Coordenadora

Profª. Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira
Orientadora

Belo Horizonte, 26 de fevereiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar minhas escolhas e pela proteção de sempre.

À professora e querida orientadora Sílvia Oliveira, pelos ensinamentos, carinho, disponibilidade, apoio, pelo exemplo de profissional, e principalmente, pela confiança em mim e na realização deste trabalho.

Ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e sua equipe técnica, pela disponibilização dos dados de monitoramento e pelo constante apoio e atendimento. Em especial, à Katiane Almeida, Wanderlene Nacif e Vanessa Saraiva. Agradeço também a Mauro Vaz e Alessandro Campos, pela disponibilidade e ajuda com materiais e imagens de satélites das sub-bacias analisadas.

Aos antigos e atuais membros do grupo de pesquisa da professora Sílvia: Anna Flávia Perini, Elizângela Costa, Esther Araujo, Júlia Nunes, Malu Alves e Thaís Baêta, pela ajuda, contribuições e momentos de descontração, que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Aos meus queridos pais e ao meu namorado Fábio, sempre presentes, por todo o amor, carinho, companheirismo, compreensão nos momentos de ausência, paciência e conselhos. Sempre me apoiam incondicionalmente e atenuaram os momentos mais difíceis, não medindo esforços, e se tornando fundamentais para a concretização desta dissertação.

Aos meus demais familiares e amigos que acompanharam o desenvolvimento deste trabalho de perto, sempre ajudando como podiam.

Aos demais colegas e professores do SMARH, por compartilhar experiências e momentos de alegria, pelo incentivo e força, tornando prazerosa a caminhada até aqui. Aos funcionários do DESA, em especial a Dayse, pela atenção e carinho.

Ao CNPq, Capes e Fapemig pela disponibilização de bolsas para a realização deste projeto.

Aos membros da banca, por terem aceitado avaliar este trabalho, pela disponibilidade e contribuições feitas. E Agradeço, por fim, a todas as pessoas que, de alguma forma, participaram e contribuíram para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

O monitoramento da qualidade das águas superficiais é essencial para uma gestão sustentável dos recursos hídricos e para o eficiente controle da poluição. Todavia, monitorar diversos parâmetros de qualidade da água em várias estações de monitoramento demanda um elevado custo. Por isso, é essencial o delineamento de uma rede de amostragem bem estruturada, que apresente o melhor custo-benefício e uma logística prática, sem perder informações úteis e relevantes da qualidade da água monitorada. Este trabalho teve como objetivo 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 métodos estatísticos multivariados. As Análises de Cluster, de Componentes Principais e Fatorial, associadas a testes não paramétricos e a análise de violação aos limites preconizados pela legislação identificaram os parâmetros e as estações de monitoramento mais relevantes em cada sub-bacia, e avaliaram a frequência de amostragem realizada. Considerando as duas sub-bacias, os parâmetros coliformes termotolerantes, manganês total e fósforo total foram considerados os mais relevantes para a caracterização da qualidade da água, enquanto que os parâmetros cromo total, cádmio total, selênio total, cobre dissolvido, boro total e óleos e graxas, os menos relevantes. O lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais, atividades minerárias e a poluição difusa por agricultura e áreas de pastagens são responsáveis pela deterioração da qualidade das águas superficiais nestas sub-bacias. Dentre as estações de monitoramento, destacam-se as estações AV320 (Córrego da Mina – Raposos) e BP073 (Riacho das Pedras – Betim), cuja qualidade da água é a mais degradada na bacia do rio das Velhas e do rio Paraopeba, respectivamente, apresentando alta contaminação por matéria orgânica biodegradável e aporte de sólidos. A análise da frequência de amostragem realizada em estações da calha do rio das Velhas demonstrou que a qualidade da água é influenciada por condições hidrológicas (estações seca e chuvosa). Entretanto, há uma variação entre os meses do ano, e, por isso, a frequência mensal é a mais adequada para se avaliar a qualidade da água em locais onde atuam diferentes fontes de poluição. Portanto, as análises multivariadas foram eficientes para orientar a adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas da bacia do rio das Velhas e do rio Paraopeba, podendo ser empregadas em dados de monitoramento de outras bacias hidrográficas.

ABSTRACT

Surface water quality monitoring is essential for a sustainable management of water resources and an efficient pollution control. However, the monitoring of several parameters of water quality in several monitoring stations demand a high cost. Therefore, it is essential to design a well-structured sampling network, in order to present the most cost-effective and practical logistics, without losing useful and relevant information of the monitored water quality. Thus, this study aimed to evaluate and propose an adjustment for water quality monitoring network for surface freshwaters in Velhas river and Paraopeba river basins, using a multivariate statistical method. The Cluster Analysis, Principal Components Analysis and Factor Analysis were associated with non-parametric tests and an analysis of violations of the limits prescribed by law, to identify the parameters and the most relevant monitoring stations in each sub-basin, which must be kept on the network, and to evaluate the sampling frequency performed. Considering the two sub-basins, the parameters fecal coliforms, total manganese and phosphorus were considered the most relevant for the characterization of water quality. On the other hand, total chromium, total cadmium, selenium, total dissolved copper, total boron and oils and greases were considered less relevant. The discharge of domestic sewage and industrial wastewater, mining activities and the diffuse pollution from agriculture and pasture areas are the main sources of pollution responsible for surface water quality deterioration in these sub-basins. Several monitoring stations showed high contamination by biodegradable organic matter and solids input, but the AV320 (Córrego da Mina - Raposos) and BP073 (Riacho das Pedras – Betim) are the stations whose water quality are the most degraded in the Velhas river basin and Paropeba river basin, respectively. The analysis of sampling frequency, which could only be held in the Velhas river basin, showed that the water quality is influenced by hydrological conditions (dry and rainy seasons). However, the water quality presents some variations along the year. Thus, monthly frequency is the most suitable for assessing the water quality in regions affected by various sources of pollution. Therefore, multivariate analyzes were efficient to guide the adequacy of the water quality monitoring network of Velhas river and Paraopeba river basins, and it can be used for other monitoring data from another watersheds.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE QUADROS E TABELAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	IX
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	4
3.2 PROJETO DE REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	5
3.3 REDIMENSIONAMENTO DE REDES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	7
3.3.1 <i>Avaliação e adequação do número e localização das estações de monitoramento.....</i>	<i>8</i>
3.3.2 <i>Determinação dos parâmetros de qualidade da água mais relevantes</i>	<i>8</i>
3.3.3 <i>Avaliação e definição da frequência de amostragem</i>	<i>9</i>
3.3.4 <i>Técnicas utilizadas na avaliação e redimensionamento de redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais.....</i>	<i>10</i>
3.4 ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS AO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	18
3.5 O MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO BRASIL.....	20
3.6 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO	22
3.7 REDE DE MONITORAMENTO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO.....	23
4 METODOLOGIA	26
4.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS.....	26
4.1.1 <i>Caracterização da bacia do rio das Velhas.....</i>	<i>26</i>
4.1.2 <i>Rede de monitoramento da bacia do rio das Velhas</i>	<i>30</i>
4.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAPEBA.....	32
4.2.1 <i>Caracterização da bacia do rio Paraopeba</i>	<i>32</i>
4.2.2 <i>Rede de monitoramento da bacia do rio Paraopeba</i>	<i>34</i>
4.3 AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DAS REDES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS SUB-BACIAS DO RIO DAS VELHAS E DO RIO PARAPEBA.....	37
4.3.1 <i>Organização do banco de dados</i>	<i>37</i>
4.3.2 <i>Análise descritiva do banco de dados.....</i>	<i>38</i>
4.3.3 <i>Avaliação temporal e espacial da qualidade da água.....</i>	<i>38</i>
4.3.4 <i>Proposta de adequação das redes de monitoramento</i>	<i>40</i>
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO DAS VELHAS UTILIZANDO DADOS DE FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM MENSAL	42
5.1.1 <i>Organização do banco de dados com frequência de amostragem mensal</i>	<i>42</i>
5.1.2 <i>Análise descritiva do banco de dados com frequência de amostragem mensal</i>	<i>44</i>
5.1.3 <i>Avaliação temporal da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem mensal</i>	<i>45</i>
5.1.4 <i>Avaliação de espacial da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem mensal</i>	<i>50</i>
5.1.5 <i>Considerações finais e Proposta de Adequação da rede de monitoramento.....</i>	<i>58</i>
5.2 AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO DAS VELHAS UTILIZANDO DADOS DE FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM TRIMESTRAL.....	59
5.2.1 <i>Organização do banco de dados com frequência de amostragem trimestral.....</i>	<i>59</i>
5.2.2 <i>Análise descritiva do banco de dados com frequência de amostragem trimestral</i>	<i>61</i>

5.2.3	<i>Avaliação espacial da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem trimestral.....</i>	62
5.2.4	<i>Considerações finais e Proposta de Adequação da rede de monitoramento.....</i>	76
5.3	AVALIAÇÃO E REDIMENSIONAMENTO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO PARAPEBA UTILIZANDO DADOS DE FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM TRIMESTRAL.....	82
5.3.1	<i>Organização do banco de dados</i>	82
5.3.2	<i>Análise descritiva do banco de dados com frequência de amostragem mensal</i>	83
5.3.3	<i>Avaliação de espacial da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem trimestral.....</i>	83
5.3.4	<i>Considerações finais e Proposta de Adequação da rede de monitoramento.....</i>	96
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	100
	REFERÊNCIAS	102
	APÊNDICE I	105
	APÊNDICE II	105
	APÊNDICE III	105
	APÊNDICE IV	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Frequências de monitoramento das águas superficiais nos estados brasileiros	20
Figura 3.2. Unidades hidrográficas de referência e divisões fisiográficas da bacia do rio São Francisco.....	22
Figura 3.3. Pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais da Rede Básica em operação em 2013.....	24
Figura 4.1. Municípios da bacia hidrográfica do rio das Velhas e suas respectivas populações.	27
Figura 4.2. Divisão fisiográfica e Unidades Territoriais Estratégicas da bacia do rio das Velhas	28
Figura 4.3. Rede básica de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, coordenada pelo IGAM.	31
Figura 4.4. Municípios da bacia hidrográfica do rio Paraopeba e suas respectivas populações	33
Figura 4.5. Rede de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba, coordenado pelo IGAM.	36
Figura 4.6. Fluxograma da metodologia para a proposta de adequação das redes de monitoramento das bacias hidrográficas do rio das Velhas e do rio Paraopeba.....	40
Figura 5.1. Localização geográfica das estações de monitoramento do rio das Velhas, com frequência de monitoramento mensal.....	43
Figura 5.2. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados mensais da bacia do rio das Velhas, referente ao período de 2009 a 2013: 12 meses, 16 parâmetros e 18 estações de monitoramento.....	46
Figura 5.3. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> das Componentes Principais, referentes à análise temporal do banco de dados de monitoramento mensal do rio das Velhas.....	47
Figura 5.4. Porcentagem de violações dos parâmetros de qualidade da água à DN COPAM/CERH 01/2008 por mês, nas estações de monitoramento de frequência mensal no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013.....	50
Figura 5.5. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados mensais da bacia do rio das Velhas, referente ao período de 2009 a 2013: 12 meses, 16 parâmetros e 18 estações de monitoramento.....	51
Figura 5.6. Localização dos grupos formados pela AC na calha do rio das Velhas, com estações de monitoramento com frequência mensal.....	51
Figura 5.7. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> das Componentes Principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento mensal do rio das Velhas.....	53
Figura 5.8. Porcentagem de estações de monitoramento de frequência mensal no rio das Velhas para os respectivos parâmetros críticos, considerando o período entre 2009 e 2013...	56

Figura 5.9. Porcentagem de estações de monitoramento da calha do rio das Velhas, com frequência de amostragem mensal, que apresentaram parâmetros com mais de 90% de dados censurados no período entre 2009 a 2013.	58
Figura 5.10. Localização geográfica das estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, selecionadas para estudo.	60
Figura 5.11. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados de monitoramento trimestral da bacia do rio das Velhas no período de julho de 2008 a dezembro de 2013: 65 estações, 16 parâmetros	62
Figura 5.12. Identificação dos agrupamentos das estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas, formados pela Análise de Cluster: 65 estações, 16 parâmetros, julho 2008/dezembro 2013.	64
Figura 5.13. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> das Componentes Principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento trimestral da bacia do rio das Velhas.	65
Figura 5.14. <i>Box-plot</i> das concentrações dos parâmetros relacionados à presença de matéria orgânica no corpo d'água e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados na AC na análise espacial da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas.	67
Figura 5.15. Porcentagem de estações de monitoramento na bacia do rio das Velhas que apresentaram 50% ou mais de violação aos parâmetros analisados.	72
Figura 5.16. Porcentagem de estações de monitoramento na bacia do rio das Velhas que apresentaram parâmetros com mais de 90% de dados censurados.	75
Figura 5.17. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados mensais da bacia do rio das Velhas, referente ao período de 2009 a 2013: 12 meses, 16 parâmetros e 18 estações de monitoramento.	84
Figura 5.18. Identificação dos agrupamentos das estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, formados pela Análise de Cluster: 30 estações, 20 parâmetros, 2008 a 2013.	85
Figura 5.19. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> das Componentes Principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento trimestral da bacia do rio Paraopeba.	86
Figura 5.20. <i>Box-plot</i> das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados na Análise de Cluster.	90
Figura 5.21. Porcentagem de estações de monitoramento de frequência trimestral na bacia do rio Paraopeba que apresentaram 50% ou mais de violação aos parâmetros analisados.	94
Figura 5.23. Porcentagem de estações de monitoramento nas quais os parâmetros apresentam 90% ou mais de dados censurados, considerando o período de 2008 a 2013.	95

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 3.1. Proposta de uma matriz do monitoramento, considerando as diversas etapas envolvidas.....	6
Quadro 3.2. Trabalhos de avaliação e otimização de redes de monitoramento da qualidade das águas, empregando técnicas multivariadas.....	12
Quadro 3.3. Legislações relativas aos recursos hídricos superficiais em âmbito federal.....	19
Quadro 4.1. Unidades territoriais da bacia do rio das Velhas, localização e principais características.....	29
Quadro 4.2. Características do banco de dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, no período de 1997 a 2013.....	30
Quadro 4.3. Parâmetros de qualidade da água monitorados na bacia do rio Paraopeba no período de 1997 a 2013.	35
Quadro 5.1. Estações de monitoramento e parâmetros de qualidade da água (de frequência mensal) selecionados para aplicação da análise multivariada.....	42
Quadro 5.2. Resultados do teste não paramétrico de Mann-Whitney, ao nível de significância de 5%, aplicado às concentrações dos parâmetros de qualidade da água para diferenciar os grupos formados pela Análise de Cluster.	49
Quadro 5.3. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento mensal do rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013.	57
Quadro 5.4. Estações de monitoramento e parâmetros de qualidade da água (de frequência de amostragem trimestral) selecionados para aplicação das análises multivariadas.....	61
Quadro 5.5. Grupos de estações de monitoramento da bacia hidrográfica do rio das Velhas, formados pela Análise de Cluster.	63
Quadro 5.6. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas, considerando o período de julho/2008 a dezembro/2013.	74
Quadro 5.7. Número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados nas estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas, considerando o período de julho/2008 a dezembro/2013.	75
Quadro 5.8. Banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas.	82
Quadro 5.9. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento mensal do rio das Velhas, considerando o período de 2008 a 2013.	94
Quadro 5.10. Número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados nas estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, considerando o período de 2008 a 2013.	96
Tabela 5.1. Valores das distâncias de ligação nas quais os agrupamentos foram formados ao longo dos passos de agrupamento.	45
Tabela 5.2. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas.....	77
Tabela 5.3. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Paraopeba.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AC	Análise de Cluster
ACP	Análise de Componentes Principais
AD	Análise Discriminante
AF	Análise Fatorial
ANA	Agência Nacional de Águas
As _T	Arsênio total
CE	Condutividade elétrica <i>in loco</i>
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
Cl- <i>a</i>	Clorofila <i>a</i>
Cl _T	Cloreto total
Col. term.	Coliformes termotolerantes
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
Cor	Cor verdadeira
CN ⁻	Cianeto livre
CP	Componente Principal
Cr _T	Cromo total
CT	Contaminação por tóxicos
Cu _{diss}	Cobre dissolvido
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Dens.cian.	Densidade de cianobactérias
DN	Deliberação Normativa
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	Environmental Protection Agency – United States of America
Fe _{diss}	Ferro dissolvido
P _T	Fósforo total
Pb _T	Chumbo total
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	Índice de Estado Trófico
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA	Índice de Qualidade da Água
Mn _T	Manganês total

Ni _T	Níquel total
N-NO ₃ ⁻	Nitrato
N-NH ₄ ⁺ _T	Nitrogênio amoniacal total
NO ₂ ⁻	Nitrito
Norg	Nitrogênio orgânico
OD	Oxigênio dissolvido
pH	Potencial hidrogeniônico (pH) <i>in loco</i>
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SDT	Sólidos dissolvidos totais
SO ₄ ⁻² _T	Sulfato total
SST	Sólidos em suspensão totais
ST	Sólidos totais
Tar	Temperatura do ar
T _{H2O}	Temperatura da água
Turb.	Turbidez
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade das águas superficiais é de extrema importância para o conhecimento da atual situação dos recursos hídricos e das principais alterações ocorridas com o tempo, possibilitando a detecção das tendências temporais e espaciais de bacias hidrográficas. O acompanhamento sistemático e periódico da condição dos recursos hídricos permite planejar intervenções para melhorias, identificar lançamentos clandestinos, subsidiar a fiscalização, o licenciamento ambiental e a formulação de políticas ambientais (FINOTTI *et al.*, 2009).

Todavia, a grande quantidade de parâmetros de qualidade da água amostrados em diversas estações de monitoramento demanda um alto custo ao órgão ambiental. Por isso, são necessárias estratégias para orientar a otimização da rede de monitoramento, como a identificação de parâmetros e estações relevantes, que devem ser mantidos. Com essa finalidade, técnicas estatísticas multivariadas têm sido aplicadas a redes de monitoramento da qualidade da água em todo o mundo com resultados satisfatórios (GAMBLE e BABBAR-SEBENS, 2012; SHRESTHA e KAZAMA, 2007; VIEIRA *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2009).

As Análises de Cluster, de Componentes Principais e Fatorial, associadas a testes não paramétricos e a análise de violação aos limites preconizados pela legislação permitem identificar estações de monitoramento similares quanto à qualidade da água, estações prioritárias de manutenção na rede de monitoramento, os principais parâmetros que explicam a variabilidade da qualidade da água, as principais fontes de poluição em diferentes pontos da bacia hidrográfica e a melhor frequência de amostragem a ser adotada (SIMEONOV *et al.*, 2003; SINGH *et al.*, 2004; ZHANG *et al.*, 2009, VIEIRA *et al.*, 2012).

As redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba se encontram em um estágio muito avançado na gestão de recursos hídricos, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013). Relatórios do IGAM e outros trabalhos demonstram que essas sub-bacias são afetadas por diferentes fontes de poluição e são duas das principais bacias hidrográficas responsáveis pela deterioração da qualidade das águas superficiais da bacia do rio São Francisco (ANA, 2011, TRINDADE, 2013). As redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais dessas sub-bacias abrangem diversos parâmetros e estações, e poucos trabalhos de redimensionamento foram efetuados, o que justifica o desenvolvimento deste trabalho.

A relevância deste trabalho consiste no uso de técnicas estatísticas multivariadas para a proposta de adequação das redes de monitoramento da água dessas sub-bacias e poderá servir como orientação para trabalhos de adequação de redes em outras bacias hidrográficas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar e propor uma adequação das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba, utilizando técnicas estatísticas multivariadas.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a variação da qualidade da água entre os meses do ano, por meio de análises multivariadas.
- Avaliar a variação da qualidade da água entre as estações de monitoramento das sub-bacias selecionadas, por meio de análises multivariadas.
- Confirmar os resultados das análises multivariadas por meio de testes não-paramétricos e pela análise de violação dos parâmetros de qualidade da água aos limites preconizados pela legislação.
- Indicar a frequência de monitoramento mais adequada para os parâmetros de qualidade da água.
- Destacar as estações de monitoramento mais relevantes das sub-bacias.
- Determinar os parâmetros mais importantes para a caracterização da qualidade das águas superficiais das sub-bacias.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 O monitoramento da qualidade das águas superficiais

A qualidade das águas superficiais apresenta um comportamento estocástico uma vez que é resultado da variação natural decorrente de processos hidrológicos, de características geológicas e da influência do uso e ocupação do solo, que contribuem com aportes de vazão e de cargas de poluentes, gerando conflitos para as diferentes formas de utilização dos recursos hídricos (MENDIGUCHÍA *et al.*, 2004).

Em condições naturais, as águas superficiais contêm as mais variadas substâncias, dissolvidas e suspensas, oriundas do escoamento superficial. As atividades humanas, tais como a impermeabilização do solo, a retirada da vegetação, descargas de poluentes e lançamento de resíduos sólidos nos rios, alteram a quantidade e a qualidade da água, caracterizada pelas suas características físicas, químicas e biológicas. Estas atividades provocam mudanças no teor de nutrientes, sedimentos, temperatura, pH, metais pesados, toxinas, componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, fatores biológicos, dentre outros, e podem causar sérios danos à saúde humana e ao ecossistema (ANA, 2011).

Neste contexto, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é de extrema importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Seus resultados permitem conhecer a atual situação da qualidade das águas e as principais alterações ocorridas com o tempo, detectando tendências espaciais e temporais (COSTA, 2014; TRINDADE, 2013). Além disso, são essenciais para a aplicação dos instrumentos de gestão, tais como planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos d'água (ANA, 2011), e subsidiam a fiscalização, o licenciamento ambiental e a formulação de políticas ambientais (FINOTTI *et al.*, 2009; PARK *et al.*, 2006; STROBL E ROBILLARD, 2008).

Todavia, o elevado custo dos programas de monitoramento têm restringido sua ampliação. Por isso, é essencial o delineamento de uma rede de amostragem bem estruturada, que apresente o melhor custo-benefício e uma logística prática, sem perder informações úteis e relevantes da qualidade da água monitorada.

3.2 Projeto de rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais

Um projeto de rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais inclui a definição do número e a distribuição espacial das estações de monitoramento, da frequência de amostragem e dos parâmetros a serem amostrados (incluindo a determinação dos limites analíticos). Uma rede de monitoramento ideal é realizada baseada em condições hidrológicas, do uso e ocupação do solo, da quantidade e qualidade da água e em função da localização das fontes de poluição na bacia hidrográfica (CANTER, 1993). Segundo a ANA (2014), um monitoramento básico deve ser realizado em pontos estratégicos de uma bacia hidrográfica para acompanhamento da evolução da qualidade das águas, identificação de tendências e apoio à elaboração de diagnósticos.

Strobl e Robillard (2008) afirmam que para se ter um sucesso no delineamento da rede é crucial definir claramente os objetivos. Dentre os objetivos mais usuais de uma rede de monitoramento, podem ser destacados:

- Monitorar violações nos padrões de qualidade estabelecidos para cada bacia hidrográfica;
- Identificar causas e fontes externas de alteração da qualidade;
- Compreender as tendências de variação dos parâmetros de qualidade, considerando o longo e o curto prazo;
- Dar suporte aos usos múltiplos dos recursos hídricos;
- Examinar variações no curto prazo através de investigações em determinados períodos;
- Estimar cargas de poluição em diversos locais na bacia;
- Estabelecer sistemas de informação para a gestão dos recursos hídricos, dando suporte aos usos múltiplos destes.

Para Sanders *et al.* (1983), um sistema de monitoramento é composto por diversas atividades, que envolvem desde o projeto da rede, a coleta das amostras, análises laboratoriais, formatação e análise dos dados e uso da informação, até a tomada de decisão de gestores de recursos hídricos. Essas atividades estão especificadas no Quadro 3.1, que representa a matriz do monitoramento proposta por estes autores.

Quadro 3.1. Proposta de uma matriz do monitoramento, considerando as diversas etapas envolvidas

Atividades do monitoramento	Atividades específicas
Projeto da rede de monitoramento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Localização das estações 2. Escolha das variáveis 3. Frequência da amostragem
Coleta das amostras	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ponto de amostragem 2. Medidas de campo 3. Técnicas de amostragem 4. Preservação das amostras 5. Transporte das amostras
Análises de laboratório	<ol style="list-style-type: none"> 1. Técnicas de análise 2. Procedimentos operacionais 3. Controle de qualidade 4. Armazenamento dos registros
Formatação dos dados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recepção dos dados <ol style="list-style-type: none"> a. Laboratório b. Outras fontes 2. <i>Screening</i> e verificação 3. Armazenamento 4. Relatório 5. Divulgação
Análise dos dados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resumo básico estatístico 2. Análise de regressão 3. Índices de qualidade da água 4. Controle de qualidade da interpretação 5. Análise da série histórica 6. Modelos de qualidade da água
Utilização da informação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necessidades de informação 2. Formas de divulgação 3. Procedimentos operacionais 4. Avaliação da utilização

Fonte: Sanders *et al.* (1983)

Ressalta-se que o projeto de uma rede de monitoramento deve sempre estar diretamente relacionado ao objetivo a ser alcançado. Geralmente, é o objetivo do monitoramento que determina o nível de detalhes, de custo e de necessidade de ampliação. Por isso, devem ser periodicamente reavaliados, assim como a localização das estações, os parâmetros monitorados e a frequência de amostragem. Steele (1987) completa que o programa de monitoramento deve ser também flexível, caso haja necessidade de modificação futura na rede.

Segundo Strobl e Robillard (2008), as primeiras redes de monitoramento da qualidade das águas no mundo foram implementadas nas décadas de 60 e 70, com o objetivo de avaliar o estado geral da qualidade da água. Entretanto, a implementação destas redes era realizada com uma abordagem sem consistência ou sem um projeto lógico e estratégico. As estações e frequência de amostragem eram geralmente determinadas por conveniência ou por critérios subjetivos. Além disso, uma vez estabelecida a rede, não era comum a avaliação da efetividade do monitoramento em relação ao seu delineamento.

Não obstante, muitos programas de monitoramento da qualidade da água atuais são deficientes por motivos técnicos, institucionais, financeiros ou políticos. A falta de controle de qualidade dos ensaios analíticos e a falta da padronização da frequência de coleta e de parâmetros monitorados pode impossibilitar a comparação da qualidade da água entre bacias hidrográficas, e às vezes, até mesmo dentro da própria bacia. A ANA (2011) cita, por exemplo, que mesmo na Europa, ao longo dos rios Danúbio e Reno, e nos EUA, ao longo do rio Mississipi, essas discrepâncias são encontradas.

Diante disso, alguns recursos econômicos podem estar sendo empregados inadequadamente, e o monitoramento, conseqüentemente, pode não ser tão efetivo. A partir desta preocupação, trabalhos visando a otimização ou redimensionamento de redes de monitoramento têm sido publicados em todo o mundo recentemente: Brasil (ALMEIDA, 2013; SOARES, 2001); Itália (NADDEO *et al.*, 2012); China (CHEN *et al.*, 2012; ZHOU *et al.*, 2007a); Egito (KHALIL *et al.*, 2010); Canadá (MACDONALD *et al.*, 2009); Coreia (PARK *et al.*, 2006); Estados Unidos (TELICI *et al.*, 2009); Índia (SINGH *et al.*, 2005). Alguns objetivos são mais abrangentes e têm envolvido problemas como eutrofização, salinização, acidificação, contaminação microbiológica, contaminação por metais pesados, dentre outros (KENNISH *et al.*, 2012; KRISHNA *et al.*, 2009).

Sanders *et al.* (1983) ainda reforçam que uma amostragem não representativa da qualidade da água inutiliza a frequência e a interpretação dos dados obtidos. Dessa forma, trabalhos de adequação de redes de monitoramento tornam-se necessários para conduzir um monitoramento efetivo de maneira a se obter informações fidedignas da qualidade da água e empregar adequadamente os recursos financeiros.

3.3 Redimensionamento de redes de monitoramento da qualidade das águas

O objetivo de redimensionar (otimizar/adequar) uma rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais é tentar extrair o máximo de informações relevantes, com um menor número de parâmetros de qualidade da água e de estações de monitoramento. A frequência de amostragem deve ser adequada principalmente para conseguir obter informações de variações temporais na bacia hidrográfica. Contudo, deve-se levar em conta aspectos financeiros, operacionais e gerenciais (GRAVELINE *et al.*, 2010). Considerações sobre os pontos mais importantes a serem avaliados no redimensionamento estão apresentadas a seguir.

3.3.1 Avaliação e adequação do número e localização das estações de monitoramento

Sanders *et al.* (1983) consideram a localização dos pontos fixos de amostragem o fator mais crítico do delineamento da rede de monitoramento. No passado, pouca atenção era dada a este aspecto pela parte dos órgãos governamentais e agências responsáveis pelo monitoramento da qualidade da água. Decisões eram tomadas de forma aleatória.

Os mesmos autores sugerem alocar as estações de monitoramento por objetivo ou por bacia. A alocação por objetivo é a mais comumente utilizada. Se, por exemplo, uma agência ambiental tem dois objetivos de monitoramento (detectar tendências da qualidade da água e detectar violação aos padrões determinados pela legislação), os gestores de recursos hídricos devem definir quantas estações podem ser alocadas em cada objetivo. Ressalta-se que estações designadas para detectar violações, podem também detectar tendências. A alocação de estações de monitoramento por bacia pode ser também baseada no número de tributários contribuintes ou então na carga orgânica do corpo d'água (considerando o parâmetro DBO, por exemplo), utilizando metodologia definida por Sharp (1971).

Segundo Soares (2001), é desejável que as estações de monitoramento produzam informações independentes umas das outras, pois dessa forma, menor será a informação comum entre elas e isto caracterizará sua relevância. Estações de monitoramento que transmitem informações similares indicam serem afetadas pelas mesmas fontes de poluição. Caso estas estejam localizadas geograficamente próximas, é necessário verificar a necessidade da manutenção de ambas no programa de monitoramento. Neste caso, uma ou mais estações de monitoramento podem ser inativadas, a menos que seja(m) priorizada(s) por outras razões.

3.3.2 Determinação dos parâmetros de qualidade da água mais relevantes

As variáveis monitoradas podem ser classificadas como físicas, químicas e biológicas, e refletem parcialmente a qualidade da água no momento da coleta. Além disso estão crescendo os usos de indicadores ecológicos (ou bioindicadores) e testes biológicos de toxicidade (CASAZZA *et al.*, 2002; PAKRASHI *et al.*, 2013; RAPPORT E HILDÉN, 2013) em redes de monitoramento da qualidade da água.

A determinação das principais características da água e das variáveis mais importantes a serem monitoradas deve ser realizada em função de diversos aspectos. Deve-se considerar os objetivos da rede de monitoramento, os tipos de atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, como processos industriais, irrigação e densidade demográfica, o tipo de solo e geologia, os aspectos

institucionais do órgão executor do monitoramento, as exigências da legislação vigente, custos, dentre outros (SANDERS *et al.*, 1983).

Em certos casos, tais como em redes que já atenderam os objetivos básicos de monitoramento, há necessidade de selecionar variáveis cuja análise é extremamente cara ou necessita de uma amostragem ou técnica de preservação especial. Neste contexto, o redimensionamento da rede de monitoramento visa reduzir o número de parâmetros amostrados sem perda substancial de informação.

Essa redução é possível quando há dependências ou correlações entre várias variáveis. Uma correlação serial pode informar redundância substancial dos dados ou duplicação de informações (SINGH *et al.*, 2005; SHRESTHA e KAZAMA, 2007). O grau de correlação geralmente aumenta com o tempo de amostragem, o que fortalece a necessidade de se analisar longos períodos de monitoramentos. Dessa forma, analisar as interações e correlações entre os parâmetros amostrados permite selecionar as variáveis mais importantes para a caracterização da qualidade da água, reduzindo as amostras, e conseqüentemente, os custos do programa de monitoramento.

3.3.3 Avaliação e definição da frequência de amostragem

A determinação da frequência de amostragem é outro ponto importante no delineamento da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais. Nota-se que a frequência está diretamente relacionada aos custos de operação. Limites financeiros, na maioria das vezes, não permitem a mesma frequência de amostragem para todos os parâmetros e em cada estação de monitoramento (STROBL E ROBILLARD, 2008). Por isso, a frequência é muitas vezes definida por aspectos legais, políticas ou administrativas (SANDERS *et al.*, 1983)

Uma adequada frequência de amostragem é que permite a detecção de violações aos padrões normativos, estimação das cargas poluidoras, identificação de variação temporal na qualidade da água, dentre outros. Sanders *et al.* (1983) complementam que as agências responsáveis pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais se diferem substancialmente em relação à frequência de amostragem utilizada, principalmente em função da quantidade de recursos disponíveis para o monitoramento. Por exemplo, a agência de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos, que coordena o monitoramento nacional da qualidade da água (NASQAN - US. *Geological Survey's National Stream Quality Accounting Network*), realiza coletas com frequência diária (monitoramento contínuo), mensal ou trimestral. Enquanto que em alguns países em desenvolvimento, são realizadas ainda coletas anuais de monitoramento.

Todavia, deve-se observar alguns aspectos na definição da frequência. A frequência de amostragem deve acompanhar os ciclos hidrológicos, geralmente com uma frequência mínima trimestral, apesar de descargas de poluentes ocorrerem diariamente, com concentrações variadas. Deve ser definida em função do objetivo da rede de monitoramento, da importância da estação de monitoramento e da variabilidade esperada nos dados de qualidade da água em cada estação (CANTER, 1993, HARMANCIOGLU *et al.*, 2004; LIU *et al.*, 2014).

Além disso, deve-se considerar aspectos das análises estatísticas a serem utilizadas. Algumas redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais têm o propósito de detectar tendências de qualidade da água. Dessa forma, precisam ser continuamente monitoradas, visto que a análise só é possível e efetiva em um período de monitoramento maior. E, para menores frequências de amostragem, os erros estatísticos podem aumentar (STROBL E ROBILLARD, 2008). Quando há uma maior variação da qualidade da água, são necessárias coletas frequentes para que o comportamento dos parâmetros monitorados seja identificado. Ademais, a detecção de tendências também é utilizada para a otimização da frequência de amostragem, a qual pode ser reduzida em locais que não apresentam tendências temporais e espaciais da qualidade da água (NADDEO *et al.*, 2013)

Sanders *et al.* (1983) apresentam propostas utilizando a vazão e características da bacia hidrográfica para calcular a variância entre as amostras de diferentes pontos. Quanto maior a variância entre as amostras, mais relevante é a frequência de amostragem. Propuseram também utilizar a metodologia de determinação do número mínimo de amostras considerando a concentração de parâmetros monitorados. Já Allan *et al.* (2006) utilizaram a variabilidade da concentração de contaminantes e mudanças na toxicidade para otimizar a frequência de amostragem. Análises estatísticas como média geométrica, variação sazonal, correlação serial, correlação espacial e análise espectral são outras técnicas sugeridas por Sanders *et al.* (1983) para identificar a melhor frequência de amostragem a ser adotada.

3.3.4 Técnicas utilizadas na avaliação e redimensionamento de redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais

Além dos desafios operacionais encontrados no monitoramento da qualidade das águas superficiais, há certa dificuldade na avaliação dos dados e extração das informações. Os resultados de monitoramento correspondem à mensuração de vários parâmetros de qualidade da água, monitorados em diversas estações de amostragem por vários anos, e consistem em uma

extensa e complexa planilha de dados, de difícil interpretação. Informações importantes podem ser omitidas caso não se efetue uma adequada avaliação e tratamento desse conjunto de dados.

Dentre as metodologias utilizadas para a avaliação e redimensionamento de redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais, encontram-se as mais variáveis possíveis (DONG *et al.*, 2015). Em relação ao redimensionamento, pode-se destacar trabalhos recentes que utilizaram modelagem (PALIWAL *et al.*, 2007), modelos numéricos e algoritmos (CHEN *et al.*, 2012; LEE *et al.*, 2013; PARK *et al.*, 2006; STROBL *et al.*, 2008), lógica *fuzzy* (HUANG *et al.*, 2010; XU *et al.*, 2012; WU *et al.*, 2010; ZHAO *et al.*, 2011), redes neurais artificiais (KHALIL *et al.*, 2011), método da entropia (ALMEIDA, 2013; MARKUS *et al.*, 2003; SOARES, 2001) e até mesmo a proposição de novas metodologias (TELICI *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2006).

Contudo, análises estatísticas se destacam por serem amplamente utilizadas para essa finalidade. No Brasil, a diretriz da Resolução CONAMA 357/2005, no art. 8º, Cap. III, § 2º, determina que os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medições consideradas. Estatística descritiva, análise de tendências (COSTA, 2014; TRINDADE, 2013, XU *et al.*, 2012), testes não paramétricos, análise de variância (LOFTIS e WARD, 1980), regressões (KHALIL *et al.*, 2010) e estatística multivariada (LI *et al.*, 2011; SINGH *et al.*, 2004; ZHANG *et al.*, 2009; ZHOU *et al.*, 2007b) são algumas opções frequentemente utilizadas para interpretação de dados da qualidade das águas e otimização da rede de monitoramento.

A análise multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos capazes de avaliar a medida de diversas variáveis simultaneamente, simplificando a estrutura de um conjunto de dados de alta complexidade sem perder informação útil. Por este motivo, estes métodos têm sido amplamente aplicados à matrizes de dados de monitoramento da qualidade da água, para alcançar diferentes objetivos, tais como: extrair informações sobre as similaridades e as diferenças entre períodos e pontos de amostragem; reconhecer os parâmetros responsáveis pelas variações e tendências espaciais e temporais; identificar as fontes de poluição de diferentes pontos de um corpo d'água; identificar e analisar as relações entre qualidade da água, uso e ocupação do solo e geologia, dentre outros (BHAT *et al.*, 2014; FAN *et al.*, 2010; LI *et al.*, 2009; SHRESTHA E KAZAMA, 2007; SIMEONOV *et al.*, 2003; SINGH *et al.*, 2004; ZHOU *et al.*, 2007a).

Dentre as técnicas estatísticas multivariadas utilizadas em análises de qualidade da água, destacam-se a Análise de Cluster (AC), Análise Discriminante (AD), Análise de Componentes

Principais (ACP) e a Análise Fatorial (AF). O Quadro 3.2 apresenta trabalhos que aplicaram estas análises multivariadas, demonstrando o grande crescimento de sua utilização nos últimos anos, visando avaliar e otimizar redes de monitoramento da qualidade das águas de rios, lagoas, aquíferos e águas salinas.

Quadro 3.2. Trabalhos de avaliação e otimização de redes de monitoramento da qualidade das águas, empregando técnicas multivariadas.

Referências	Local de estudo	Ferramentas utilizadas
Simeonov <i>et al.</i> , 2003	Diversos rios, Grécia	AC, ACP, regressão
Singh <i>et al.</i> , 2004	Rio Gomti, Índia	AC, AD, ACP e AF
Shrestha e Kazama, 2007	Bacia do Rio Fuji, Japão	AC, AD, ACP e AF
Nonato <i>et al.</i> , 2007	Bacia do Rio das Velhas, Brasil	AC e ACP
Kazi <i>et al.</i> , 2009	Lago Manchar, Paquistão	AC e ACP
İŞÇEN <i>et al.</i> , 2009	Rio Euphrates, Turquia	AF e Escalonamento Multidimensional
Bu <i>et al.</i> , 2010	Rio Jinshui, China	Análise de variância (ANOVA) e AC
Helena <i>et al.</i> , 2010	Aquífero do Rio Pisuerga, Espanha	ACP e AF
Noori <i>et al.</i> , 2010	Rio Karoon, Irã	ACP, Correlação canônica
Wu <i>et al.</i> , 2010	Baía Daya, China	AC, ACP
Zhang <i>et al.</i> , 2011	Água superficial, China	AC, AD, ACP e AF
Gamble e Babbar-Sebens, 2012	Bacia Rio White, EUA	AC, AD e ACP
Olsen <i>et al.</i> , 2012	Bacia do Rio Illinois, EUA	ACP e correlação
Vieira <i>et al.</i> , 2012	Bacia do Rio Lis, Portugal	AC e ACP
Guigues <i>et al.</i> , 2013	Água superficial, França	AC e ACP e Análise de variância
Bhat <i>et al.</i> , 2014	Tributário do Lago Wular, Índia	AC, ACP e regressão

Obs.: AC – Análise de Cluster; AD – Análise Discriminante; AF – Análise Fatorial; ACP – Análise de Componentes Principais

Associadas às técnicas estatísticas multivariadas, outras metodologias podem ser utilizadas como técnicas complementares para melhor visualização e interpretação dos resultados encontrados nas análises multivariadas, e até mesmo como validação dos mesmos.

Segundo Finotti *et al.* (2009), a utilização de ferramentas como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) auxilia o estabelecimento e a operação de uma rede de monitoramento, pois alia cadastros georreferenciados das atividades antrópicas e dados de uso e cobertura do solo, obtidos em sensoriamento remoto, tornando possível tomar medidas restritivas, preventivas e/ou corretivas dos usos das águas, do lançamento de poluentes e da ocupação do solo, em locais específicos da bacia hidrográfica. Resultados satisfatórios foram obtidos por Wang e Yin (1997),

Park *et al.* (2006) e Xiao e Ji (2007), que identificaram relações entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água a partir da combinação de análises estatísticas, dados de monitoramento da qualidade da água e análise do uso e ocupação do solo por meio de imagens de satélites. Xie *et al.* (2005) também utilizaram SIG e comprovaram a eficiência da Análise Fatorial em identificar fontes de poluição.

Por outro lado, outro método para validação de análises estatísticas é o cálculo do percentual de amostras monitoradas que estão em desacordo com os padrões estabelecidos pela legislação (CHILUNDO *et al.*, 2008). Dessa maneira, estações de monitoramento que apresentam maior quantidade de amostras violadas se destacam como relevantes no programa de monitoramento, pois identificam áreas críticas de poluição e que necessitam de melhorias. Da mesma forma, a análise de parâmetros que mais violaram pode indicar os principais responsáveis pela deterioração da qualidade da água da bacia hidrográfica.

3.3.4.1 Técnicas estatísticas multivariadas para a análise de dados de qualidade da água

Uma análise, para ser considerada multivariada, deve utilizar variáveis aleatórias e inter-relacionadas de maneira que seus diferentes efeitos não podem ser significativamente interpretados de forma separada (HAIR *et al.*, 2005). Segundo Johnson e Wichern (2007), elas têm como objetivo medir, explicar e prever o grau de relacionamento entre variáveis estatísticas, simplificando a estrutura de um conjunto de dados. Vale ressaltar que o método é exploratório e a ideia é gerar hipóteses, mais do que testá-las, sendo necessária uma validação posterior dos resultados encontrados através da aplicação de outras técnicas estatísticas (REIS, 2001). A seguir, estão conceituadas e exemplificadas a aplicação da Análise de Cluster e das Análises de Componentes Principais/Fatorial na avaliação e redimensionamento de redes de monitoramento da qualidade da água.

Análise de Cluster

A Análise de Cluster (AC), ou Análise de Agrupamentos, agrupa as observações em classes (*clusters*), conforme suas similaridades ou dissimilaridades, de modo que o resultado demonstre uma alta homogeneidade dentro do grupo, e uma alta heterogeneidade entre os grupos (LATTIN *et al.*, 2011). O método aglomerativo hierárquico é um dos mais utilizados. Este inicia-se com objetos individuais e os demais objetos vão sendo agrupados passo a passo em função da maior similaridade com os anteriores, até que todos formem um grande grupo (JOHNSON E WICHERN, 2007).

De acordo com Mingoti (2005), podem ser empregados diferentes métodos de ligação das variáveis (ligação individual, ligação completa, ligação média, método de Ward, método centróide). Um dos mais empregados é o método da ligação completa, que une os objetos, um a um, baseado na distância máxima entre eles, sendo por isso conhecido como a abordagem do vizinho mais distante (HAIR *et al.*, 2005).

O resultado da AC é ilustrado pelo dendograma, imagem que representa os agrupamentos, facilitando a visualização da similaridade entre eles. Os grupos são separados utilizando distâncias calculadas com base na diferença entre os vetores das amostras, indicando, portanto, o nível de similaridade utilizado na análise. Dentre as distâncias mais usuais, destacam-se a distância euclidiana; distância generalizada ou ponderada e a distância de Minkowsky. Pode-se assumir também o cálculo da distância de ligação (D_{lig}) para um caso particular dividida pela distância máxima (D_{max}), multiplicando por 100 ($D_{lig}/D_{max} * 100$), o que padroniza a distância de ligação representada no eixo y. Neste caso, alguns autores indicam utilizar distâncias menores que 60 para formação dos grupos (SHRESTHA, KAZAMA, 2007; SOJKA *et al.*, 2008).

A linha traçada na distância adotada para formação dos agrupamentos é conhecida como linha de corte ou “Linha Fenon” (VICINI, 2005), e o “corte” no dendograma é responsável pelo número de grupos formados. É usual adotar linhas de corte na distância média entre as maiores distâncias de ligação, pois é onde os grupos apresentam as maiores diferenças (HAIR *et al.*, 2005).

Em análises de dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais, a AC permite agrupar as estações de monitoramento por similaridade da qualidade da água, o que pode indicar a redução do número de estações equivalentes (BU *et al.*, 2010; CHRISTOFARO, 2009; SINGH *et al.*, 2005). E, permite ainda, agrupar a frequência de monitoramento, determinando os meses nos quais os dados possuem características semelhantes (BHAT *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2007a).

Análise de Componentes Principais / Análise Fatorial

A Análise de Componentes Principais (ACP) e a Análise Fatorial (AF) estão abordadas juntas neste tópico, pois estão intimamente relacionadas e são análises complementares, que têm como objetivo reorganizar e reexpressar os dados multivariados com o objetivo de reduzir a sua dimensão, facilitando a visualização e sua análise (MINGOTI, 2005).

Essa redução ocorre quando há redundância substancial entre os dados e, portanto, um número reduzido de elementos muitas vezes conseguem explicar a maior parte das informações (IŞÇEN

et al., 2009). Estas técnicas analisam a estrutura das inter-relações (correlações) entre um grande número de variáveis e conseguem condensar a informação em um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores), com uma perda mínima de informação.

Reimann *et al.* (2008) explica que o número de Componentes Principais (CP) extraídos na ACP é correspondente ao número de variáveis, ou seja, se existem n variáveis no banco de dados, então existirão no máximo n Componentes Principais. O primeiro Componente Principal (CP1) é a melhor combinação linear das variáveis, ou seja, a combinação que explica o máximo possível das informações do banco de dados. O segundo CP (CP2) é ortogonal (perpendicular) ao CP1 e explica o máximo da quantidade de variância restante, após a extração de CP1. E assim sucessivamente, até que todos os CPs tenham sido extraídos (LATTIN *et al.*, 2011; REIMANN *et al.*, 2008; TRINDADE, 2013).

A análise fatorial complementa a de componentes principais pois rotaciona os CPs encontrados, geralmente em uma rotação ortogonal. Três abordagens ortogonais podem ser utilizadas: *Quartimax*, *Equimax* e *Varimax*, sendo esta última a mais utilizada. A rotação *varimax* maximiza a soma de variâncias de cargas exigidas da matriz fatorial e apresenta uma tendência para algumas cargas altas (-1 ou +1) e algumas cargas próximas de 0 em cada coluna da matriz. A interpretação das cargas dos fatores é mais fácil nesta situação.

Portanto, um dos subprodutos da ACP e da AF são as cargas fatoriais, que representam a correlação de cada variável com o fator e indicam o grau de correspondência entre eles. Logo, quanto maior o valor absoluto da carga fatorial, mais representativa é a variável em relação ao fator. Em síntese, cargas, em módulo, maiores que 0,5 são consideradas com significância prática (HAIR *et al.*, 2005). Elas também podem ser categorizadas como fracas, moderadas e fortes, correspondendo aos valores absolutos de 0,3 a 0,5; 0,5 – 0,75 e $> 0,75$, respectivamente (ARAUJO, 2014; LIU *et al.*, 2012; TRINDADE, 2013).

Para chegar a um número específico de CPs ou fatores, a extração é baseada em critérios pré-determinados, como o percentual de variância adotado, o critério da raiz latente ou critério do teste *scree*. O raciocínio do critério da raiz latente é que qualquer fator ou CP deve explicar a variância de pelo menos uma variável. Considerando que cada variável contribui com um valor 1 do autovalor total, apenas os fatores que têm raízes latentes (autovalores) maiores que 1 são considerados significantes; descartando os demais, considerados insignificantes.

Como estas técnicas possuem caráter exploratório, Hair *et al.* (2005) sugerem a seleção de variáveis guiada por considerações conceituais e práticas, de maneira a evitar a determinação de fatores específicos da amostra, com pouca generalidade. Ou seja, para análise de dados de monitoramento da qualidade da água, deve-se selecionar variáveis que a caracterizam e afetam-na diretamente.

Os resultados da ACP e da AF podem indicar que um número reduzido de parâmetros de qualidade da água muitas vezes conseguem explicar a maior parte da variabilidade do banco de dados (HUANG *et al.*, 2010; İŞÇEN *et al.*, 2009; OUYANG, 2005). Dessa maneira, este tipo de análise possibilita a redução de custos pela eliminação de medições de parâmetros desnecessários. Além disso, estas técnicas permitem a identificação de fontes de poluição que atuam sobre a qualidade da água monitorada. A avaliação das relações das variáveis agrupadas em um mesmo fator, associadas aos seus significados ambiental e sanitário, podem levar à rotulação desses fatores (esgoto doméstico, indústria, agricultura, por exemplo) (HUSSAIN e RAO, 2014; NOORI *et al.*, 2010; OLSEN *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2006; ZHAO *et al.*, 2011).

Portanto, as técnicas estatísticas multivariadas são ferramentas apropriadas para a análise e interpretação dos complexos conjuntos de dados de qualidade de água e a compreensão das variações temporais e espaciais, permitindo aprimorar a rede de monitoramento de qualidade das águas quanto à localização dos pontos de amostragem, aos parâmetros monitorados e a frequência de monitoramento.

Entretanto, o banco de dados deve ser cuidadosamente preparado para aplicação destas técnicas, de modo a garantir que a estrutura estatística e teórica na qual se baseiam também está sustentada (JOHNSON e WICHERN, 2007). Essas análises podem ser extremamente influenciadas por observações faltantes, dados censurados, observações atípicas (*outliers*) e pela distribuição assimétrica e outras características das variáveis (CARVALHO, 2003). Por isso, a preparação do banco de dados é essencial para a efetividade da aplicação das técnicas multivariadas, como apresentado a seguir.

Análise e preparação do banco de dados para análise multivariada

Observações faltantes

Observações faltantes em um banco de dados têm um grande impacto nas análises multivariadas. Em um banco de dados de monitoramento da qualidade da água, por exemplo, uma observação faltante em um parâmetro da qualidade da água irá excluir automaticamente todas as observações dos outros parâmetros referentes ao mesmo período de coleta. Nesse sentido, os dados faltantes

podem eliminar tantas observações que uma amostra que era adequada, fica reduzida a uma amostra imprópria para a aplicação destas técnicas (HAIR *et al.*, 2005). Por isso, o pesquisador deve tentar eliminar variáveis que possuem grande quantidade de dados faltantes.

Dados censurados

Em análises de dados ambientais, dados censurados são considerados como as observações cujo valor se encontra abaixo ou acima do limite de detecção do método analítico de mensuração (CARVALHO, 2003). Limitações técnicas em aparelhos de medição são as principais origens de dados censurados em matrizes de dados de rede de monitoramento da qualidade da água. Todavia, mesmo apesar de sua grande incerteza, contêm informações relevantes acerca das concentrações dos parâmetros analisados (CHRISTOFARO E LEÃO, 2014). Por exemplo, se uma observação de um poluente no rio está abaixo de um certo limite de detecção, sabe-se pelo menos, que está em baixa concentração. Contudo, se este comportamento for contínuo em um monitoramento, os dados não indicam nenhuma variação da qualidade da água e poderiam até terem sua frequência de amostragem reduzida.

Há diversos métodos para o tratamento estatístico de um conjunto de resultados contendo dados censurados (CHRISTOFARO E LEÃO, 2014), sendo mais comum o método de substituição. Os dados censurados devem ser substituídos por algum valor especificado, geralmente, por zero, a metade do limite de detecção (LD) ou o próprio limite. Dentre estes, a opção de substituição pelo LD é mais conservativa, pois, apesar de apresentar valores mais altos que o verdadeiro, objetiva maior segurança por considerar o maior valor que o dado censurado pode assumir (CARVALHO, 2003).

Observações atípicas

Observações atípicas, conhecidas como *outliers*, possuem características notavelmente diferentes das demais. Segundo Hair *et al.* (2005), não devem ser caracterizadas como benéficas ou problemáticas, mas devem ser vistas no contexto da análise e avaliadas pelos tipos de informação que possam fornecer.

Outliers podem ser originados de erro de procedimento, como erro na entrada de dados ou uma falha na amostragem. Além disso, podem ser resultado de um evento extraordinário (o que então explica a peculiaridade da observação), e por isso deve ser mantida na análise. Sua ocorrência em matrizes de dados ambientais, principalmente de monitoramento da qualidade das águas

superficiais pode ser perfeitamente aceitável, visto que os dados são influenciados pela sazonalidade, acidentes e variações temporais não esperadas (CARVALHO, 2003).

Esse comportamento pode ser indicativo de características da população que não seriam descobertas no curso normal da análise. Mas, de acordo com Hair *et al.* (2005), sua ocorrência deve ser analisada e confirmada para aplicação de análises multivariadas, pois podem distorcer seriamente os testes estatísticos (influenciando significativamente o valor dos centróides de grupos formados na AC, no resultado da AD e nas correlações da ACP e AF).

Distribuição de frequência e características dos dados

As análises multivariadas são influenciadas por diferentes unidades de medidas e escala entre variáveis e pela distribuição assimétrica dos dados. Contudo, essas características são decorrentes e usuais em matrizes de dados ambientais. Testes de normalidade como Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling confirmam a simetria dos dados (GAMBLE e BABAR SEBENS, 2012; OLSEN *et al.*, 2012).

Para evitar a influência destas características nos resultados, é muito comum e indicado realizar a padronização dos dados em escala Z. As observações são padronizadas pela subtração da média e divisão pelo desvio-padrão de cada variável ($Z = (X-\mu)/\sigma$), o que resulta em variáveis com média 0 e desvio padrão 1, com a mesma escala. Dessa forma, além de eliminar a influência de diferentes unidades de medida, a padronização torna os dados adimensionais (TRINDADE, 2013, VICINI, 2005; ZHANG *et al.*, 2011).

3.4 Aspectos legais relacionados ao monitoramento da qualidade das águas superficiais

A legislação brasileira relacionada aos recursos hídricos evoluiu bastante desde a Instituição do Código das Águas, em 1934. Inicialmente, a água era vista como um bem infinito que deveria ser explorado. Depois, esta passou a ser protegida pela legislação, todavia era feita de forma desarticulada com vários setores. Apenas em meados da década de 80, o meio ambiente passou a ser visto como um sistema ecológico integrado, e as normativas começaram a ser também integradoras (Finotti *et al.*, 2009).

Não existe uma legislação específica que trate diretamente da questão do monitoramento da qualidade das águas superficiais no Brasil. O monitoramento atua como suporte para uma adequada gestão dos recursos hídricos, gestão essa que é referenciada em diversas legislações. O

arcabouço institucional relacionado à gestão das águas superficiais envolve legislações em âmbitos federal (apresentadas no Quadro 3.3), estaduais e municipais.

Quadro 3.3. Legislações relativas aos recursos hídricos superficiais em âmbito federal

LEGISLAÇÃO	OBSERVAÇÕES
Decreto Federal nº 24 643 (1934)	Institui o Código das Águas
Lei Federal nº 6.938 (1981)	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins, mecanismos, aplicação e estrutura do SISNAMA.
Constituição Federal (1988)	Capítulo VI – dispõe sobre o meio ambiente
Decreto Federal nº 99.274 (1990)	Regulamenta as Leis 6.902 (1981) e 6.938 (1981), institui o SISNAMA e cria o CONAMA.
Lei Federal nº 9.433 (1997)	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos
Lei Federal nº 9.605 (1998)	Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente
Decreto Federal nº 3.179 (1999)	Regulamenta a Lei 9.605 (1998)
Lei Federal nº 9.984 (2000)	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas
Resolução Conama nº 357 (2005)	Dispõe sobre a classificação das águas superficiais e institui padrões de lançamento de efluentes
Resolução CONAMA nº 397 (2008)	Alterações no art. 34 da Resolução CONAMA 357 (2005)
Resolução CONAMA nº 430 (2011)	Complementa e altera a Resolução nº357/2005

Fonte: Adaptado de Finotti *et al.* (2009)

Ainda que não citado diretamente na Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, o monitoramento contribui para sua implementação, pois está implícito em um dos objetivos do Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos, que visa reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil. Em Minas Gerais, a Política Estadual de Recursos Hídricos foi estabelecida em 1999, por meio da Lei nº 13.199.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão consultivo e deliberativo em âmbito federal, e é responsável pela formulação de resoluções que preconizam os limites legais para parâmetros de qualidade da água, conforme a classificação do curso d'água. Em Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) assumem essa responsabilidade. Dessa forma, as concentrações dos parâmetros de qualidade da água em águas superficiais, no estado de Minas Gerais, devem atender aos padrões da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008.

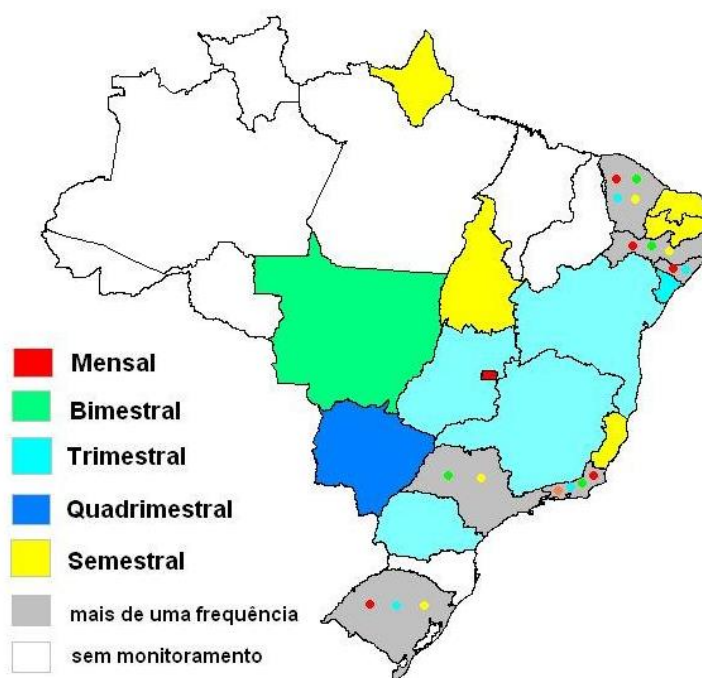
Relevantes para este trabalho, destacam-se ainda a DN COPAM nº 20/1997 e a DN COPAM nº 14/1995, que dispõem sobre o enquadramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas e da bacia do rio Paraopeba, respectivamente.

3.5 O monitoramento das águas superficiais no Brasil

O monitoramento da qualidade das águas (superficiais e subterrâneas) no Brasil ainda é restrito e incipiente. De acordo com ANA (2013), das 27 unidades de federação, apenas 17 possuem redes de monitoramento de qualidade das águas. Destas redes estaduais, somente oito apresentam dados de monitoramento suficientes para a análise de tendência do Índice de Qualidade da Água (IQA). Este problema está relacionado à ausência de séries históricas mais longas e consistentes e à descontinuidade do monitoramento da qualidade da água, que provocam lacunas geográficas e temporais de monitoramento.

O monitoramento da qualidade das águas superficiais no país é feita de forma dispersa e não padronizada, como demonstrado na Figura 3.1. Algumas redes estaduais apresentam um abrangente monitoramento, com medição de diversos parâmetros e coletas frequentes, enquanto que em outras apresentam apenas uma coleta ao ano e poucos parâmetros são monitorados. São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul são os estados considerados com melhor situação de monitoramento no Brasil.

Figura 3.1. Frequências de monitoramento das águas superficiais nos estados brasileiros



Fonte: ANA (2014)

Essa falta de integração entre as diferentes instituições estaduais dificulta a extração de informações e tendências da qualidade da água, e a análise e comparação da qualidade da água entre os estados. Assim, para um rio que banha dois ou mais estados, muitas vezes não é possível acompanhar a evolução da qualidade das águas ao longo de sua calha, pois as amostras são colhidas em diferentes épocas do ano e os parâmetros monitorados não são necessariamente os mesmos.

A Agência Nacional de Águas (ANA) mantém a rede hidrometeorológica nacional, com mais de 2.700 postos pluviométricos e 1.900 postos fluviométricos, que permitem avaliar os aspectos associados à quantidade de água. Quanto à qualidade da água, a agência coordena 1.340 pontos em todo o país, nos quais são feitas análise de apenas quatro parâmetros básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura) (ANA, 2015). Por isso, a parceria com os governos estaduais é essencial para poder realizar uma correta avaliação da qualidade da água.

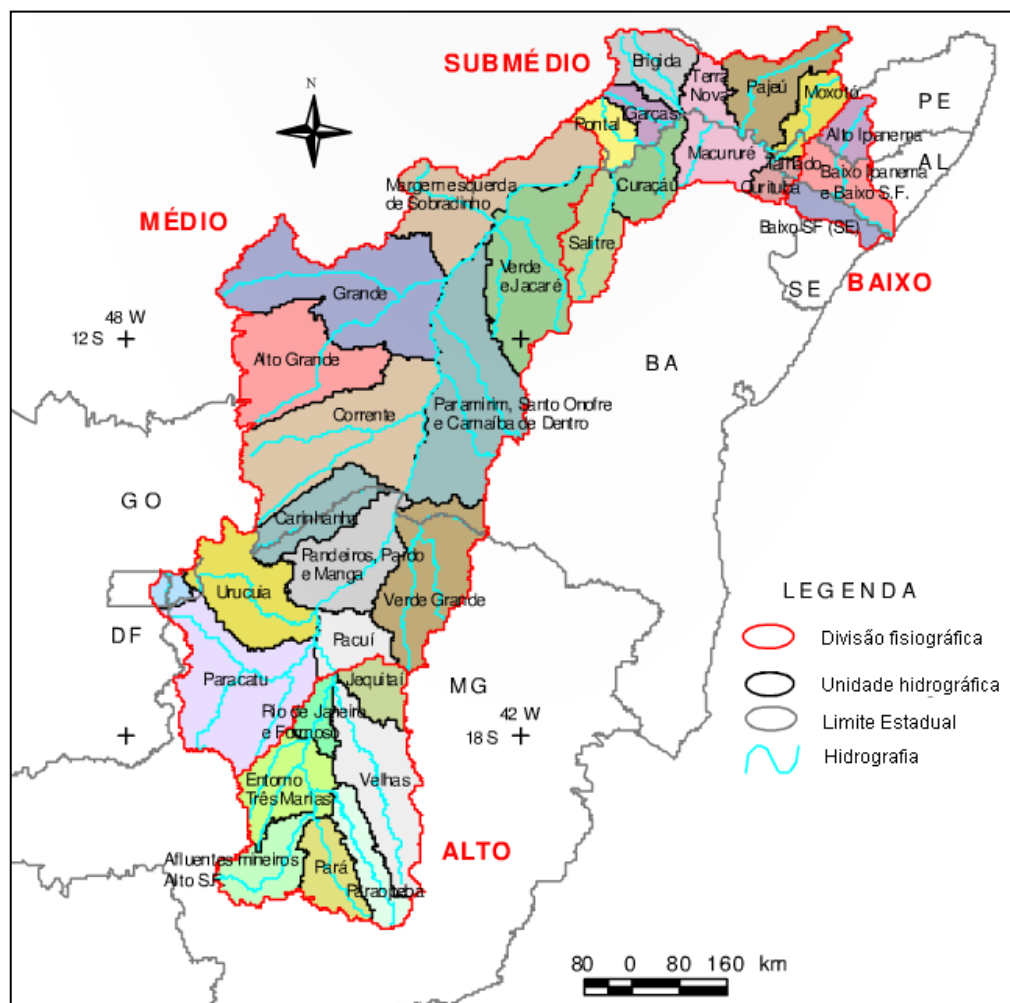
Ainda segundo a ANA (2015), existem aproximadamente, em nível estadual, 2.400 pontos de monitoramento da qualidade da água, o que representa uma densidade de 0,26 ponto/1.000 km² para o país. É considerada uma densidade baixa para uma rede nacional, comparada a outros países que possuem densidades maiores, como a Espanha (2,55 pontos/1.000 km²), França (1,96 ponto/1.000 km²) e Canadá (0,8 ponto/1.000 km²).

Dessa forma, com a finalidade de aprimorar, ampliar e padronizar o monitoramento da qualidade das águas superficiais em escala nacional, o Programa Nacional da Qualidade da Água (PNQA) foi lançado pela ANA, visando a implementação da Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade de Águas Superficiais no Brasil (RNQA). O projeto foi concluído em 2012 e demanda uma gestão integrada, sendo operada pelos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e participação das companhias e das empresas de saneamento, com o apoio da ANA. A meta do PNQA é que até dezembro de 2020 todos os estados e o Distrito Federal possuam juntos um total de 4.452 pontos de monitoramento. Em Minas Gerais, serão inicialmente mais de 400 pontos de amostragem, monitorando 21 parâmetros de qualidade da água (condutividade elétrica, temperatura da água e do ar, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos e sólidos em suspensão, alcalinidade total, cloreto total, transparência da água, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, *Escherichia coli*, clorofila-*a*, fitoplâncton (qualitativo e quantitativo), fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal e arsênio).

3.6 Bacia hidrográfica do rio São Francisco

A bacia hidrográfica do rio São Francisco é considerada uma das mais importantes do Brasil devido à grande contribuição hídrica em seis estados e no Distrito Federal, sendo o maior rio totalmente brasileiro. Abrange 503 municípios e possui uma área de drenagem de 634.781 km², correspondente a 8% do território nacional, onde residem 14 milhões de pessoas. A Bacia é dividida em quatro regiões fisiográficas (Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco), apresentadas na Figura 3.2. A porção mineira na bacia do rio São Francisco é dividida em dez sub-bacias, denominadas pelo IGAM como Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs). A bacia hidrográfica do rio São Francisco encontra-se em um quadro de degradação ambiental, em que se verifica a perda de sua biodiversidade e a alteração de seus ecossistemas aquáticos, decorrentes da deficiência dos serviços de saneamento, da construção de grandes barragens e das atividades industriais e agrícolas (ANA, 2004). Ações tanto de caráter educativo e preventivo quanto de recuperação e adaptação são urgentemente necessárias.

Figura 3.2. Unidades hidrográficas de referência e divisões fisiográficas da bacia do rio São Francisco.



Fonte: CBHSF (2004)

A região do Alto São Francisco, na qual estão inseridas as bacias do rio das Velhas (SF5) e do rio Paraopeba (SF3) (sub-bacias em estudo neste trabalho), é a região mais degradada em relação à qualidade das águas superficiais. Os resultados encontrados por Trindade (2013) corroboram essas observações, visto que a autora identificou a bacia do Rio das Velhas como a sub-bacia do rio São Francisco mais impactada com relação a fatores antrópicos e destacou a bacia do rio Paraopeba pela contaminação orgânica, atividades minerárias e agropecuárias. Nessas sub-bacias, os usos da água variam desde a diluição de efluentes domésticos e industriais a outros mais nobres, tais como abastecimento de água, piscicultura e recreação de contato primário.

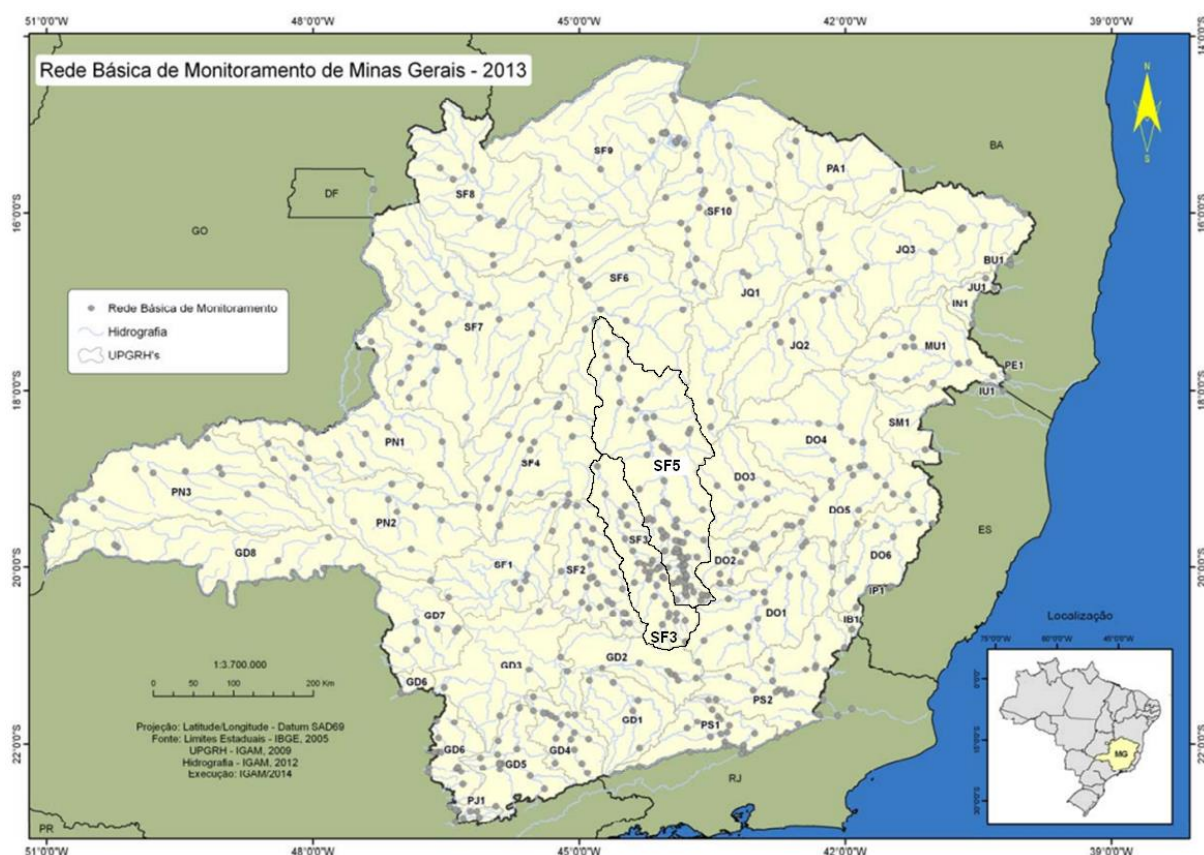
Devido à sua importância biológica, o rio Paraopeba e os tributários do rio das Velhas foram destacados no Atlas da Biodiversidade de Minas Gerais como alguns dos rios prioritários para a conservação dos peixes no Estado (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2005). Todavia, relatórios de qualidade da água indicam que a situação de alguns corpos d'água da bacia do rio das Velhas e da bacia do rio Paraopeba apresentam situação ruim ou péssima na avaliação do IQA (ANA, 2013; IGAM, 2013a; IGAM, 2013b).

3.7 Rede de monitoramento na porção mineira da bacia do rio São Francisco

Em Minas Gerais, o monitoramento das águas superficiais vem sendo efetuado, desde 1997, por meio do Projeto “Águas de Minas”. Inicialmente, foi implantado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, mas o IGAM assumiu a responsabilidade de coordenação do mesmo em outubro de 2001. Os principais objetivos do monitoramento são: conhecer e avaliar as condições da qualidade das águas superficiais em Minas Gerais, divulgar a situação da qualidade das águas para os usuários e apoiar o estabelecimento de metas de qualidade, fornecer subsídios para o planejamento da gestão dos recursos hídricos, verificar a efetividade de ações de controle ambiental implementadas e propor prioridades de atuação (IGAM, 2014).

A rede básica de monitoramento (macro-rede), em 2013, contava com 544 estações de amostragem distribuídas em dezessete bacias hidrográficas, dentre elas, a bacia do rio São Francisco (IGAM, 2014). De acordo com IGAM (2015), a rede básica de monitoramento foi implementada adotando-se como referência a experiência desenvolvida pelos países membros da União Europeia. Por isso, foi estabelecida como meta a razão de uma estação de monitoramento por 1.000 km², densidade média adotada nos países mencionados. Entretanto, pode-se observar na Figura 3.3 que há uma maior densidade de pontos de monitoramento nas bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba, principalmente em função da relevância destas e das diversas pressões antrópicas que nelas atuam.

Figura 3.3. Pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais da Rede Básica em operação em 2013.



Fonte: Adaptado de IGAM (2015)

As redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais destas sub-bacias estão em um estágio muito avançado, considerando a gestão de recursos hídricos (ANA, 2013). Esta grande quantidade de pontos de monitoramento tem se mostrado muito dispendiosa, o que ressalta a importância de um trabalho de otimização e/ou readequação da rede, visando viabilizar a manutenção de estações de amostragem realmente necessárias.

As amostragens e análises laboratoriais são realizadas pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI / Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. As campanhas de amostragem são trimestrais para a maioria das estações de monitoramento, com um total anual de quatro campanhas por estação de monitoramento. Somente algumas estações localizadas na calha do rio das Velhas são mensais.

O IGAM realiza campanhas completas no primeiro e terceiro trimestres do ano (janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro), caracterizados respectivamente pelos períodos de chuva e estiagem. Nestas campanhas, são monitorados 51 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem. Nas campanhas intermediárias, realizadas nos meses abril/mayo/junho e outubro/novembro/dezembro, caracterizando os demais períodos climáticos

do ano, são analisados 19 parâmetros genéricos em todos os pontos, além daqueles característicos das fontes poluidoras que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta. Em alguns pontos de monitoramento são analisados ainda os parâmetros densidade de cianobactérias, cianotoxinas, ensaios de toxicidade crônica e macroinvertebrados bentônicos, sendo que para este último a frequência é anual (IGAM, 2014).

Ressalta-se que o parâmetro *Escherichia coli* passou a ser avaliado em substituição aos coliformes termotolerantes, a partir da primeira campanha de 2013. De acordo com a CETESB (2009), a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando presente em densidade elevada nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou no solo que não tenham recebido contaminação fecal.

Além dos parâmetros monitorados, o IGAM utiliza três índices como indicadores de qualidade da água: Índice de Qualidade da Água (IQA), Contaminação por tóxicos (CT) e Índice de Estado Trófico (IET). Os indicadores como densidade de cianobactérias e ensaios de ecotoxicidade são realizados em alguns pontos específicos da rede de monitoramento.

Em mais de dez anos do programa de monitoramento do IGAM, poucos trabalhos de otimização e redimensionamento das redes foram desenvolvidos nas sub-bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba. Destaca-se a pesquisa de Almeida (2013), que indicou as estações de monitoramento prioritárias na bacia do rio das Velhas, empregando o método da entropia. Nonato *et al.* (2007) empregaram técnicas multivariadas na bacia do rio das Velhas com a finalidade de avaliar as similaridades das estações de amostragem e parâmetros monitorados.

O elevado custo do programa de monitoramento é um empecilho para sua manutenção e expansão. Assim, a adequação da rede poderá reduzir custos com a eliminação de amostragem de parâmetros desnecessários ou menos importantes e pontos de monitoramento equivalentes, e os recursos poderão ser aplicados em outras áreas ou na medição parâmetros de maior necessidade. Portanto, a adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas das sub-bacias do rio das Velhas e do Rio Paraopeba é essencial contribuir com o planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco.

4 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido utilizando dados de monitoramento, disponibilizados pelo IGAM, das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas e da bacia do rio Paraopeba, ambas sub-bacias da bacia do rio São Francisco.

4.1 *Bacia hidrográfica do rio das Velhas*

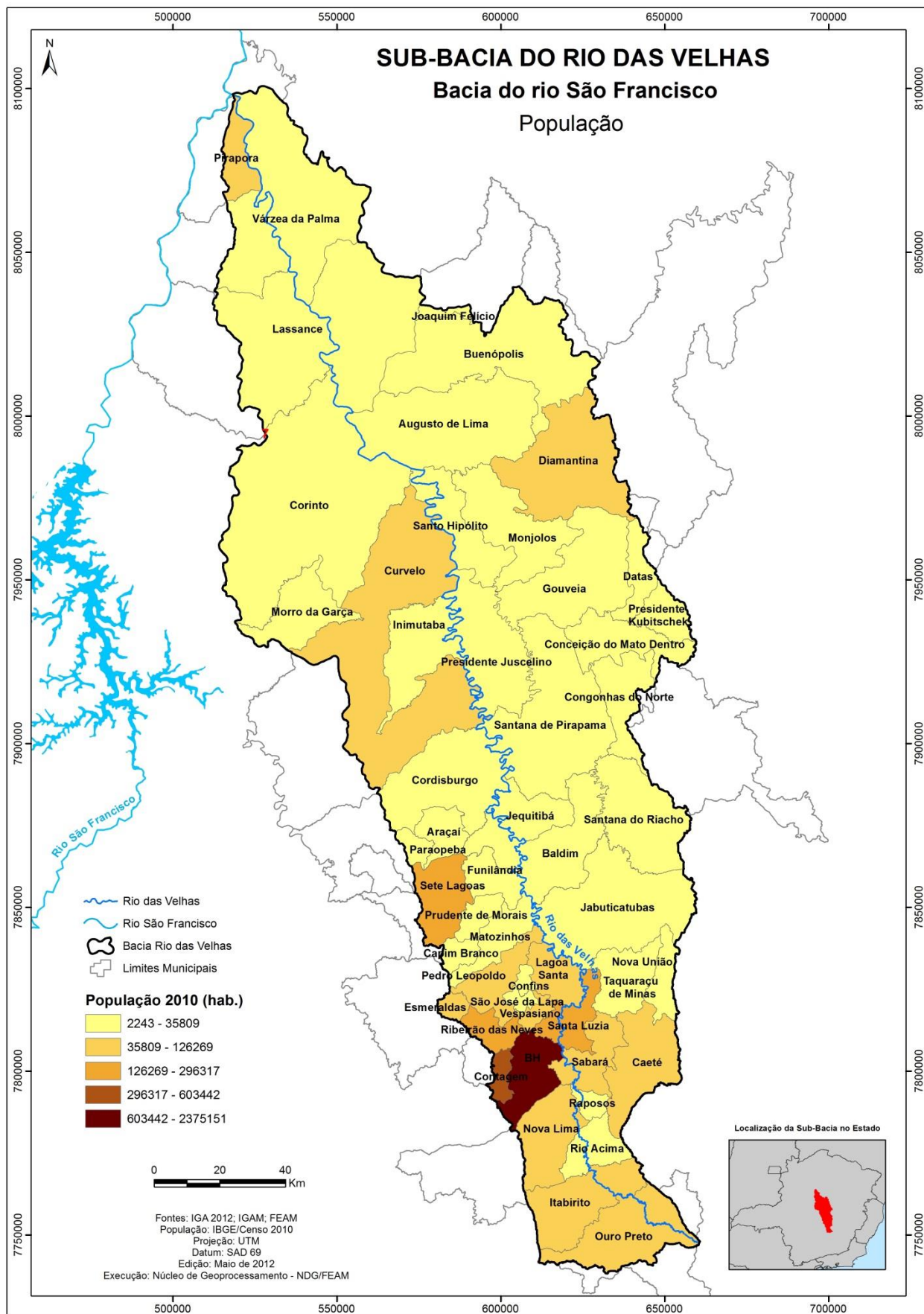
4.1.1 Caracterização da bacia do rio das Velhas

A bacia hidrográfica do rio das Velhas é uma das principais sub-bacias do rio São Francisco em termos de contribuição hídrica e a maior em extensão territorial (807 Km). Com uma área de drenagem de 27.850 km² e população em torno de 4,8 milhões de habitantes, a bacia do rio das Velhas abrange 51 municípios (CBH Velhas, 2014). Dentre esses municípios, 15 estão localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), área de intensa urbanização que, apesar de ocupar apenas 10% da área territorial da Bacia, abriga 70% de toda sua população, o que contribui para a deterioração da qualidade das suas águas superficiais (Figura 4.1).

Historicamente, a bacia do rio das Velhas foi segmentada em três grandes divisões: Alto, Médio e Baixo rio das Velhas. Com a atualização do plano diretor (CBH Velhas, 2014b) o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio das Velhas (CBH Velhas) adotou 23 Unidades Territoriais Estratégicas (UTES) para direcionamento de trabalho, definidas por meio da DN CBH Velhas nº 01/2012. Assim, a divisão anterior foi ajustada, conforme os limites das UTES, de maneira que cada nova região formasse um agrupamento da UTES com características semelhantes. Foram definidas quatro macro regiões de planejamento: Alto; Médio – grupo alto; Médio – grupo baixo; e Baixo, apresentadas na Figura 4.2.

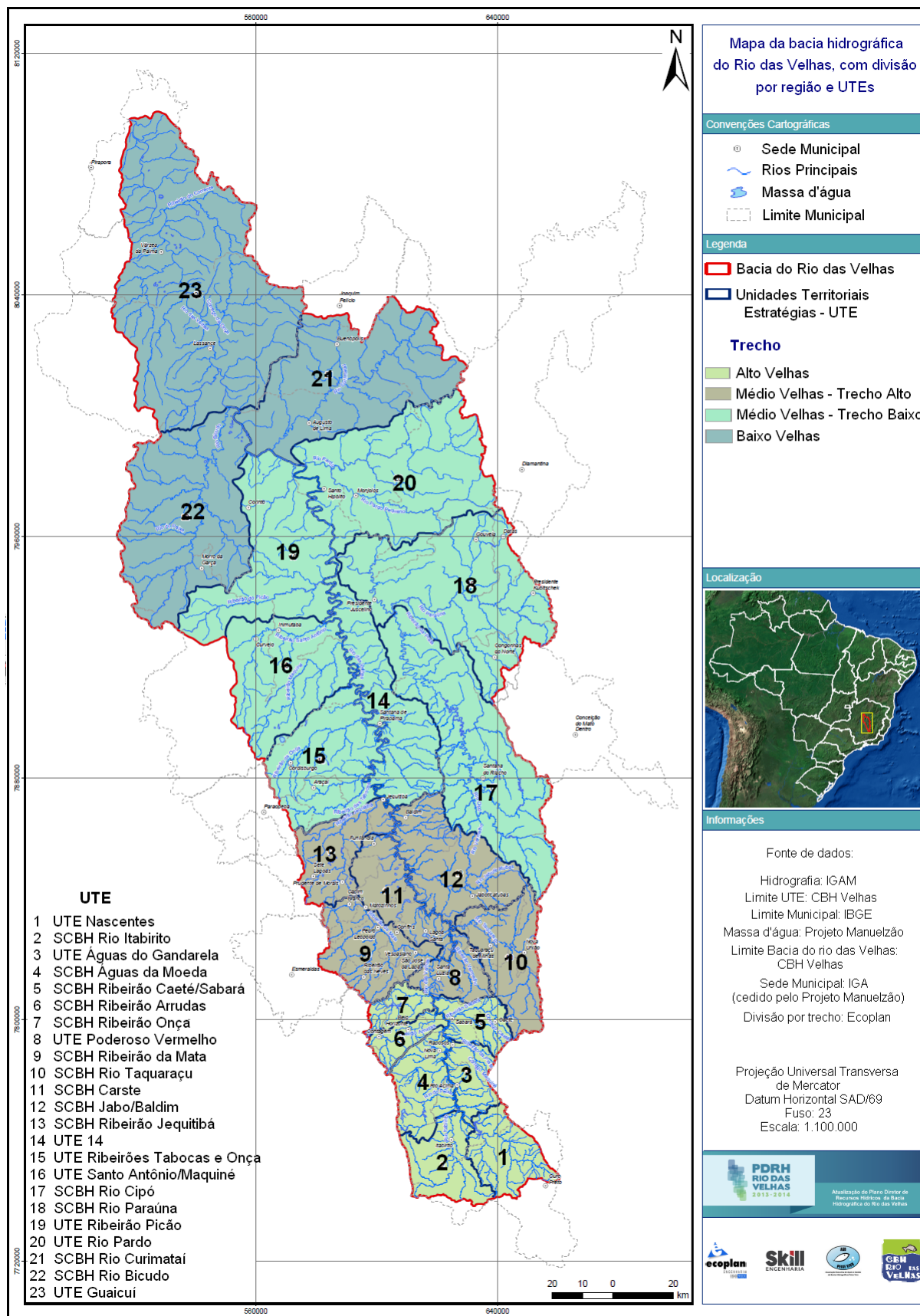
A segmentação na bacia do rio das Velhas também foi readaptada em função das características do uso e ocupação do solo na região, o que resulta em diferentes fontes de poluição para a qualidade das águas superficiais em sua extensão, como apresentado no Quadro 4.1.

Figura 4.1. Municípios da bacia hidrográfica do rio das Velhas e suas respectivas populações.



Fonte: FEAM (2012)

Figura 4.2. Divisão fisiográfica e Unidades Territoriais Estratégicas da bacia do rio das Velhas



Fonte: Adaptado de CBH Velhas (2014)

Quadro 4.1. Unidades territoriais da bacia do rio das Velhas, localização e principais características

Unidade	Localização	Principais características
Alto	Com área total de 2.740 km ² (9,8% da Bacia), o Alto rio das Velhas compreende toda a região denominada Quadrilátero Ferrífero, tendo o Município de Ouro Preto como o limite ao sul e os municípios de Belo Horizonte, Contagem e Sabará como limite ao norte.	Apresenta maior contingente populacional, com uma expressiva atividade econômica, concentrada, principalmente, na RMBH. Nessa região encontra-se o sistema de abastecimento integrado Rio das Velhas (abastece 74% da cidade de Belo Horizonte, além das cidades de Raposos, Nova Lima, Sabará e Santa Luzia). Os principais agentes poluidores são os esgotos industriais e domésticos não tratados e os efluentes gerados pelas atividades minerárias.
Médio – Grupo Alto	A área de drenagem corresponde a 15,4% da Bacia, e compreende 20 municípios.	Apresenta menor concentração populacional que o Alto rio das Velhas, com o predomínio das atividades agrícolas e pecuárias.
Médio – Grupo Baixo	Representa a maior porção dentro da bacia do rio das Velhas (43,8% - 12.204 km ²), e 23 municípios inseridos total ou parcialmente.	
Baixo	Composta por oito municípios e representa o segundo maior grupo (31%).	O aspecto diferenciado desta região é que nenhum dos municípios tem 100% do território inserido na bacia. Baixa concentração populacional com predomínio das atividades agrícolas e pecuárias.

Fonte: Adaptado de CBH Velhas (2014)

Como se pode perceber pelas informações do Quadro 4.1, o Alto Velhas é a região mais crítica e preocupante quanto à qualidade das águas superficiais da Bacia, pois constitui uma região de mineração expressiva, suas águas superficiais recebem uma grande carga de efluentes domésticos e industriais provenientes da RMBH, e ao mesmo tempo, abrange os principais mananciais de abastecimento urbano de água desta.

As áreas de pastagens ocupam aproximadamente a metade da área da Bacia (45,6%), sendo estas e a agricultura mais expressivas nos grupos Médio e Baixo rio das Velhas. Conforme relatado por IGAM (2013b), essas áreas são as principais responsáveis pelos processos de erosão na região, em função do grande percentual de atividade mecanizada e também pela utilização de insumos agrícolas, tais como fertilizantes e pesticidas.

Os relatórios anuais publicados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) têm apresentado o despejo de esgoto doméstico, atividades minerárias, industriais e agropecuárias como as principais fontes de poluição na bacia do rio das Velhas (IGAM, 2013b).

4.1.2 Rede de monitoramento da bacia do rio das Velhas

O banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, considerando o período de 1997 a 2013 é complexo e abrangente, como pode ser visualizado no Quadro 4.2. Todavia, o banco de dados não é homogêneo, ou seja, nem todos os parâmetros são amostrados em todas as estações e com a mesma frequência de amostragem. Alguns parâmetros apresentam interrupção do monitoramento e mudança na frequência de amostragem entre as estações e na própria estação de monitoramento.

Quadro 4.2. Características do banco de dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, no período de 1997 a 2013.

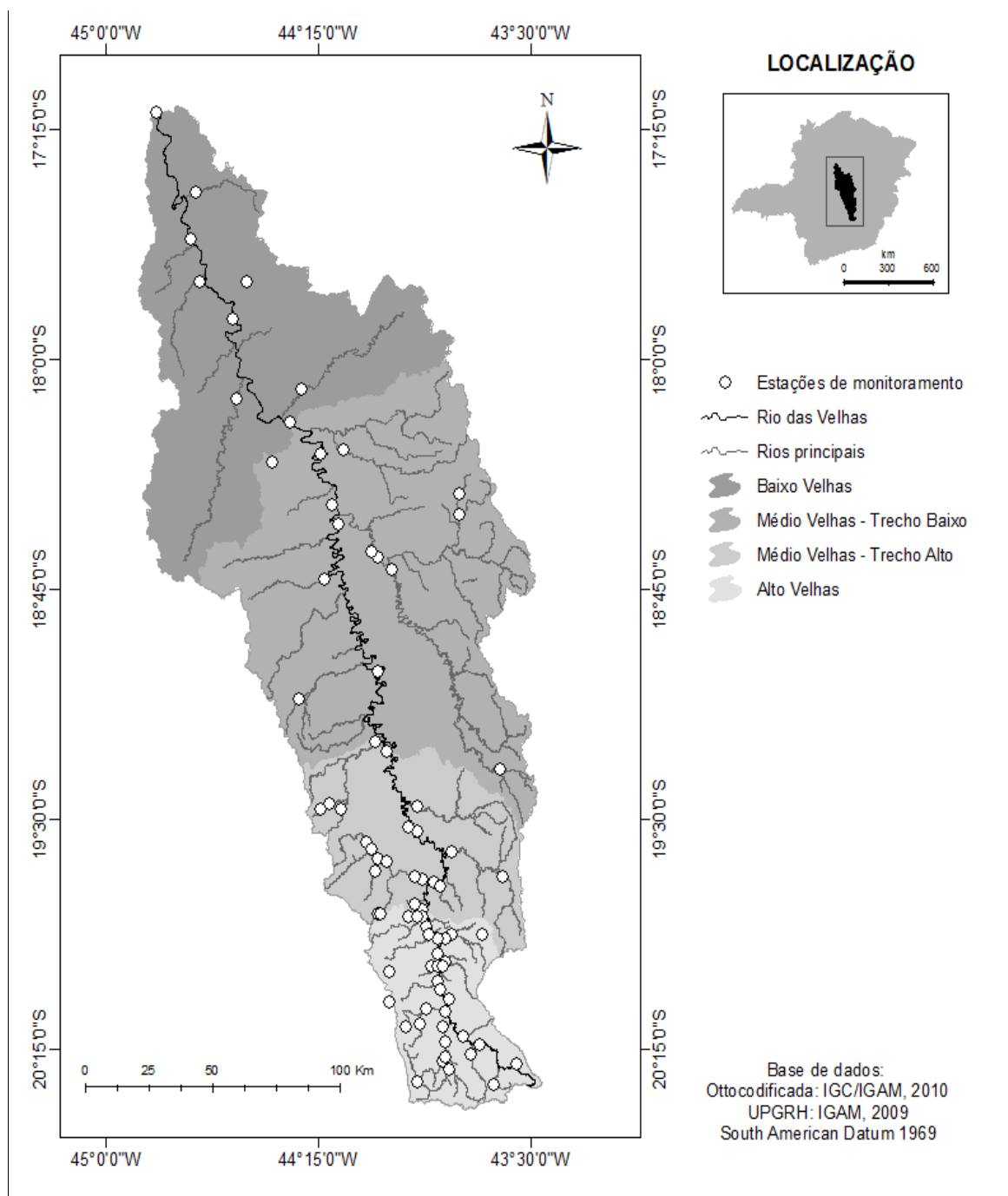
Período: 1997 a 2013	Número de estações: 144	Número de coletas: 6.258
Parâmetros: 71		Dados válidos: 215.513
Alcalinidade de bicarbonato	Cromo hexavalente	Nitrogênio orgânico
Alcalinidade total	Cromo total	Óleos e graxas
Alumínio dissolvido	Cromo trivalente	Ortofosfato
Alumínio total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Oxigênio dissolvido
Amônia	Demanda Química de Oxigênio	pH <i>in loco</i>
Arsênio Dissolvido	Densidade de cianobactérias	pH laboratório
Arsênio total	Dureza de cálcio	Potássio dissolvido
Bário total	Dureza de magnésio	Profundidade
Boro dissolvido	Dureza total	Saxitoxina
Boro total	Estreptococos fecais	Selênio total
Cádmio total	Fenóis totais	Sódio dissolvido
Cálcio total	Feoftina- <i>a</i>	Sólidos dissolvidos totais
Chumbo total	Ferro dissolvido	Sólidos em suspensão totais
Cianeto livre	Ferro total	Sólidos sedimentáveis
Cianeto total	Fluoreto ionizado	Sólidos totais
Cloreto total	Fósforo total	Substâncias tensoativas
Clorofila- <i>a</i>	Magnésio total	Sulfato total
Cobre dissolvido	Manganês total	Sulfeto
Cobre total	Mercúrio total	Temperatura da água
Coliformes termotolerantes	Microcistina	Temperatura do ar
Coliformes totais	Níquel total	Turbidez
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	Nitrato	Zinco total
Condutividade elétrica laboratório	Nitrito	
Cor verdadeira	Nitrogênio amoniacal total	

Fonte: Base de dados IGAM (2013)

Em 2013, a rede de monitoramento da bacia do rio das Velhas continha 127 estações ativas, sendo que 82 estações pertenciam à rede básica de monitoramento e 45 estações, à rede dirigida (redes de monitoramento da bacia da Pampulha e da condicionante ambiental da Cidade Administrativa de Minas Gerais) (IGAM 2013b).

Em razão da diversidade de pressões antrópicas existentes na bacia do rio das Velhas, vários projetos foram desenvolvidos visando a preservação da qualidade da água na Bacia. Neste trabalho foram utilizadas estações da rede básica de monitoramento da qualidade das águas, implementadas pelos projetos “Águas de Minas”, caracterizadas pela sigla (BV), Projeto “Alto Velhas” (AV), que visa um monitoramento detalhado nas áreas de poluição dessa região, e pelo projeto Saneamento e Cidadania (SC), que avalia a situação do rio antes e depois das medidas de melhorias implantadas referentes ao Projeto Lixo e Cidadania (Figura 4.3).

Figura 4.3. Rede básica de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, coordenada pelo IGAM.



A frequência de amostragem varia entre parâmetros e estações. Devido à necessidade de um acompanhamento mais abrangente da qualidade das águas do rio das Velhas, vinte e uma estações de monitoramento localizadas em sua calha monitoram ou já monitoraram mensalmente alguns parâmetros. Estes parâmetros e estações estão identificados no Quadro I.1, do Apêndice I, bem como a situação do monitoramento mensal. As demais estações, correspondentes aos tributários, apresentam frequências de monitoramento trimestrais e semestrais, com exceção à estação AV320, que já possuiu monitoramento de frequência mensal.

Para a realização deste trabalho, optou-se por utilizar parâmetros com frequência mínima trimestral, uma vez que este período de monitoramento é considerado o mínimo para possibilitar a detecção das variações temporais e permitir uma avaliação fidedigna da qualidade da água. Os dados de monitoramento mensais foram tratados separadamente, no entanto, também foram considerados na análise de frequência trimestral, sendo selecionadas apenas as observações correspondentes ao mesmo mês em que foi realizada a coleta trimestral.

Desse modo, a avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas foi dividida em duas partes: (i) Avaliação dos dados de monitoramento com frequência mensal e (ii) avaliação dos dados de monitoramento com frequência trimestral.

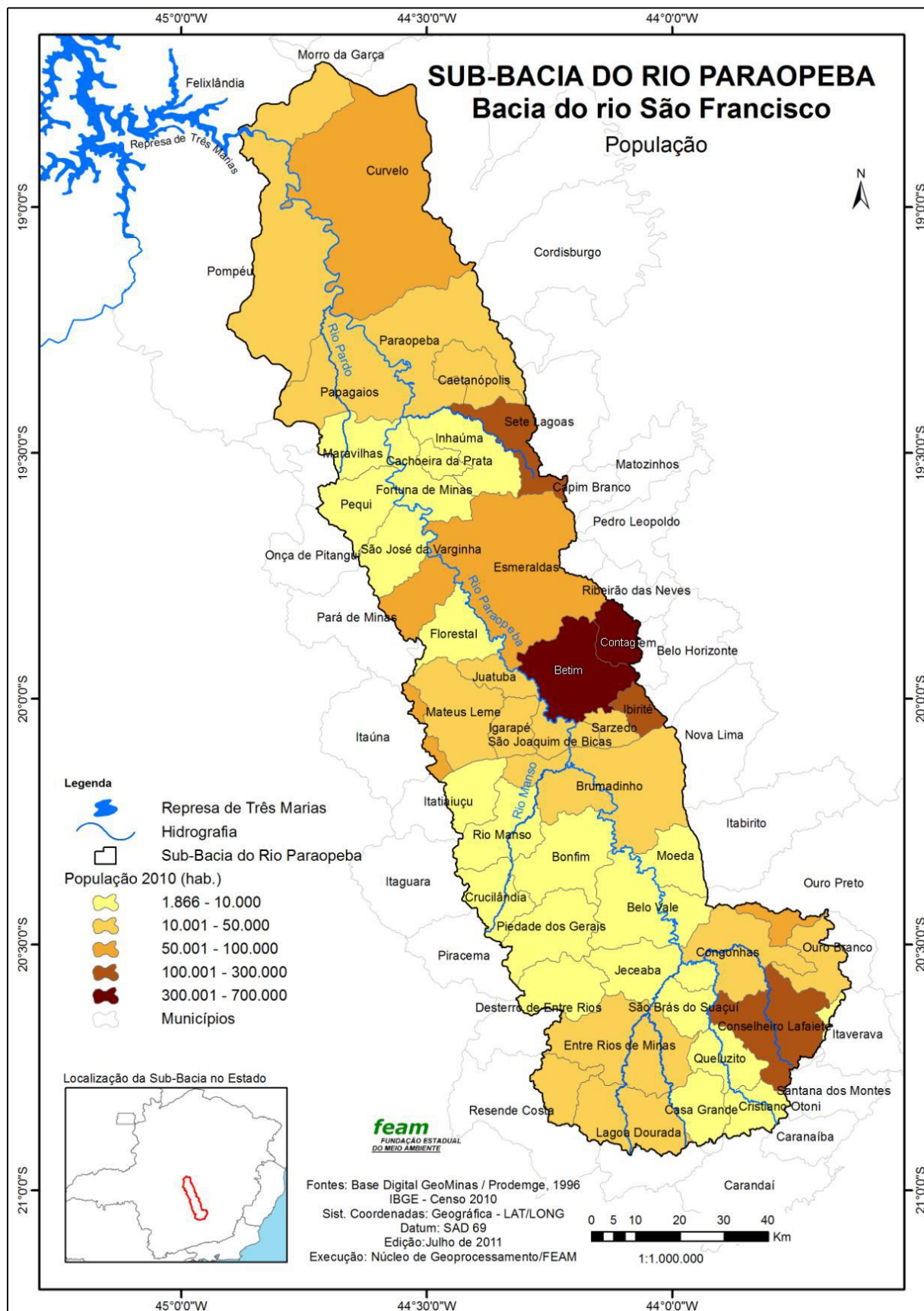
4.2 Bacia hidrográfica do rio Paraopeba

4.2.1 Caracterização da bacia do rio Paraopeba

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba possui uma área de drenagem de 12.054 Km², o que corresponde a 2,5% do estado de Minas Gerais. Quase 2,5 milhões de pessoas vivem na Bacia, que abrange 48 municípios, sendo 35 sedes urbanas dentro dos limites desta (Figura 4.4) (CIBAPAR, 2015). O rio principal tem 510 Km de extensão, nascendo no extremo sul da Serra do Espinhaço, município de Cristiano Ottoni e desaguando na represa de Três Marias, município de Felixlândia (IGAM, 2013a).

A Bacia está inserida em áreas de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, sendo que algumas espécies da fauna já se encontram em extinção. Por isso, esta abriga algumas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), Unidades de Conservação como o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, e ainda outras reservas ambientais como a Gruta Rei do Mato, em Sete Lagoas, e a área de proteção ambiental Vargem das Flores, em Contagem (FEAM, 2011).

Figura 4.4. Municípios da bacia hidrográfica do rio Paraopeba e suas respectivas populações



Fonte: Adaptado de FEAM (2011)

Quanto aos usos da água, a bacia do rio Paraopeba é caracterizada principalmente por abastecimento doméstico e industrial, irrigação, mineração, dessedentação de animais, pesca e piscicultura (IGAM, 2013a). A Bacia é de grande relevância para o estado de Minas Gerais e principalmente para a RMBH, pois abastece 53% da população desta região.

O uso e ocupação do solo na bacia do rio Paraopeba é bastante diversificado, o que causa grandes impactos nas suas águas superficiais devido às diferentes pressões antrópicas existentes. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas - ANA/IBGE, a bacia possui menos da metade da área total de drenagem da bacia do rio das Velhas, mas conta com um número maior de usuários cadastrados (indústrias, empresas e agricultores) (CIBAPAR, 2015).

Segundo CIBAPAR (2015), a bacia do rio Paraopeba abriga um dos mais importantes centros econômicos de Minas Gerais, localizado entre Contagem (indústria de transformação, especialmente, metalúrgica e química) e Betim (Fiat Automóveis S/A, Petrobras e várias indústrias satélites), pertencentes à RMBH, formando o segundo polo industrial automobilístico do país. Destacam-se ainda os municípios de Sete Lagoas (pecuária, siderurgia, indústrias alimentícia e automobilística), Ouro Branco (Siderurgia), Congonhas (Mineração), Jeceaba (siderurgia) e Conselheiro Lafaiete (exploração de minério de ferro e manganês, metalurgia e siderurgia). No baixo curso do rio Paraopeba, as principais pressões antrópicas são a extração de areia e argila, a pecuária extensiva e as monoculturas de eucaliptos.

4.2.2 Rede de monitoramento da bacia do rio Paraopeba

O monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, sob coordenação do IGAM, foi iniciado em 1997. Desde a implantação da rede até o ano de 2013, foram realizadas 1.509 coletas, monitorados 62 parâmetros de qualidade da água (Quadro 4.3), em 33 estações de monitoramento, com frequência de amostragem trimestral e semestral, obtendo um total de 59.860 dados válidos. Neste trabalho, optou-se por utilizar dados de monitoramento com frequência de amostragem trimestral, como já justificado anteriormente.

Quadro 4.3. Parâmetros de qualidade da água monitorados na bacia do rio Paraopeba no período de 1997 a 2013.

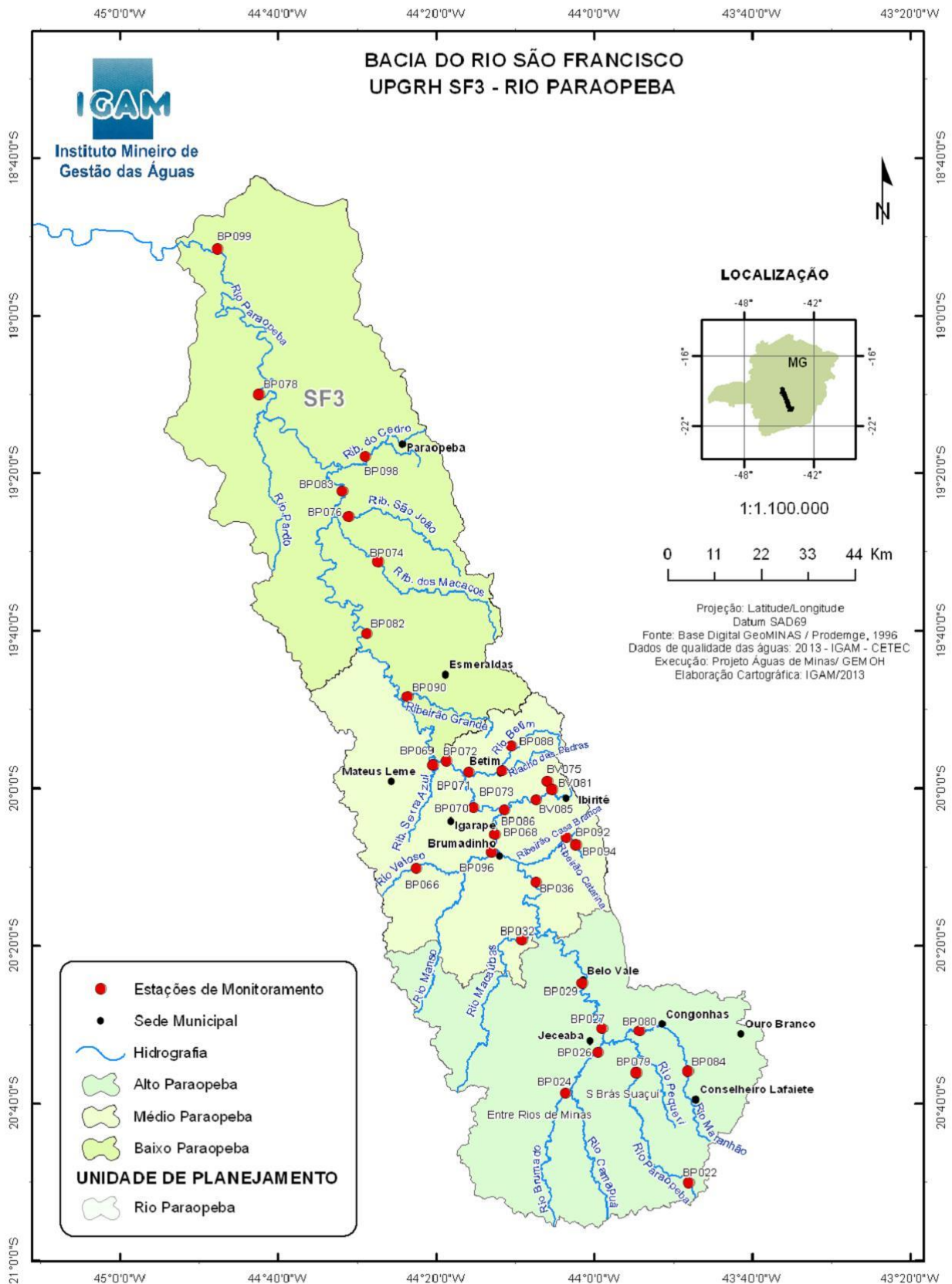
Alcalinidade de bicarbonato	Condutividade elétrica laboratório	Nitrito
Alcalinidade total	Cor verdadeira	Nitrogênio amoniacal total
Alumínio dissolvido	Cromo hexavalente	Nitrogênio orgânico
Alumínio total	Cromo total	Óleos e graxas
Amônia	Cromo trivalente	Oxigênio dissolvido
Arsênio total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	pH <i>in loco</i>
Bário total	Demanda Química de Oxigênio	pH laboratório
Boro dissolvido	Densidade de cianobactérias	Potássio dissolvido
Boro total	Dureza de cálcio	Selênio total
Cádmio total	Dureza de magnésio	Sódio dissolvido
Cálcio total	Dureza total	Sólidos dissolvidos totais
Chumbo total	Estreptococos fecais	Sólidos em suspensão totais
Cianeto livre	Fenóis totais	Sólidos totais
Cianeto total	Feoftina- <i>a</i>	Substâncias tensoativas
Cloreto total	Ferro dissolvido	Sulfato total
Clorofila <i>a</i>	Fósforo total	Sulfeto
Cobre dissolvido	Magnésio total	Temperatura da água
Cobre total	Manganês total	Temperatura do ar
Coliformes termotolerantes	Mercurio total	Turbidez
Coliformes totais	Níquel total	Zinco total
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	Nitrato	

Fonte: Base de dados IGAM (2013)

A distribuição geográfica das estações de monitoramento na bacia do rio Paraopeba está apresentada na Figura 4.5, que demonstra ainda a divisão da área de drenagem da Bacia em Alto, Médio e Baixo Paraopeba. Nota-se uma concentração maior de estações de monitoramento no Médio curso, justificada pela presença do polo industrial e alta densidade demográfica nas cidades de Betim e Contagem.

Dessa forma, a avaliação e adequação das redes de monitoramento da bacia do rio das Velhas e da bacia do rio Paraopeba se justifica pela grande quantidade de parâmetros amostrados e de estações de monitoramento, que demandam um alto custo financeiro ao órgão ambiental.

Figura 4.5. Rede de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba, coordenado pelo IGAM.



Fonte: Núcleo Geoprocessamento IGAM/2013

O próximo item tratará de forma conjunta a metodologia utilizada para a avaliação e a proposta de adequação das redes de monitoramento das duas sub-bacias, uma vez que foram utilizadas abordagens semelhantes.

4.3 Avaliação e proposta de adequação das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba

Este trabalho teve como objetivo avaliar e propor uma adequação das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais das bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba. A avaliação das redes de monitoramento consistiu em uma análise sobre a variabilidade espacial e temporal da qualidade da água, empregando técnicas estatísticas multivariadas, utilizando os softwares *Statistica* 8.0 e *XLStat* 2014.5. Em seguida foram utilizados testes não-paramétricos, associados à análise de violações dos parâmetros de qualidade da água aos limites preconizados pela legislação. A proposta de adequação baseou-se nos resultados obtidos por essas análises, tornando possível indicar a frequência de monitoramento mais adequada para os parâmetros de qualidade da água, destacar as estações de monitoramento mais relevantes das sub-bacias e determinar os parâmetros mais importantes para a caracterização da qualidade das águas superficiais das sub-bacias em análise.

Para alcançar os objetivos propostos, a metodologia deste trabalho consistiu em cinco etapas: organização do banco de dados de monitoramento; análise descritiva do banco de dados; avaliação temporal e espacial da qualidade da água, por meio de análises multivariadas; aplicação de outras técnicas estatísticas para confirmação dos resultados das análises multivariadas e, por fim, proposta de adequação das redes de monitoramento.

4.3.1 Organização do banco de dados

A definição do banco de dados para aplicação das análises multivariadas foi realizada em três etapas: seleção das estações de monitoramento, definição do período de estudo e a seleção dos parâmetros de qualidade da água. A opção foi por utilizar apenas os dados de estações de monitoramento que estão ativas há, no mínimo, quatro anos, já que neste período foi observado um maior número de estações com séries completas de dados. Este procedimento é importante já que a análise multivariada fica comprometida pelas observações faltantes, em função da consequente eliminação de outros dados.

Foi calculada a porcentagem de dados faltantes e de dados censurados de cada parâmetro de qualidade da água considerando os dados de todas as estações. Após análise detalhada do banco de dados, optou-se por eliminar aqueles que obtiveram mais de 10% de dados faltantes (considerando a frequência de amostragem trimestral, e mensal, quando apropriada) e mais de 90% de dados censurados, critérios já utilizados em outros trabalhos (ARAUJO, 2014; OLSEN *et al.*, 2012). Os demais dados censurados considerados nas análises assumiram o valor do limite de detecção. Os parâmetros restantes foram avaliados quanto à sua relevância para a caracterização da qualidade da água, de acordo com seu significado ambiental e sanitário (CETESB, 2009), sendo excluídos aqueles considerados não representativos para a qualidade da água.

Por fim, as observações do banco de dados selecionado foram padronizadas em escala z (média 0 e desvio padrão 1: $Z=(X - \mu)/\sigma$), para eliminar a influência de diferentes unidades de medida dos parâmetros de qualidade da água, fazendo com que as variáveis possuam a mesma contribuição na análise (VICINI, 2005). Esse procedimento foi adotado apenas para aplicação das análises multivariadas.

4.3.2 Análise descritiva do banco de dados

Foi calculada a estatística descritiva dos dados brutos (não padronizados) de cada parâmetro da qualidade da água, em cada estação de monitoramento, selecionados para aplicação das análises multivariadas. A estatística descritiva consistiu em apresentar os valores mínimo e máximo, a média, o desvio padrão, a média geométrica, os percentis (25, 50 – mediana e 75) e os coeficientes de assimetria e curtose.

A distribuição dos dados foi verificada pela aplicação do teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* ao nível de significância de 5%. Além disso, foi calculado o percentual de *outliers* pelo método exploratório da amplitude interquartis (AIQ) (NAGUETTINI e PINTO, 2007). Conforme sugerido por Hair *et al.* (2005), as ocorrências de *outliers* foram analisadas individualmente para a decisão de manutenção ou retirada desses das análises.

4.3.3 Avaliação temporal e espacial da qualidade da água

A Análise de Cluster (AC) foi empregada com o objetivo de avaliar a similaridade dos meses do ano (variação temporal) e das estações de monitoramento (variação espacial) em função das concentrações dos parâmetros de qualidade da água mensurados. Para isto, foi utilizado o método aglomerativo hierárquico, de ligação completa, considerando a distância euclidiana

como medida de dissimilaridade. A análise temporal só foi realizada no banco de dados da bacia do rio das Velhas, que apresenta estações com frequência de monitoramento mensal.

Na avaliação temporal, verificou-se os meses agrupados pela AC representavam adequadamente as frequências trimestrais e semestrais, tradicionalmente utilizadas pelo IGAM para o monitoramento. Enquanto que para a avaliação espacial, foi analisada a localização geográfica dos grupos formados de maneira a identificar áreas cuja qualidade da água são similares na bacia hidrográfica.

As Análises de Componentes Principais (ACP) e Fatorial (AF) utilizaram a rotação *varimax*, reduzindo a complexidade do banco de dados de monitoramento, identificando os principais parâmetros responsáveis por explicar a maior variabilidade da qualidade da água e as diferentes fontes de poluição atuantes em cada grupo formados pela AC.

Visando identificar diferenças significativas entre as concentrações dos parâmetros de qualidade da água dos grupos formados pela AC, foram aplicados testes estatísticos não paramétricos (Mann-Whitney para comparação entre dois grupos; ou Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas (quando aplicável), para comparação entre mais de dois grupos), ao nível de significância (α) de 5%. Dessa forma, foi possível identificar quais parâmetros foram responsáveis por diferenciar os grupos. Gráficos *Box-plots* foram gerados para melhor visualização dos resultados.

Análise de violação dos parâmetros de qualidade da água aos limites preconizados pela legislação

Com o objetivo de verificar o ajuste dos resultados das análises multivariadas aos níveis de degradação observados nas sub-bacias e contribuir para as propostas de adequação das redes de monitoramento, foi calculada a porcentagem de violação dos parâmetros de qualidade da água à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, segundo a classe de enquadramento do corpo d'água, para cada estação de monitoramento, considerando o período selecionado anteriormente.

Foram destacados os parâmetros de qualidade da água que apresentaram 50% ou mais de violação no período analisado, denominados “parâmetros críticos”. Da mesma forma, foram destacadas as estações de monitoramento que apresentaram maior número de parâmetros críticos. Estes parâmetros e estações podem ser considerados como os mais relevantes na rede de monitoramento, pois indicam áreas de degradação e que necessitam de maior controle ambiental.

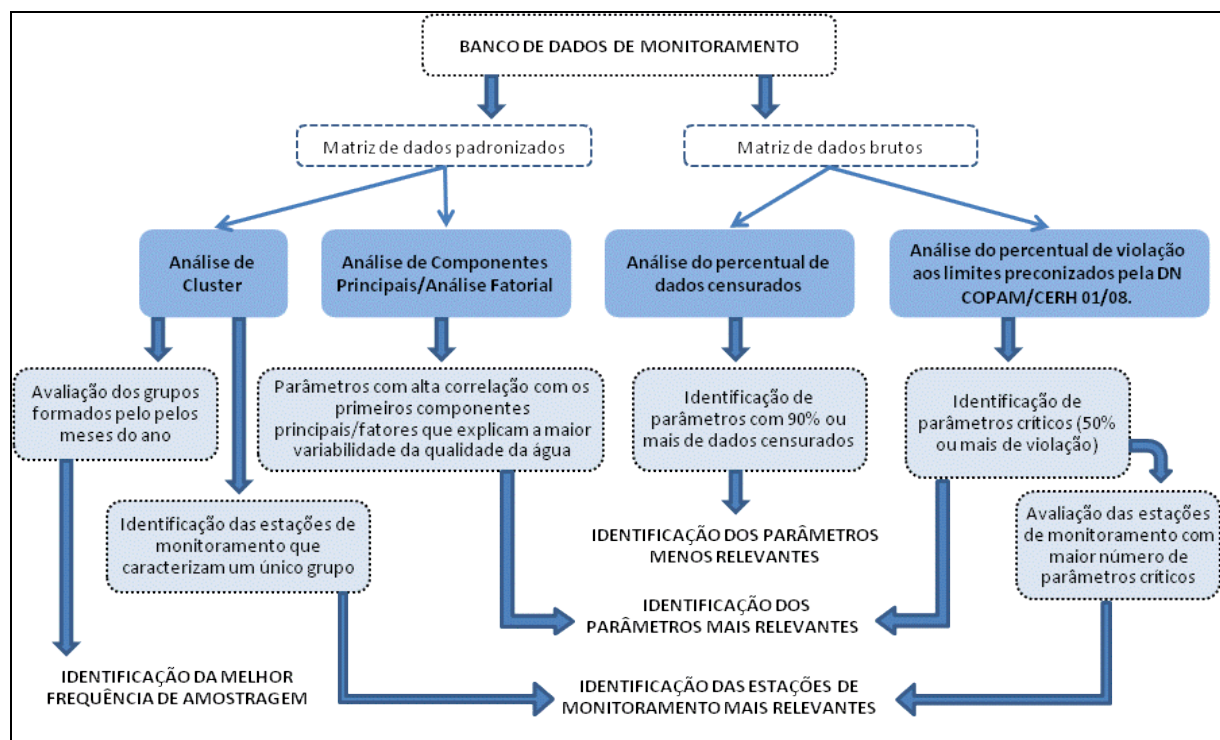
Para contribuir com a análise temporal, foi avaliado também em quais meses ocorreram as maiores violações para os principais parâmetros críticos identificados na bacia do rio das Velhas.

Por outro lado, considerou-se que os parâmetros que apresentaram 90% ou mais de dados censurados no período, não contribuem para a variação da qualidade da água, e estes, portanto, podem ser considerados como os menos relevantes.

4.3.4 Proposta de adequação das redes de monitoramento

A proposta de adequação das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias em estudo foi apresentada a partir dos principais resultados e conclusões das análises anteriores, conforme especificado no fluxograma na Figura 4.6.

Figura 4.6. Fluxograma da metodologia para a proposta de adequação das redes de monitoramento das bacias hidrográficas do rio das Velhas e do rio Paraopeba



Foram consideradas como as estações de monitoramento mais relevantes em cada sub-bacia as estações que se agruparam isoladamente na Análise de Cluster (por serem isoladas, possuem características que as diferenciam das demais) e estações com maiores quantidades de parâmetros críticos (necessitam de intervenções para melhorias na qualidade da água). Os parâmetros que explicaram a maior variabilidade da qualidade da água, como indicado pelas ACP/AF, e os considerados parâmetros críticos nas estações de monitoramento foram identificados como os mais relevantes para a caracterização da qualidade das águas superficiais.

Em relação à avaliação da melhor frequência de amostragem, esta foi avaliada a partir dos agrupamentos formados pela AC na análise temporal da qualidade das águas. Foi sugerido ainda a adoção de uma frequência de amostragem semestral para parâmetros que obtiveram mais de 90% de dados censurados no período analisado, por não demonstrarem variações na qualidade da água.

Uma avaliação mais específica foi realizada por estação de monitoramento, devido às suas características particulares. Foram destacados os parâmetros de qualidade da água mais importantes para a estação de monitoramento (50% ou mais de violação), e os menos relevantes (90% ou mais de dados censurados), com destaque para os que não tiveram violações no período de estudo. Além disso, foi sugerido o retorno do monitoramento de parâmetros que apresentaram 50% ou mais de violações em poucas medições (menos de dez), destacando-os como possíveis parâmetros críticos na estação de monitoramento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rede de monitoramento da bacia do rio das Velhas tem uma característica peculiar, que é a adoção de frequência de monitoramento mensal em algumas estações da calha do rio principal. Por isso, os resultados deste trabalho foram divididos em três sub-capítulos: o primeiro referente à avaliação dos dados com frequência de monitoramento mensal da bacia do rio das Velhas, o segundo correspondente à avaliação de dados com frequência trimestral na bacia do rio das Velhas, e o terceiro, à avaliação de dados com frequência trimestral da bacia do rio Paraopeba.

5.1 *Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas utilizando dados de frequência de amostragem mensal*

5.1.1 Organização do banco de dados com frequência de amostragem mensal

O monitoramento com frequência mensal na bacia do rio das Velhas foi iniciado no segundo semestre de 2008 e é realizado em algumas estações de monitoramento da calha do rio das Velhas. Como apresentado no Quadro I.1 do Apêndice I, dezoito estações apresentaram monitoramento contínuo de dezessete parâmetros, na frequência mensal, desde o segundo semestre de 2008. Para evitar que os dados faltantes do primeiro semestre de 2008 inutilizem os dados do primeiro semestre dos demais anos, foram selecionados para estudo os dados monitorados entre os anos de 2009 e 2013. O parâmetro temperatura do ar não foi considerado nas análises estatísticas multivariadas por não estar intimamente relacionado com a qualidade das águas superficiais.

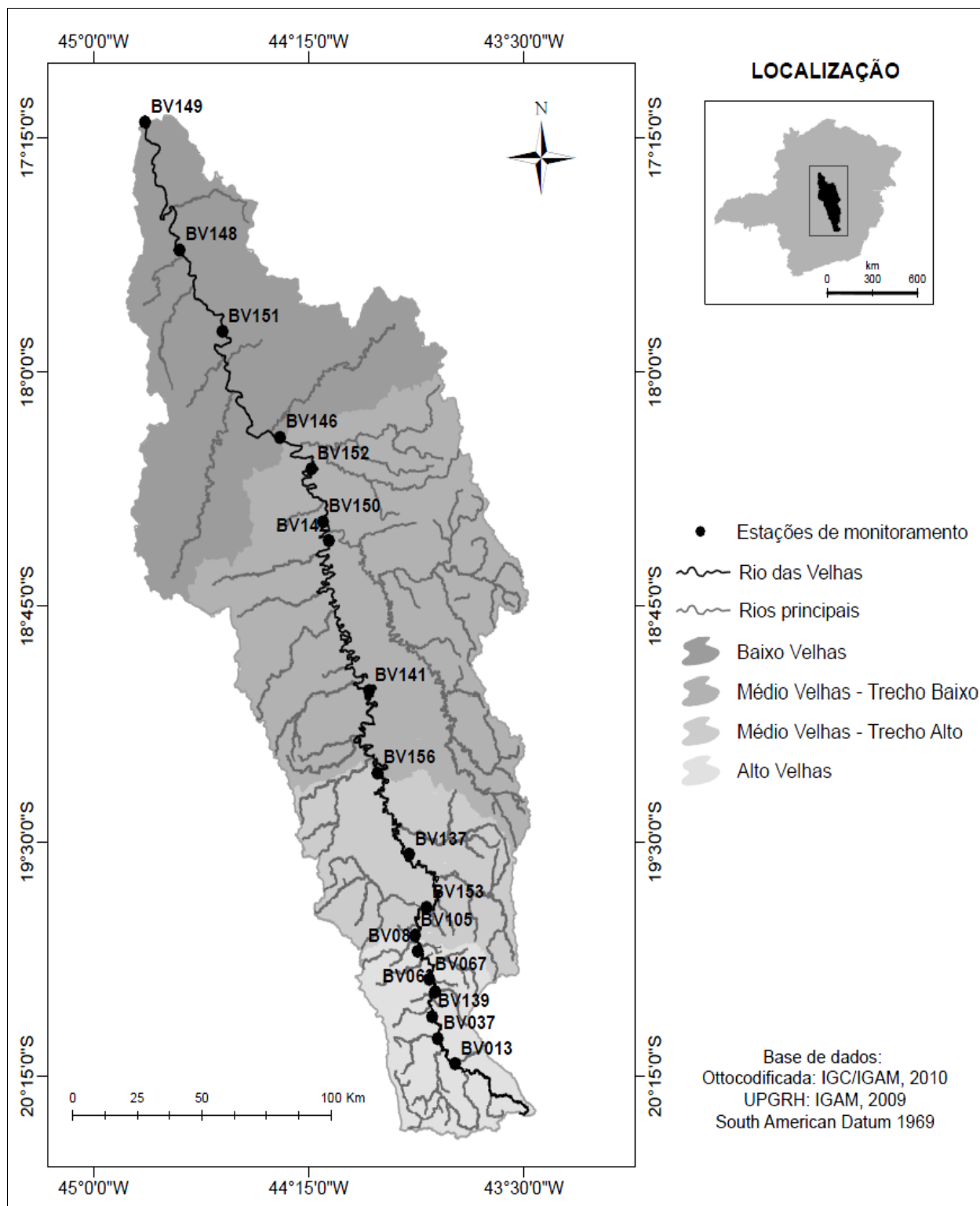
Portanto, o banco de dados com frequência de monitoramento mensal da bacia do rio das Velhas, selecionado para aplicação das análises multivariadas é composto por 18 estações de monitoramento, localizadas na calha do rio das Velhas. Os 16 parâmetros de qualidade da água (Quadro 5.1) foram obtidos em 60 coletas por estação de monitoramento, entre 2009 e 2013, correspondendo a um total de 17.252 observações válidas.

Quadro 5.1. Estações de monitoramento e parâmetros de qualidade da água (de frequência mensal) selecionados para aplicação da análise multivariada

Estações de monitoramento	Parâmetros
BV013, BV037, BV063, BV067, BV083, BV105, BV137, BV139, BV141, BV142, BV146, BV148, BV149, BV150, BV151, BV152, BV153 e BV156	Arsênio total, Cloreto total, Clorofila <i>a</i> , Coliformes termotolerantes, Condutividade elétrica <i>in loco</i> , Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Densidade de cianobactérias, Feoftina- <i>a</i> , Fósforo total, Nitrato, Oxigênio dissolvido, pH <i>in loco</i> , Sólidos totais, Temperatura da água, Turbidez

As localizações geográficas das estações de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, estão apresentadas na Figura 5.1, e sua descrição no Quadro II.1, do Apêndice II.

Figura 5.1. Localização geográfica das estações de monitoramento do rio das Velhas, com frequência de monitoramento mensal.



5.1.2 Análise descritiva do banco de dados com frequência de amostragem mensal

No Apêndice II estão apresentadas as estatísticas descritivas (Tabela II.1), o p-valor resultante do teste de normalidade de Shapiro-Wilk ao nível de significância α de 5% (Tabela II.2) e a porcentagem de *outliers* (Tabela II.3), calculados para cada parâmetro de qualidade da água em cada estação de monitoramento.

Comparando as medianas dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento, é possível identificar estações cuja qualidade da água se destaca em relação às demais. Destacam-se as estações BV105, BV137, BV141, BV142, BV153 e BV156 como aquelas que apresentaram as medianas mais altas para a maioria dos parâmetros, e menores para oxigênio dissolvido (a maioria com valores menores que 5,0mg/L, o mínimo permitido pela DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008, para corpos d'água de classe 2), o que indica alta degradação da qualidade da água nessas regiões. As estações BV083, BV105 e BV153 podem ser indicadas como as mais afetadas por esgoto doméstico, visto que a mediana do parâmetro coliformes termotolerantes, indicador de contaminação fecal, é o valor máximo do limite de detecção do método analítico de mensuração (160.000 NMP/100mL). De acordo com IGAM (2013b), estas estações de monitoramento recebem esgoto doméstico de Belo Horizonte e Sabará (BV083); Belo Horizonte e Contagem (BV105); RMBH, Matozinhos, Vespasiano, Ribeirão das Neves e Pedro Leopoldo (BV153).

As estações BV142, BV146, BV148, BV149, BV150 e BV151 se destacam em relação à alta concentração de feofitina-*a* nas amostras de qualidade da água (valores de medianas entre 5,93 a 8,68, enquanto que as demais estações de monitoramento obtiveram valores entre 1,24 a 5,28), constatando a presença de algas nestas estações. Este resultado indica um ambiente aquático enriquecido de nutrientes, como comprovam as medianas de nitrato para estas estações de monitoramento. Esses nutrientes são provenientes de contaminações orgânicas a montante destas estações, e também de poluição difusa de agricultura. Pode-se concluir também, baseando ainda nas medianas, que as estações de monitoramento BV013, BV037, BV063, BV067 e BV139 apresentam melhor qualidade da água comparada às demais, pois obtiveram os menores valores para a maioria dos parâmetros analisados. Todavia, todas essas informações devem ser confirmadas pelas análises estatísticas.

Em relação à normalidade dos dados de monitoramento, a maioria deles apresentaram distribuição assimétrica, conforme resultados do teste de Shapiro-Wilk, ao nível de significância de 5%, resultado que era esperado em se tratando de dados ambientais (CARVALHO, 2003).

Dentre os dezesseis parâmetros da qualidade da água analisados, apenas a distribuição dos dados da temperatura da água foram considerados simétricos para todas as estações de monitoramento.

Identificados os *outliers* no banco de dados de monitoramento, eles foram avaliados individualmente quanto à probabilidade de sua ocorrência. Verificou-se que os *outliers* são passíveis de ocorrer, não podendo ser considerados como erros de mensuração ou transcrição. Por isso, optou-se pela manutenção de todos eles nas análises.

5.1.3 Avaliação temporal da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem mensal

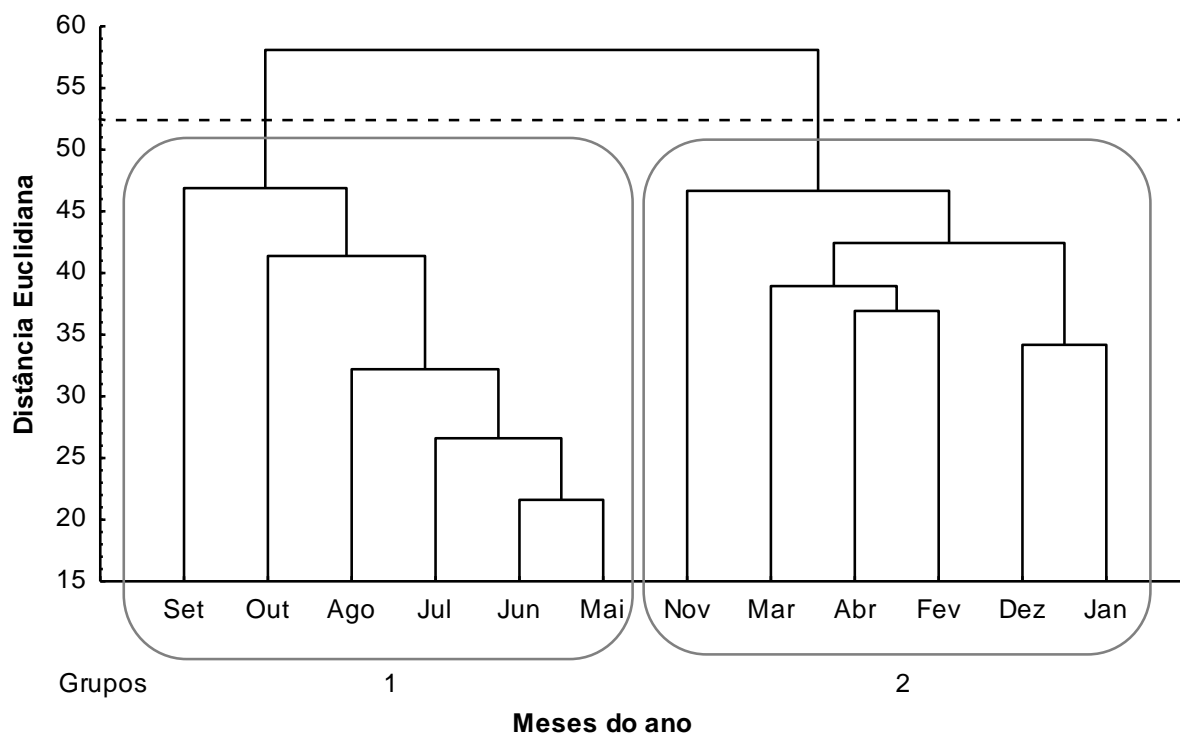
A Análise de Cluster foi utilizada para comparar a variabilidade da qualidade da água entre os doze meses do ano nas 18 estações de monitoramento da calha do rio das Velhas. Para a determinação da linha de corte no dendograma resultante, foram analisadas as distâncias nas quais os grupos foram formados (Tabela 5.1), e adotado o valor médio de uma das maiores distâncias de ligação encontradas, que neste caso, foi de 52,49, referente à distância entre os agrupamentos 10 e 11. Neste caso, foi considerada a distância extrema por apresentar a formação mais coerente dos agrupamentos.

Tabela 5.1. Valores das distâncias de ligação nas quais os agrupamentos foram formados ao longo dos passos de agrupamento.

Distância de ligação	Agrupamentos												Diferença entre os valores de ligação (saltos)	
21,61	1	Mai	Jun										-	
26,61	2	Mai	Jun	Jul								5,00		
32,21	3	Mai	Jun	Jul	Ago						5,60			
34,18	4	Jan	Dez									1,97		
36,92	5	Fev	Abr								2,74			
38,94	6	Fev	Abr	Mar						2,01				
41,38	7	Mai	Jun	Jul	Ago	Out						2,44		
42,44	8	Jan	Dez	Fev	Abr	Mar						1,05		
46,66	9	Jan	Dez	Fev	Abr	Mar	Nov					4,23		
46,88	10	Mai	Jun	Jul	Ago	Out	Set						0,22	
58,09	11	Jan	Dez	Fev	Abr	Mar	Nov	Mai	Jun	Jul	Ago	Out	Set	11,21

Dessa forma, a Análise de Cluster temporal gerou um dendograma que agrupou os doze meses em dois grupos, como apresentado na Figura 5.2. Os dois grandes grupos foram: Grupo 1, formado pelos meses de Maio, Junho, Julho, Agosto Setembro e Outubro e Grupo 2 formado pelos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril.

Figura 5.2. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados mensais da bacia do rio das Velhas, referente ao período de 2009 a 2013: 12 meses, 16 parâmetros e 18 estações de monitoramento.



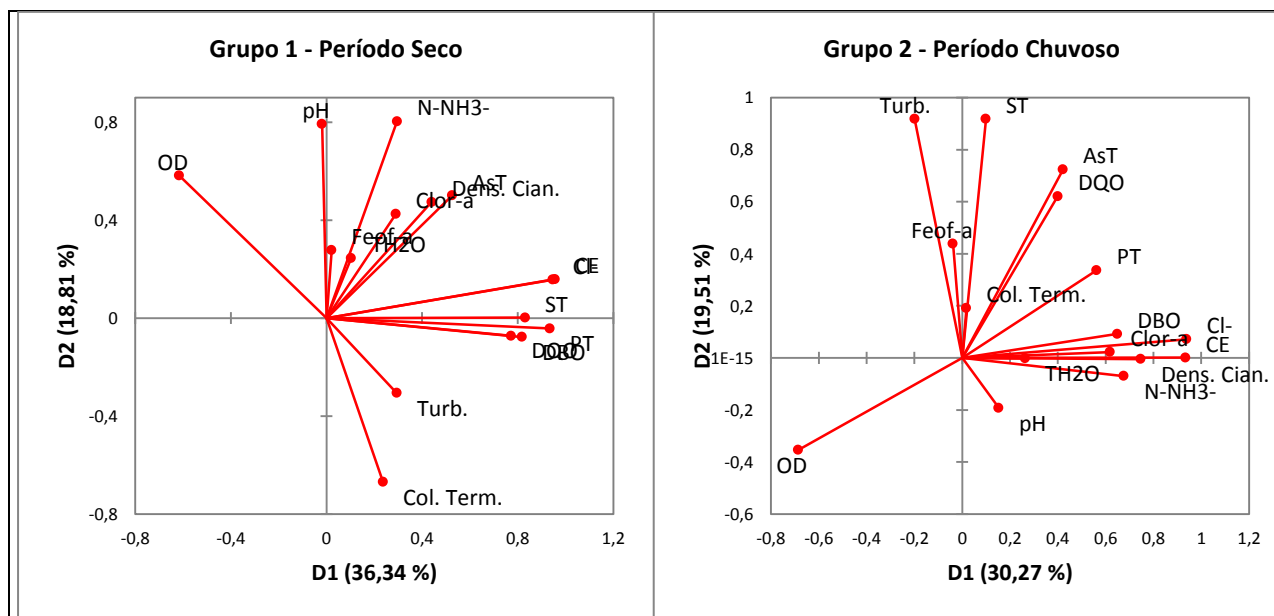
É possível perceber a influência da sazonalidade nos agrupamentos formados, pois o grupo 1 contém mais meses característicos da época de estiagem e o grupo 2, da época chuvosa. O mês de abril, que pertence aos meses de estiagem na tradicional divisão, foi agrupado aos meses de época chuvosa, enquanto que o mês de outubro, antes considerado como chuvoso, foi agrupado juntamente com os meses da época de estiagem. Este fato pode ser justificado pelas variações hidrológicas que têm ocorrido nos últimos anos e por serem meses de transição. Uma fragilidade, frequentemente relatada, está na análise de dados de concentração e não de carga, onde as diferenças estariam destacadas de forma muito mais fidedigna (ALMEIDA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2013).

Observa-se maiores distâncias euclidianas entre os meses do período chuvoso comparadas aos meses do período seco. Esta variabilidade das distâncias euclidianas entre os meses reforça a necessidade da adoção de uma frequência mensal. Em função do elevado custo, tal frequência poderia ser adotada apenas para os parâmetros considerados mais relevantes nas estações de monitoramento do rio das Velhas, ou seja, aqueles responsáveis pela degradação da qualidade da água e que caracterizam as principais fontes de poluição. Parâmetros com menor relevância poderiam ser amostrados com frequência trimestral, ainda que esta não seja tão representativa da qualidade da água. Para uma frequência semestral deveriam ser selecionados apenas os

parâmetros com 90% ou mais de dados censurados, já que não apresentam variações que mereçam ser investigadas.

Os resultados das Análises de Componentes Principais e Fatorial indicaram os principais parâmetros que caracterizam a qualidade da água em cada agrupamento da AC, cuja variabilidade explicada foi em torno de 70%, para ambos agrupamentos. O valor das cargas fatoriais de cada parâmetro para cada fator e a variabilidade da qualidade da água explicada por cada fator estão apresentados na Tabela II.4 do Apêndice II. É possível visualizar nos gráficos das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* (Figura 5.3), que o primeiro fator de todos os grupos, e que explica a maior variabilidade da qualidade da água, está diretamente relacionado à presença de íons dissolvidos na água (condutividade elétrica), ao cloreto total, à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e ao fósforo total, e negativamente com o oxigênio dissolvido.

Figura 5.3. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes à análise temporal do banco de dados de monitoramento mensal do rio das Velhas.



De acordo com CETESB (2009), a condutividade elétrica é considerada uma medida indireta da concentração de poluentes na água. O cloreto total pode indicar despejos de esgotos sanitários (já que cada pessoa expele cerca de 4g de cloreto por dia através da urina) ou de efluentes industriais (indústria de petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, dentre outros). A concentração de fósforo total no rio das Velhas pode ser proveniente das descargas de esgotos sanitários (matéria orgânica fecal e detergentes fosfatados), efluentes industriais (indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e

laticínios) ou por drenagem de áreas agrícolas e urbanas. A correlação de DBO com este fator retrata e confirma uma alta concentração de matéria orgânica biodegradável nas águas superficiais do rio das Velhas. Em sentido oposto, destaca-se o oxigênio dissolvido, confirmando que o aumento da concentração destes parâmetros deteriora a qualidade da água. Por isso, a associação destes parâmetros indica que a qualidade da água do rio das Velhas, durante todo o ano é afetada pelo despejo de esgoto doméstico e de efluentes industriais contendo matéria orgânica biodegradável.

O fator dois diferencia os grupos, pois está relacionado principalmente às variações hidrológicas nos meses do ano. O fator dois no agrupamento um, cujos meses se associam à época de estiagem, está correlacionado com nitrato, pH e densidade de cianobactérias. O aumento da concentração de nitrato no meio aquático é proveniente da degradação da matéria orgânica, a baixa turbidez (permitindo a passagem de luz na coluna d'água) e as águas calmas favorecem a floração de algas, inclusive de cianobactérias, que alteram o pH do meio (KROGMANN, 1986). Estes resultados corroboram dos obtidos por Ferraz (2012), que identificou maior floração de cianobactérias na bacia do rio das Velhas no período de estiagem, e cujos resultados da Análise de Componentes Principais demonstraram uma correlação positiva com pH e nitrato, e negativa para turbidez.

Ao contrário, o fator dois do segundo grupo, que contém meses característicos da época chuvosa, está correlacionado com os parâmetros arsênio total, turbidez, sólidos totais e demanda química de oxigênio (DQO), sendo o escoamento superficial responsável pelo aumento dos teores destes parâmetros nas águas superficiais do rio das Velhas. O arsênio é um mineral presente naturalmente no solo da bacia do rio das Velhas, mas o aumento de sua concentração nas águas superficiais é agravado por atividades de mineração de ouro, principalmente na região do Alto Velhas (BORBA *et al.*, 2000). Christofaro e Leão (2009) também identificaram maior concentração de arsênio total na bacia do rio das Velhas no período chuvoso.

Os parâmetros turbidez e sólidos totais estão intimamente relacionados, e o aumento destes no período das chuvas se justifica pelo carreamento de sólidos para o corpo d'água por meio do escoamento superficial, principalmente em locais de solo exposto. Este fato resulta, conseqüentemente, no aumento da DQO, pois o carreamento de sólidos orgânicos aumenta a concentração de matéria orgânica biodegradável e não biodegradável nas águas superficiais.

O teste não paramétrico de Mann-Whitney identificou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos da AC para todos os parâmetros, exceto para as concentrações de fósforo total e feoftina-

a. Como pode-se observar no Quadro 5.2, o arsênio total, sólidos totais, turbidez e DQO são significativamente maiores no período chuvoso, enquanto que o pH, nitrato e densidade de cianobactérias possuem concentrações significativamente maiores no período de estiagem, o que corrobora os resultados obtidos pela Análise Fatorial. Além disso, o aumento da concentração de oxigênio dissolvido na época de estiagem pode estar associado à proliferação de algas, que liberam oxigênio no meio aquático durante a fotossíntese (CETESB, 2009). Os gráficos *box-plots* das concentrações dos parâmetros de qualidade da água nos dois grupos formados pela AC estão apresentados no Apêndice II, Figura II.1.

Quadro 5.2. Resultados do teste não paramétrico de Mann-Whitney, ao nível de significância de 5%, aplicado às concentrações dos parâmetros de qualidade da água para diferenciar os grupos formados pela Análise de Cluster.

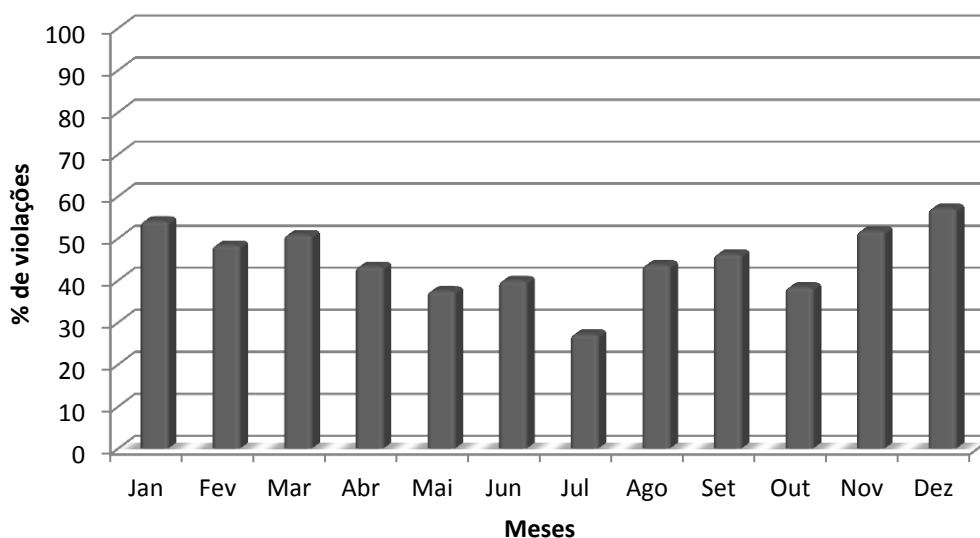
Grupos/ Período	Parâmetros															
	As _T	Cl ⁻	Clor- <i>a</i>	Col. Term.	CE	DBO	DQO	Dens. Cian.	Feof- <i>a</i>	P _T	N-NH ₃ ⁻	OD	pH	ST	T _{H2O}	Turb.
1 (Seco)	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	=	=	↑	↑	↑	↓	↓	↓
2 (Chuvoso)	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	=	=	↓	↓	↓	↑	↑	↑

↑ Concentrações significativamente maiores que o outro grupo
 ↓ Concentrações significativamente menores que o outro grupo
 = Não há diferença significativa entre os grupos

5.1.3.4 Análise de violação dos parâmetros mensais de qualidade da água aos limites preconizados pela legislação, por mês

Os resultados da análise de violação permitiram identificar os meses nos quais ocorreram a maior quantidade de violações dos parâmetros considerados críticos (50% ou mais de violações no período avaliado) na bacia do rio das Velhas. Como será apresentado na análise espacial da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, utilizando dados de monitoramento mensais, os principais parâmetros críticos identificados foram coliformes termotolerantes, manganês total, arsênio total, fósforo total, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão totais e ferro dissolvido (item 5.1.3.4, Figura 5.8). Foi calculada a porcentagem de violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/2008 (Apêndice III, Quadro III.2), destes parâmetros críticos, em cada mês do ano, considerando o período de 2009 e 2013, como apresentado na Figura 5.4.

Figura 5.4. Porcentagem de violações dos parâmetros de qualidade da água à DN COPAM/CERH 01/2008 por mês, nas estações de monitoramento de frequência mensal no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013.



Nota-se que os parâmetros violam os limites da legislação durante todo o ano, entretanto, essas violações são mais frequentes no período chuvoso. A menor porcentagem de violações foi verificada em julho, enquanto que as maiores foram nos meses de janeiro e dezembro (cujas violações foram detectadas em mais da metade das amostras coletadas). Estes resultados podem ser explicados pelo constante lançamento de esgoto doméstico e de efluentes industriais sem tratamento adequado durante todo o ano, e pelo arraste de sólidos totais, arsênio, dentre outros compostos, para a calha do rio na época chuvosa, como indicado pela Análise Fatorial.

5.1.4 Avaliação de espacial da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem mensal

Para a avaliação espacial da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, a Análise de Cluster agrupou as dezoito estações de monitoramento em sete agrupamentos, utilizando a distância euclidiana de 29,9, conforme apresentado no dendograma (Figura 5.5). Agrupamentos semelhantes das estações da calha do rio das Velhas também foram encontrados por Almeida (2013) e Jardim (2011). Os agrupamentos formados possibilitaram a divisão do rio das Velhas em sete diferentes grupos, como apresentado na Figura 5.6, que não representa as reais distâncias entre elas, servindo apenas para localizá-las na ordem de posição na calha do rio das Velhas.

Figura 5.5. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados mensais da bacia do rio das Velhas, referente ao período de 2009 a 2013: 12 meses, 16 parâmetros e 18 estações de monitoramento.

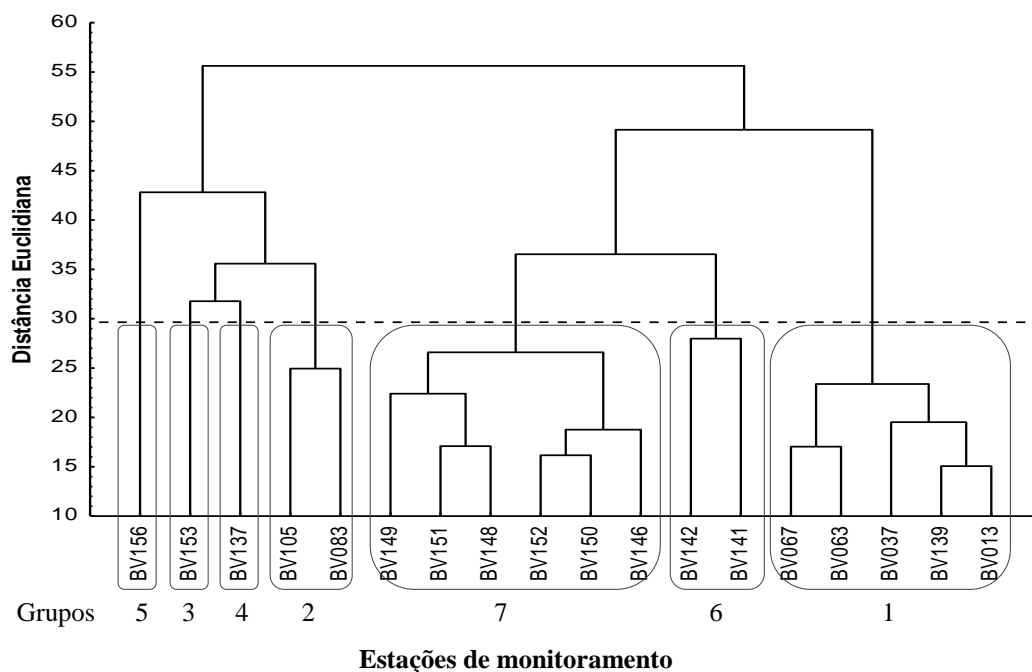
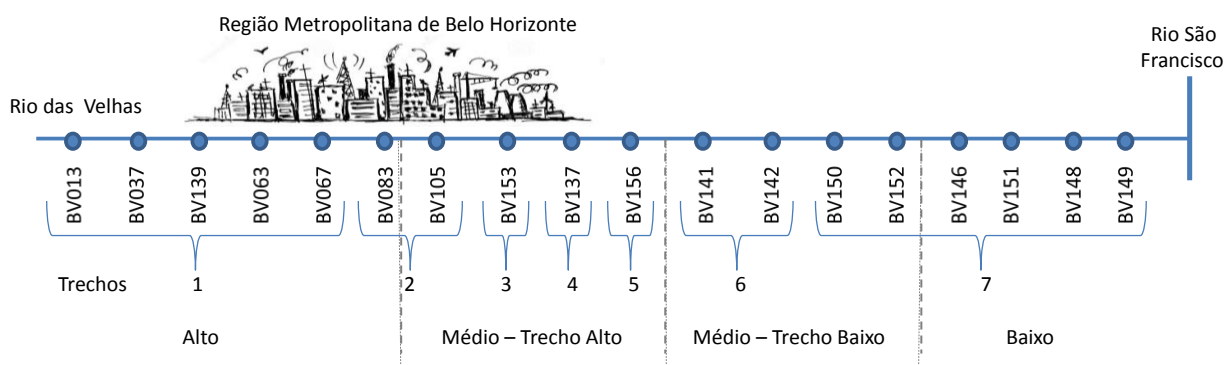


Figura 5.6. Localização dos grupos formados pela AC na calha do rio das Velhas, com estações de monitoramento com frequência mensal



Os resultados refletem diferentes condições da qualidade da água do rio das Velhas em sua extensão, mas verifica-se uma maior variabilidade desta na RMBH e a sua jusante, justificada pelas diferentes cargas de poluentes recebidos nesta região.

É interessante destacar os passos da formação dos agrupamentos, pois estes remetem até mesmo similaridades entre eles. Inicialmente, as estações de monitoramento na calha do rio das Velhas foram agrupadas em dois grandes grupos, sendo o menor correspondente às estações da Região Metropolitana de Belo Horizonte, justamente pela maior degradação da qualidade da água nesta região (grupos 2, 3, 4 e 5). O grupo maior, correspondente às demais estações de monitoramento, com uma menor distância euclidiana é subdividido em dois grupos, um que representa as

estações a montante (grupo 1), e o outro a jusante da RMBH (grupos 6 e 7), o que comprova a influência desta na qualidade das águas do rio das Velhas.

As estações de monitoramento BV153, BV137 e BV156, que representam os grupos 3, 4 e 5, respectivamente, podem ser destacadas como relevantes na calha do rio das Velhas, por terem sido agrupadas isoladamente. Estes resultados corroboram em parte os de Almeida (2013), que, utilizando o método da entropia, indicou as estações BV141, BV142 (correspondentes ao grupo 6 deste trabalho) como as prioritárias de manutenção na calha do rio das Velhas, seguida das estações BV153 e BV156.

Os grupos 1 e 7 são os que possuem mais estações de monitoramento com qualidade da água similar, e por isso, deve-se analisar nestes grupos a existência de estações equivalentes, ou seja, estações que estejam fornecendo as mesmas informações, por sofrerem impactos semelhantes.

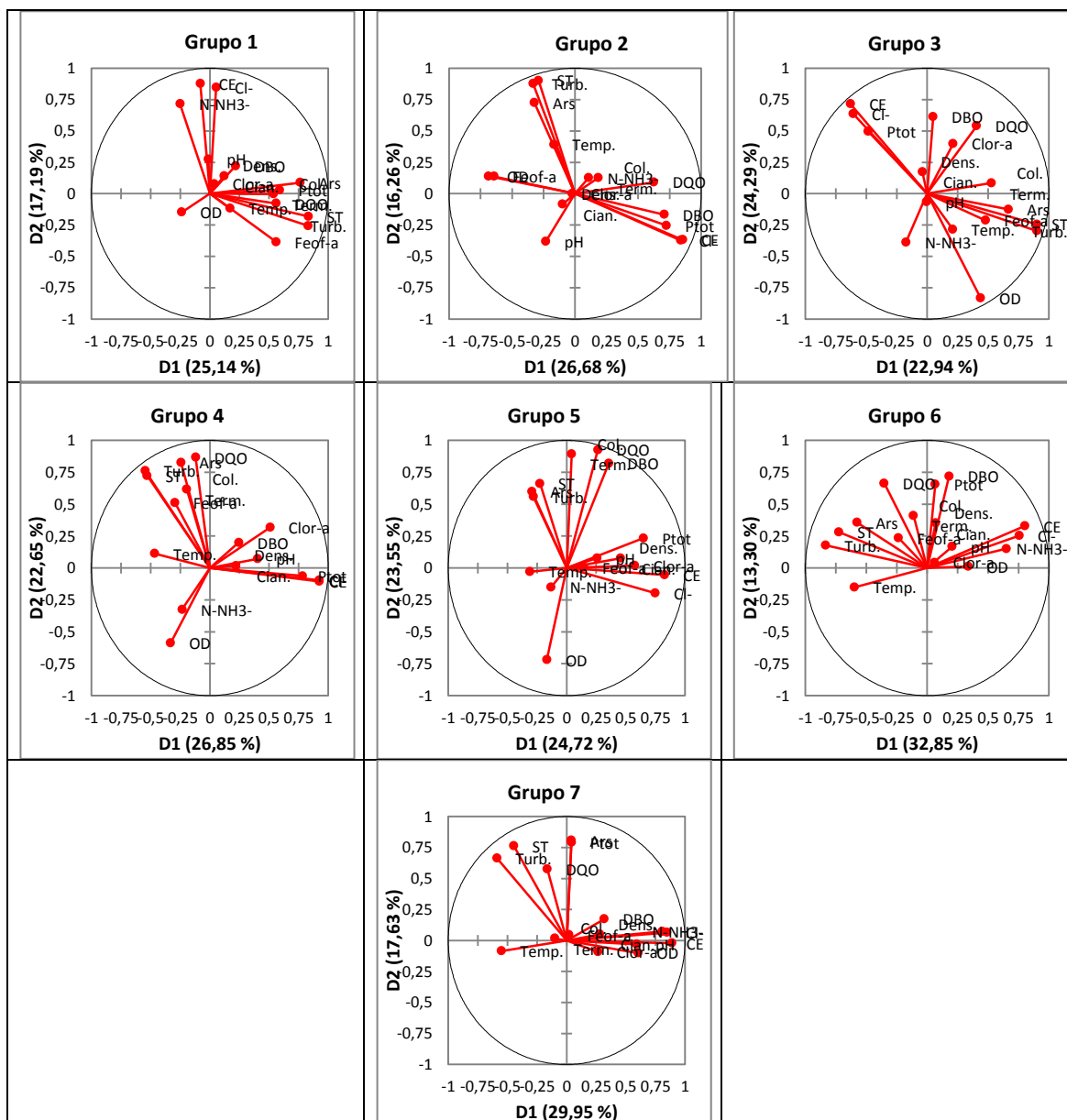
Os resultados da ACP e a AF conseguiram explicar de 60,8 a 74,5% da variabilidade total da qualidade da água das estações de monitoramento mensal do rio das Velhas, retendo de 3 a 5 fatores. As cargas fatoriais de cada parâmetro, para cada fator retido estão apresentadas na Tabela II.5 do Apêndice II. Os gráficos das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* (Figura 5.7), demonstram as diferenças dos principais parâmetros de qualidade da água entre os agrupamentos formados pela AC.

O grupo 1, representado por estações do Alto Velhas, tem 25% da sua variabilidade da qualidade da água explicada pelo fator um, que é altamente correlacionado com os parâmetros arsênio dissolvido, sólidos totais e turbidez, e por isso, este fator pode ser associado à atividades minerárias. Essa informação é pertinente, pois é na região do Alto Velhas na qual se localiza o Quadrilátero Ferrífero, importante área de mineração do estado de Minas de Gerais, que contribui com o aumento da concentração de arsênio na água superficial (BORBA *et al.*, 2000; MURCOTT, 2012). De acordo com Costa (2014), estas estações de monitoramento do Grupo 1 não apresentam tendências de diminuição da concentração de arsênio, sendo que a maioria apresentam tendências de elevação.

O grupo 2 é representado pelas estações BV083 e BV105, que se localizam nas cidades de Sabará e Santa Luzia, logo a jusante do Ribeirão Arrudas e do Ribeirão do Onça, respectivamente. Estes ribeirões recebem esgotos domésticos destes municípios, considerados com condição mais crítica para a qualidade da água na bacia do rio das Velhas (IGAM, 2013a). Por isso, o fator 1 deste grupo está correlacionado positivamente com parâmetros de matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico (DBO, DQO, fósforo total, cloreto total,

condutividade elétrica), e negativamente correlacionado com o oxigênio dissolvido. Portanto, as estações BV083 e BV105 são relevantes no rio das Velhas, pois monitoram dois dos principais pontos de poluição.

Figura 5.7. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento mensal do rio das Velhas.



Os grupos 3, 4 e 5 (estações BV153, BV137 e BV156, respectivamente) possuem seus dois primeiros fatores correlacionados com parâmetros de qualidade da água característicos de atividades minerárias e matéria orgânica. Esse comportamento era esperado visto que essas estações de monitoramento se localizam a jusante das áreas de mineração do Alto Velhas e do lançamento de esgotos das cidades de Sabará e Santa Luzia.

As estações de monitoramento do grupo 6 (BV141 e BV142) se encontram em uma etapa de transição da qualidade da água do rio das Velhas. As principais fontes de poluição predominantes no rio das Velhas, que antes consistiam em atividades minerárias, esgoto doméstico e industrial, agora são representadas pela agricultura e áreas de pastagens. A estação BV141 se localiza próxima ao pólo industrial de Sete Lagoas e a estação BV142, próxima à fazendas, pastagens e plantações.

O grupo 7 (estações BV150, BV152, BV146, BV151, BV148 e BV149), último grupo agrupado, tem 66,5 % da variabilidade da qualidade da água explicada por três fatores. O primeiro fator está relacionado à poluição difusa por agricultura (alta correlação com nitrato, cloreto total e condutividade elétrica). O segundo fator está altamente correlacionado com arsênio total, fósforo total e sólidos totais, e apresenta uma correlação moderada com DQO e turbidez. Este fator pode representar o solo exposto da região (áreas de pastagem) e o enriquecimento do meio aquático proveniente da decomposição da matéria orgânica. E o terceiro fator, possui correlação no mínimo moderada com os parâmetros clorofila-*a*, DBO, densidade de cianobactérias, feoftina-*a*, oxigênio dissolvido e pH, indicando a proliferação de algas. Estes resultados são comprovados por Jardim (2011) que identificou a floração de cianobactérias nas estações de monitoramento dos grupos 6 e 7.

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) para as concentrações de todos os parâmetros de qualidade da água analisados, entre os grupos formados pela AC. Os gráficos *box-plots* gerados e os resultados do teste de comparações múltiplas estão apresentados na Figura II.2 (Apêndice II).

A partir dos resultados do teste de comparações múltiplas é possível afirmar que os grupos 1 e 7, correspondentes aos grupos inicial e final do rio das Velhas, possuem melhor qualidade da água que os demais. Nesses grupos, a concentração de cloreto total, condutividade elétrica, DBO, DQO, fósforo total e sólidos totais são significativamente menores em relação aos demais grupos, enquanto que a concentração de oxigênio dissolvido, é significativamente maior, ao nível de significância de 5%. Apesar disso, as concentrações da maioria dos parâmetros analisados são significativamente maiores no grupo 7 em relação ao grupo 1, o que é justificado pelo fato destas estações estarem a jusante da RMBH. Todavia, o grupo 1 apresenta maior concentração significativa de coliformes termotolerantes em relação ao grupo 7, devido à maior concentração populacional no Alto Velhas e ao lançamento de esgoto doméstico sem tratamento adequado nesta região.

A concentração de matéria orgânica se destaca nos grupos 2, 3 e 4 (RMBH e a jusante desta), pois os parâmetros DBO, DQO e fósforo total são significativamente maiores nestas regiões. Apesar da semelhança entre a qualidade da água dos grupos 2, 3 e 4, as concentrações dos poluentes diferem significativamente entre os grupos, o que justifica esta formação. A presença de esgoto doméstico é mais intensa nos grupos 2 e 3, nos quais a concentração de coliformes termotolerantes e a DBO são significativamente maiores. Por outro lado, os agrupamentos 3 e 4 possuem maior concentrações de cloreto total, CE, clorofila-*a* e cianobactérias. Dentre os três grupos, o grupo 2 é o que apresenta maiores concentrações de oxigênio dissolvido.

A concentração de arsênio vai aumentando significativamente ao longo da calha do rio das Velhas, sendo as maiores concentrações verificadas nos grupos 5 e 6. É complicado afirmar a fonte de poluição neste caso pois não se sabe os níveis basais de arsênio na calha do rio das Velhas.

As concentrações de nitrato são maiores significativamente nos últimos grupos da calha do rio das Velhas (grupos 5, 6 e 7), proveniente da decomposição da matéria orgânica e da poluição difusa. O pH é significativamente maior nos grupos 6 e 7, e pode ser justificado pela drenagem de produtos aplicados ao solo na agricultura. Por ser um ambiente aquático enriquecido com nutrientes e com elevada temperatura, o desenvolvimento de algas é mais propício, como comprovado pela maior concentração de feoftina-*a* nos grupos 4, 6 e 7 e temperatura da água nos grupos 5, 6 e 7. Os grupos iniciais do rio das Velhas (1 e 2) possuem as menores concentração de clorofila-*a* e densidade de cianobactérias.

Dessa forma, os resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas, confirmaram os obtidos pelas análises estatísticas multivariadas na avaliação espacial da qualidade da água do rio das Velhas.

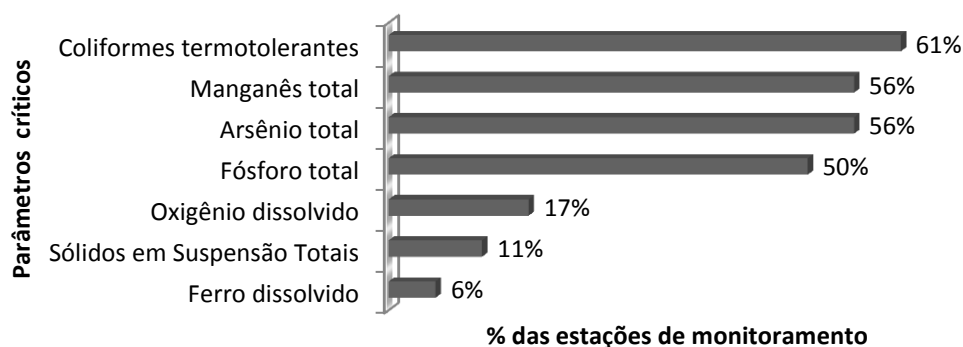
5.1.3.4 Análise de violação dos parâmetros mensais de qualidade da água aos limites preconizados pela legislação

Dos parâmetros de qualidade da água amostrados na bacia do rio das Velhas no período de julho/2008 a dezembro/2013, apenas 36 possuem valores regulatórios na DN COPAM/CERH nº01/2008, apresentados no Apêndice III (Quadro III.2). Os parâmetros mercúrio total, sulfeto e cianeto total foram desconsiderados das análises, visto que algumas de suas observações se encontraram abaixo do limite de detecção do método analítico e este limite é maior que o limite legal preconizado pela legislação estadual. Desse modo, não foi possível fazer qualquer inferência sobre o comportamento destes três parâmetros.

A condição de qualidade da água para o parâmetro físico “cor verdadeira” para a classe 1 é estipulado como “nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L”. Esta informação é vaga, visto que não se sabe o valor correspondente ao nível de cor natural do curso d’água. Dessa forma, considerou-se para “cor natural” da classe 1 o mesmo limite fixado para as classes 2 e 3. Ainda conforme a legislação estadual, óleos e graxas devem ser “virtualmente ausentes” no corpo d’água. Para análise da violação desse parâmetro, considerou-se como violação os valores acima do limite de detecção do método analítico.

Os resultados da análise de violação dos parâmetros de qualidade da água aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/2008 indicaram os parâmetros coliformes termotolerantes, manganês total, arsênio total e fósforo total como os parâmetros mais relevantes no monitoramento da qualidade da água superficial do rio das Velhas. Estes parâmetros são considerados críticos (50% ou mais de violação entre 2009 a 2013) em mais da metade das estações de monitoramento analisadas, conforme demonstra a Figura 5.8.

Figura 5.8. Porcentagem de estações de monitoramento de frequência mensal no rio das Velhas para os respectivos parâmetros críticos, considerando o período entre 2009 e 2013.



As altas violações do parâmetro coliformes termotolerantes indicam que o lançamento de esgotos doméstico sem tratamento é a principal fonte de poluição que atua na qualidade das águas do rio das Velhas. A alta concentração de manganês nas águas superficiais pode ser proveniente de diversas atividades antrópicas. Este metal é amplamente utilizado no ramo siderúrgico (produção de aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias), indústrias têxteis (tintas), e outras indústrias químicas (vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes) (CETESB, 2009). Além disso, a intensa atividade minerária desenvolvida na região do Quadrilátero Ferrífero é uma das principais contribuintes para o aporte de manganês no rio das Velhas. Deve-se atentar também que a ocorrência de manganês pode ser natural do solo da região (CHRISTOFARO E LEÃO, 2009), entretanto, não se sabe a concentração basal “background” deste metal no rio das Velhas.

A alta concentração de fósforo total também é justificada pela descarga de esgotos sanitários, proveniente da matéria orgânica lançada e de detergentes utilizados em larga escala domesticamente. Águas de drenagem de áreas agrícolas e urbanas e outros efluentes industriais também contribuem para o aumento da concentração de fósforo nas águas superficiais.

Dentre estes parâmetros, somente o manganês não foi considerado na análise multivariada. Por isso, recomenda-se um monitoramento mensal deste parâmetro nas estações de monitoramento da calha do rio das Velhas. Os demais parâmetros foram considerados nos primeiros componentes principais dos grupos analisados na ACP e AF, o que confirma seus resultados.

De acordo com a quantidade de parâmetros críticos por estação de monitoramento de frequência mensal no rio das Velhas, pode-se destacar a estação BV156 (grupo 5) como a estação mais relevante do curso d'água, seguida pelas estações BV141 e BV142 (grupo 6) e BV150 (grupo 7) (Quadro 5.3). Em relação ao número de parâmetros críticos, considera-se a estação BV063 a mais relevante do grupo 1.

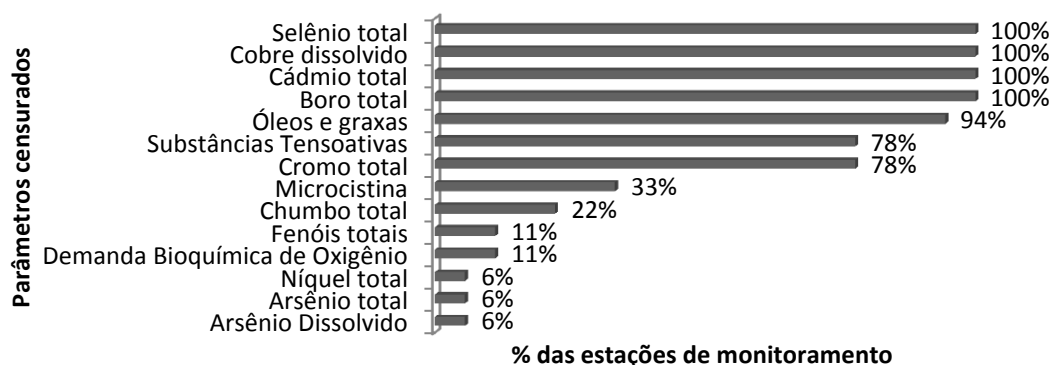
Quadro 5.3. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento mensal do rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013.

	Número de parâmetros críticos				
	6	4	3	2	1
Estações de monitoramento	BV156	BV141	BV063	BV013	BV149
		BV142	BV105	BV037	BV151
		BV150	BV137	BV067	
			BV146	BV083	
			BV152	BV139	
			BV153	BV148	

Legenda: **Grupos 3, 4 e 5 (estações isoladas no dendograma); Grupo 1 (5 estações); Grupo 2 (2 estações); Grupo 6 (2 estações) e Grupo 7 (6 estações).**

A partir do cálculo da porcentagem de dados censurados por parâmetros de qualidade da água, verificou-se que os parâmetros selênio total, cobre dissolvido, cádmio total, boro total e óleos e graxas são os parâmetros menos relevantes nas estações da calha do rio das Velhas, por apresentarem mais de 90% de dados censurados em todas as estações analisadas no período de 2009 a 2013, como apresentado na Figura 5.9. O parâmetro óleos e graxas também apresentou 90% ou mais de dados censurados para quase todas as estações da calha do rio das Velhas (94%). Por isso, estes parâmetros podem ser monitorados em uma frequência semestral ou eliminados do monitoramento.

Figura 5.9. Porcentagem de estações de monitoramento da calha do rio das Velhas, com frequência de amostragem mensal, que apresentaram parâmetros com mais de 90% de dados censurados no período entre 2009 a 2013.



Portanto, os resultados da análise de violação aos limites preconizados pela legislação confirmam os resultados encontrados pelas análises multivariadas e auxiliaram na identificação das estações de monitoramento e parâmetros mais relevantes na calha do rio das Velhas.

5.1.5 Considerações finais e Proposta de Adequação da rede de monitoramento

As análises estatísticas multivariadas demonstraram que a variação temporal da qualidade da água do rio das Velhas é, em parte, determinada por condições hidrológicas (estações seca e chuvosa). Entretanto, em função das variações dos períodos chuvoso e seco observadas nos últimos anos, notou-se uma pequena mudança na tradicional divisão: o mês de outubro se associou aos meses de estiagem, enquanto que o mês de abril se associou aos meses da época chuvosa. Dessa forma, torna-se importante considerar os dados de vazão nesta análise, de maneira a tentar agrupar as cargas de poluentes ao invés de concentrações, e, por isso, ressalta-se a necessidade de mais estações fluviométricas na rede de monitoramento. Além disso, ocorre uma variação das características de poluição entre os meses do ano, como tipo e frequência de descarga, reiterando a importância de um monitoramento com frequência de amostragem mensal para a identificação de tendências temporais da qualidade da água.

Em função do elevado custo de uma frequência mensal, um monitoramento nesta frequência deve ser realizado, pelo menos, para os parâmetros considerados como os mais relevantes nas estações de monitoramento da calha do rio das Velhas: coliformes termotolerantes, manganês total, arsênio total e fósforo total. Enquanto que os parâmetros selênio total, cobre dissolvido, cádmio total, boro total e óleos e graxas, considerados os de menor relevância, podem ser amostrados semestralmente ou até mesmo eliminados do monitoramento.

As técnicas multivariadas também identificaram que os parâmetros condutividade elétrica, cloreto total, DBO e fósforo total caracterizam a qualidade da água do rio das Velhas em todos os meses do ano. Diferenças sazonais são identificadas por parâmetros como nitrato, pH e densidade de cianobactérias na época considerada neste trabalho como de estiagem e arsênio total, turbidez, sólidos totais e DQO na época chuvosa.

A análise da variação espacial da qualidade das águas superficiais do rio das Velhas identificou os grupos 1 e 7 (localizados no início e no final da calha do rio das Velhas, respectivamente) como os de melhor qualidade da água. Os grupos 2, 3 e 4, localizados na RMBH foram identificados como altamente degradados por matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico e atividades industriais, que acarretam na degradação da qualidade das águas dos grupos 5 e 6, grupos também afetados por poluição difusa de atividades agropastoris.

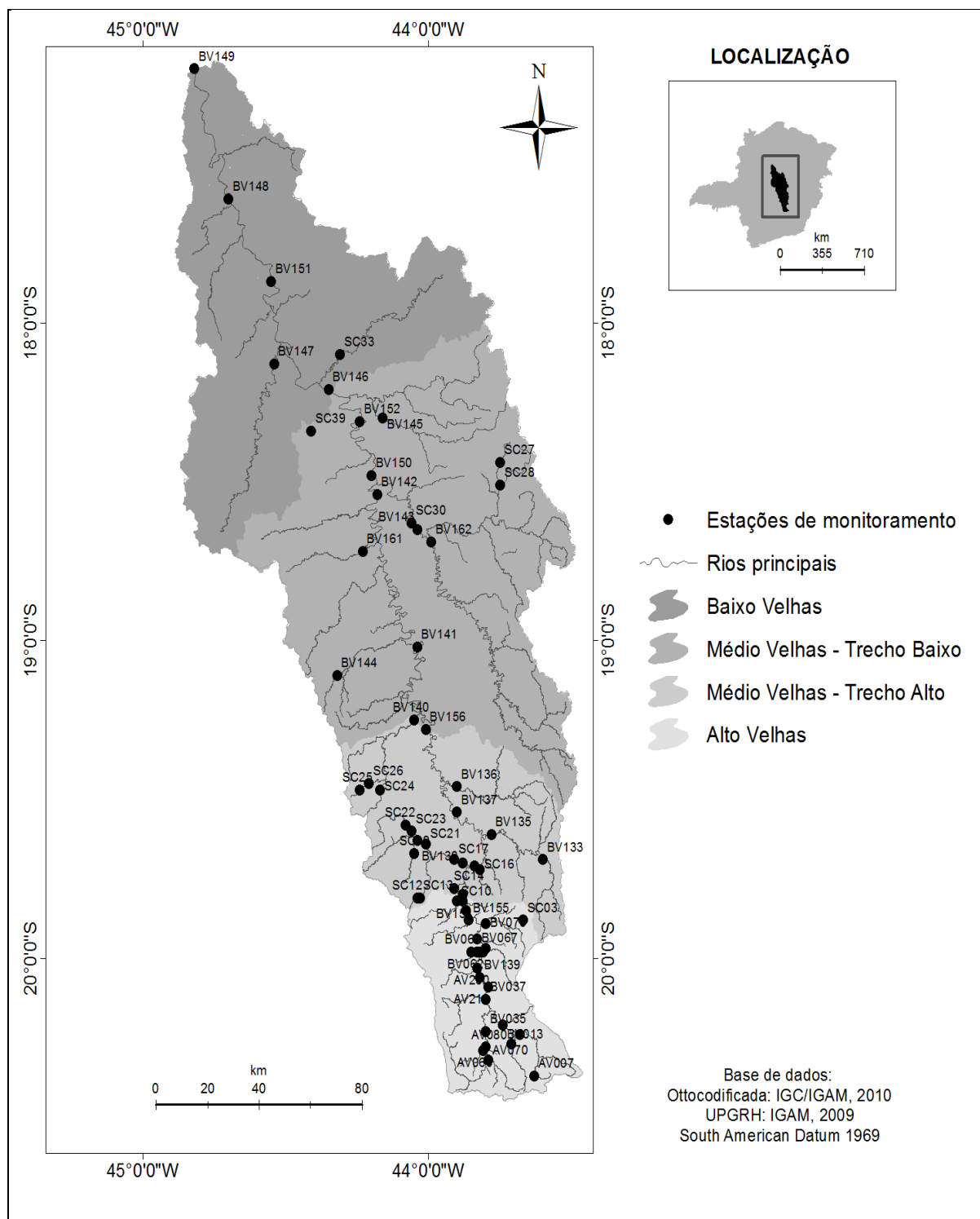
Em relação às estações de monitoramento da calha do rio das Velhas, foram destacadas como prioritárias para manutenção na rede as estações BV156, BV141, BV142, BV150, BV137 e BV153, em função do agrupamento isolado na AC e por apresentarem maior número de parâmetros críticos ($\geq 50\%$ de violação).

5.2 Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas utilizando dados de frequência de amostragem trimestral

5.2.1 Organização do banco de dados com frequência de amostragem trimestral

É importante ressaltar que a análise dos dados trimestrais da mesma bacia, já analisada, procurou expandir a avaliação para toda a bacia hidrográfica do rio das Velhas, cobrindo um número muito maior de estações que, em 2013, contava com 82 estações em sua rede básica de monitoramento. Na etapa de seleção das estações de monitoramento para aplicação das análises estatísticas multivariadas, foram excluídas dezesseis estações, sendo onze por terem sido implementadas a partir de 2011 e outras cinco por apresentarem frequência de monitoramento semestral. A estação AV005 foi desativada no final de 2013, e por isso, também foi desconsiderada das análises. Desse modo, foram selecionadas para estudo 65 estações de monitoramento ativas na bacia do rio das Velhas, descritas no Quadro III.1 do Apêndice III, e cujas localizações geográficas estão apresentadas na Figura 5.10.

Figura 5.10. Localização geográfica das estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, selecionadas para estudo.



O período de monitoramento contínuo e comum entre as estações selecionadas é de julho de 2008 a dezembro de 2013, sendo este, portanto, o período considerado para as análises multivariadas. Considerando este período, dez parâmetros de qualidade da água já haviam deixado de serem monitorados na bacia do rio das Velhas. Outros 44 foram excluídos por serem monitorados semestralmente ou por apresentarem mais de 10% de dados faltantes para uma

frequência trimestral, considerando todas as estações de monitoramento. A alta porcentagem de parâmetros excluídos (72%) se deve à falta de padronização da frequência de amostragem entre as estações de monitoramento. Este fato restringe a avaliação espacial da qualidade da água aos parâmetros selecionados, não considerando todas as possíveis fontes de poluição atuantes.

Portanto, o banco de dados com frequência de monitoramento trimestral da bacia do rio das Velhas, selecionado para aplicação das análises multivariadas, é composto por 65 estações de monitoramento e 16 parâmetros de qualidade da água (Quadro 5.4), monitorados em 22 coletas por estação de monitoramento, entre julho 2008 e dezembro de 2013, com um total de 22.716 observações válidas.

Quadro 5.4. Estações de monitoramento e parâmetros de qualidade da água (de frequência de amostragem trimestral) selecionados para aplicação das análises multivariadas

Estações de monitoramento	Parâmetros
AV007, AV010, AV020, AV060, AV070, AV080, AV210, AV250, AV300, AV320, AV340, BV013, BV035, BV037, BV062, BV063, BV067, BV076, BV083, BV105, BV130, BV133, BV135, BV136, BV137, BV139, BV140, BV141, BV142, BV143, BV144, BV145, BV146, BV147, BV148, BV149, BV150, BV151, BV152, BV153, BV154, BV155, BV156, BV160, BV161, BV162, SC03, SC10, SC12, SC13, SC14, SC16, SC17, SC19, SC21, SC22, SC23, SC24, SC25, SC26, SC27, SC28, SC30, SC33, SC39.	Cloreto total, Clorofila- <i>a</i> , Coliformes termotolerantes, Condutividade elétrica <i>in loco</i> , Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Feoftina- <i>a</i> , Fósforo total, Nitrato, Oxigênio dissolvido, pH <i>in loco</i> , Sólidos totais, Temperatura da água e Turbidez

5.2.2 Análise descritiva do banco de dados com frequência de amostragem trimestral

A estatística descritiva (mínimo, máximo, percentis 25, 50 (mediana), 75, média, desvio padrão, coeficientes de assimetria e curtose e média geométrica) dos parâmetros de qualidade da água, para cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas está apresentada no Apêndice III, Tabelas III.1 a III.16.

Os valores das medianas encontradas podem sugerir hipóteses sobre a qualidade da água na bacia do rio das Velhas. Algumas estações de monitoramento, tais como as estações SC25, SC14, SC10, BV154, BV155 e SC26, se destacam por apresentarem as maiores medianas para a maioria dos parâmetros de qualidade da água, enquanto as estações SC27 e AV250, as menores. Essa característica pode indicá-las como as estações cuja qualidade da água é mais e menos degradada na bacia do rio das Velhas, tornando-as, conseqüentemente, mais ou menos relevantes no programa de monitoramento. A estação AV320, por exemplo, pode estar localizada em área onde existem diversas fontes de poluição, pois sua mediana para o parâmetro sólidos dissolvidos

totais é 3,5 vezes maior que a segunda maior mediana para o parâmetro. Essas hipóteses podem ser confirmadas pelas análises posteriores.

Os resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk ao nível de significância α de 5% e a porcentagem de *outliers* de cada parâmetro de qualidade da água, para cada estação de monitoramento estão apresentados no Apêndice III, Tabelas III.17 e III.18, respectivamente. Como se era esperado, a maioria dos parâmetros apresentou distribuição assimétrica. Os *outliers* identificados foram avaliados individualmente quanto à probabilidade de sua ocorrência. Optou-se pela manutenção de todos eles nas análises por serem passíveis de ocorrer, não podendo ser considerados erros de mensuração, ao contrário, podem ser, na maioria das vezes, resultantes de variações hidrológicas.

5.2.3 Avaliação espacial da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem trimestral

A Análise de Cluster (AC) agrupou as 65 estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas, de acordo com a similaridade da qualidade da água, considerando dezesseis parâmetros, monitorados entre julho de 2008 a dezembro de 2013. A distância euclidiana utilizada para a linha de corte foi de 22,3 ($(D_{lig}/D_{max}) \times 100 = 38$), que resultou na formação de onze grupos, apresentados no dendograma (Figura 5.11) e discriminados no Quadro 5.5.

Figura 5.11. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados de monitoramento trimestral da bacia do rio das Velhas no período de julho de 2008 a dezembro de 2013: 65 estações, 16 parâmetros



Quadro 5.5. Grupos de estações de monitoramento da bacia hidrográfica do rio das Velhas, formados pela Análise de Cluster.

Grupo	Estações
1	AV320
2	SC25
3	SC14
4	SC26, SC03
5	SC10, BV155, BV154
6	SC13
7	BV156, BV161, BV142, BV141, BV140
8	SC21, BV160, SC19, BV137, SC17, BV130, SC16, BV153, BV105
9	BV083, BV062, SC24, SC23, BV076, AV340, AV300
10	BV151, BV149, BV148, BV152, BV150, BV146
11	SC28, SC27, BV133, BV136, BV035, SC33, BV147, BV067, BV063, BV139, BV037, AV080, AV070, SC39, SC23, SC22, BV162, BV144, BV145, SC30, BV143, SC12, BV013, AV250, AV210, BV135, AV060, AV020, AV010, AV007

Os grupos formados pela AC foram identificados por diferentes cores na Figura 5.12 para uma análise de localização geográfica destes, por meio do software arcGIS.

Dentre as 65 estações de monitoramento avaliadas, destaca-se a relevância das estações de monitoramento AV320 (grupo 1), SC25 (grupo 2), SC14 (grupo 3) e SC13 (grupo 6), por se diferenciarem das demais, permanecendo isoladas no dendograma. Trabalhos anteriores desenvolvidos na bacia do rio das Velhas também apresentaram agrupamentos semelhantes das estações de monitoramento analisadas utilizando a Análise de Cluster (ALMEIDA, 2013; KNUPP, 2007; TRINDADE, 2013).

Pode-se perceber que a qualidade das águas superficiais na bacia do rio das Velhas possui uma maior variabilidade na RMBH e a sua jusante, o que é justificado pela variedade de fontes de poluição nesta região. Nota-se ainda uma qualidade semelhante na região a montante da RMBH, e em alguns tributários do Médio curso, e diferenças entre regiões da calha do rio das Velhas.

A ACP e a AF conseguiram explicar de 62,0 a 82,4% da variabilidade total da qualidade da água das estações de monitoramento trimestral da bacia do rio das Velhas, retendo de quatro a seis fatores. As cargas fatoriais de cada parâmetro, para cada fator retido estão apresentadas na Tabela II.19 do Apêndice II. Os gráficos das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* estão apresentados na Figura 5.13.

Figura 5.12. Identificação dos agrupamentos das estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas, formados pela Análise de Cluster: 65 estações, 16 parâmetros, julho 2008/dezembro 2013.

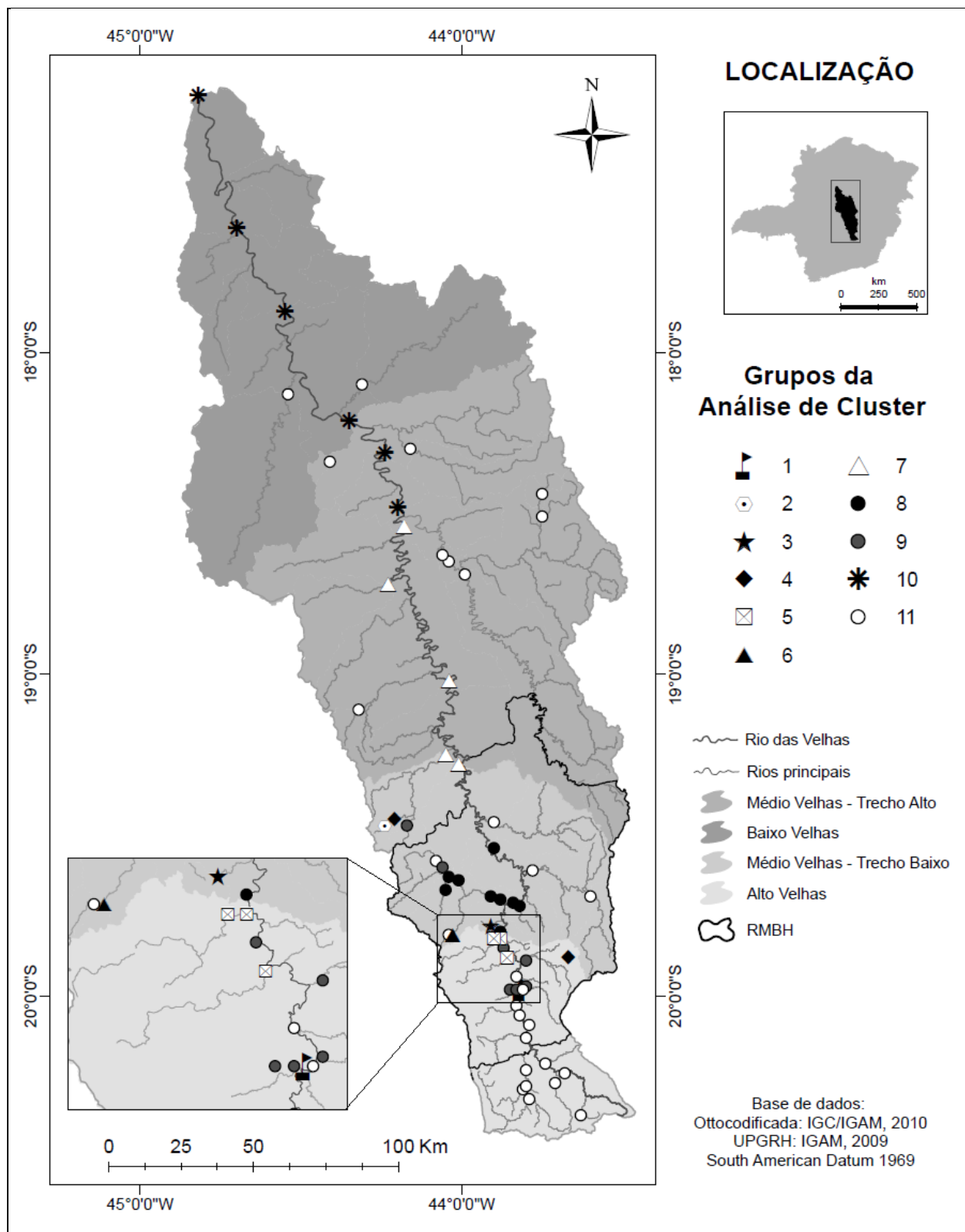
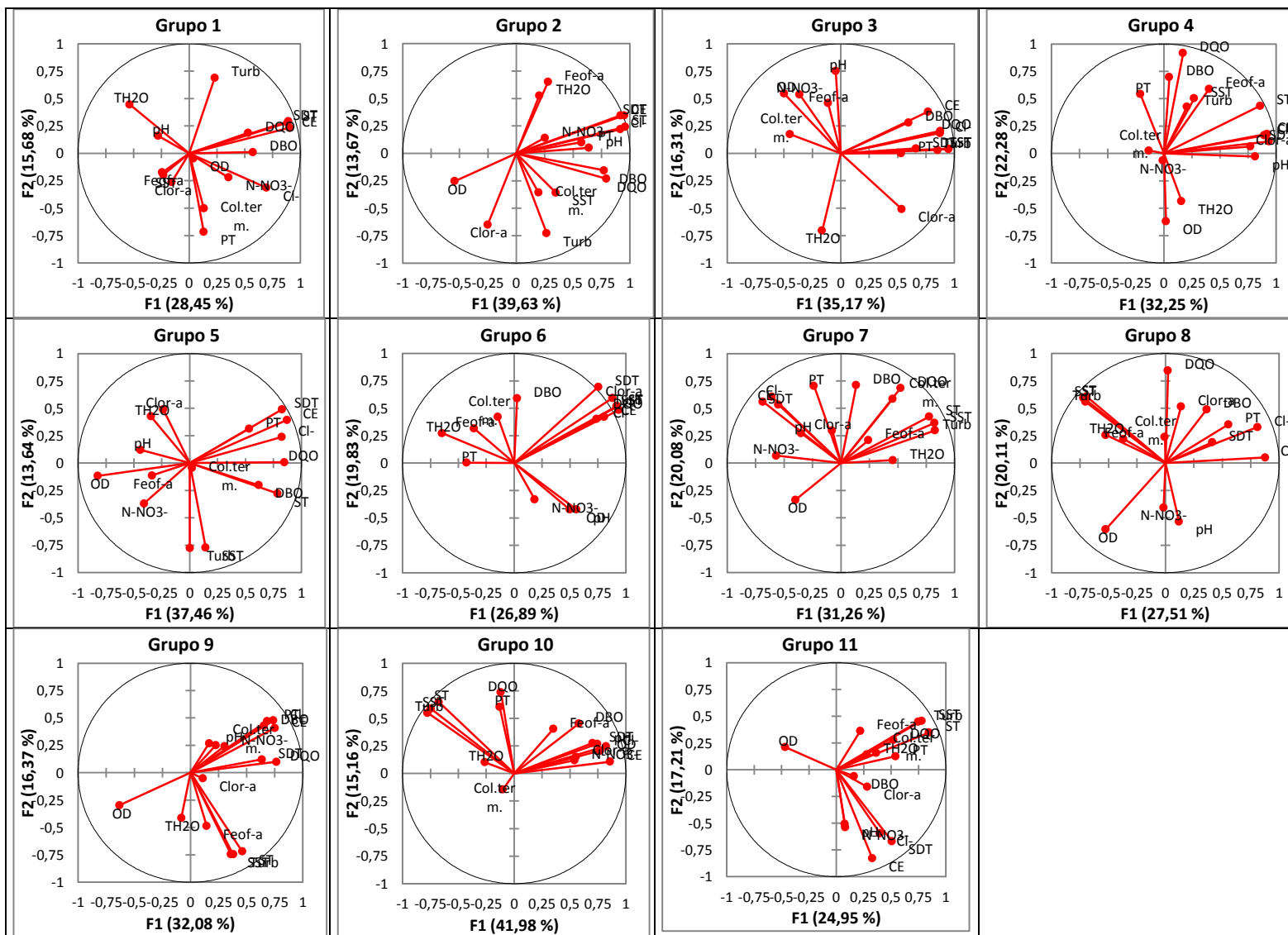


Figura 5.13. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento trimestral da bacia do rio das Velhas.



O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis apresentou diferenças significativas para todos os parâmetros ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$), em comparação dos grupos formados pela AC. Em seguida, o teste de comparações múltiplas foi responsável por identificar os agrupamentos que diferenciam entre si. Os resultados estão apresentados na Tabela III.20 do Apêndice III, para alguns parâmetros, enquanto que outros foram destacados no corpo do texto.

A estação de monitoramento AV320, representa o agrupamento 1, e foram extraídos seis fatores pela AF que explicam 82,4% da variabilidade da qualidade da água. O primeiro fator deste grupo, que explica 25% da variabilidade da qualidade da água está relacionado com substâncias dissolvidas na água (alta correlação com condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e sólidos totais). O fator dois corresponde à matéria orgânica (altamente correlacionados com DBO e nitrato), que pode ser originada dos efluentes domésticos (SEMAD, 2006). Os outros fatores também estão relacionados com o aporte de esgoto doméstico e desenvolvimento de algas na qualidade da água.

Esta estação se localiza no Córrego da Mina, na cidade de Raposos, próxima a uma empresa de beneficiamento de minério de ferro, e além disso, recebe efluentes industriais e domésticos, fontes de poluição que justificam a alta concentração de substâncias dissolvidas. A qualidade da água da estação AV320 já é conhecida como extremamente poluída na bacia do rio das Velhas, como abordado em outros trabalhos (IGAM, 2013b; KNUPP, 2007). Os resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis confirmou concentrações elevadas significativas de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais para esta estação.

De acordo com o Relatório “Aperfeiçoamento do Monitoramento da Qualidade das Águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas” (SEMAD, 2006), a estação AV320, apresentou altas concentrações de manganês, arsênio, cobre, níquel, selênio, chumbo, mercúrio, cianetos, cádmio e amônia não ionizável, considerando o período de 2002 a 2004. Em relação aos dados de julho de 2008 a dezembro de 2013, analisados neste trabalho, os valores de condutividade elétrica desta estação variaram de 1237 $\mu\text{mho/cm}$ a 2465 $\mu\text{mho/cm}$, resultados muito acima do esperado para águas naturais, que é de até 100 $\mu\text{mho/cm}$.

Os grupos 2 (SC25), 3 (SC14), 4 (SC26, SC03) e 5 (SC10, BV155, BV154) foram similares quanto à fonte de poluição predominante na qualidade da água. Estes grupos têm seus primeiros fatores da AF relacionados com matéria orgânica biodegradável, como comprovado pelos resultados do teste de Kruskal-Wallis na Figura 5.14. Estes grupos possuem DBO, DQO

e concentrações de fósforo altamente significativas em relação aos demais grupos, em função do aporte de matéria orgânica proveniente do lançamento de esgoto doméstico.

As concentrações de coliformes termotolerantes nestes grupos e no grupo 9 se destacam significativamente dos demais grupos, e apresentaram medianas com o valor do limite de quantificação do método analítico (160.000 NMP/100mL), indicando grave contaminação por esgoto doméstico nestas estações (Figura 5.14). De acordo com aos relatórios publicados pelo IGAM (2013b), estas estações de monitoramento estão presentes nos municípios com condição mais crítica para a qualidade da água na bacia do rio das Velhas. Destaca-se também que as concentrações de oxigênio dissolvido foram encontradas nos grupos 2, 4, 5 e 8.

Figura 5.14. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros relacionados à presença de matéria orgânica no corpo d'água e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados na AC na análise espacial da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas.

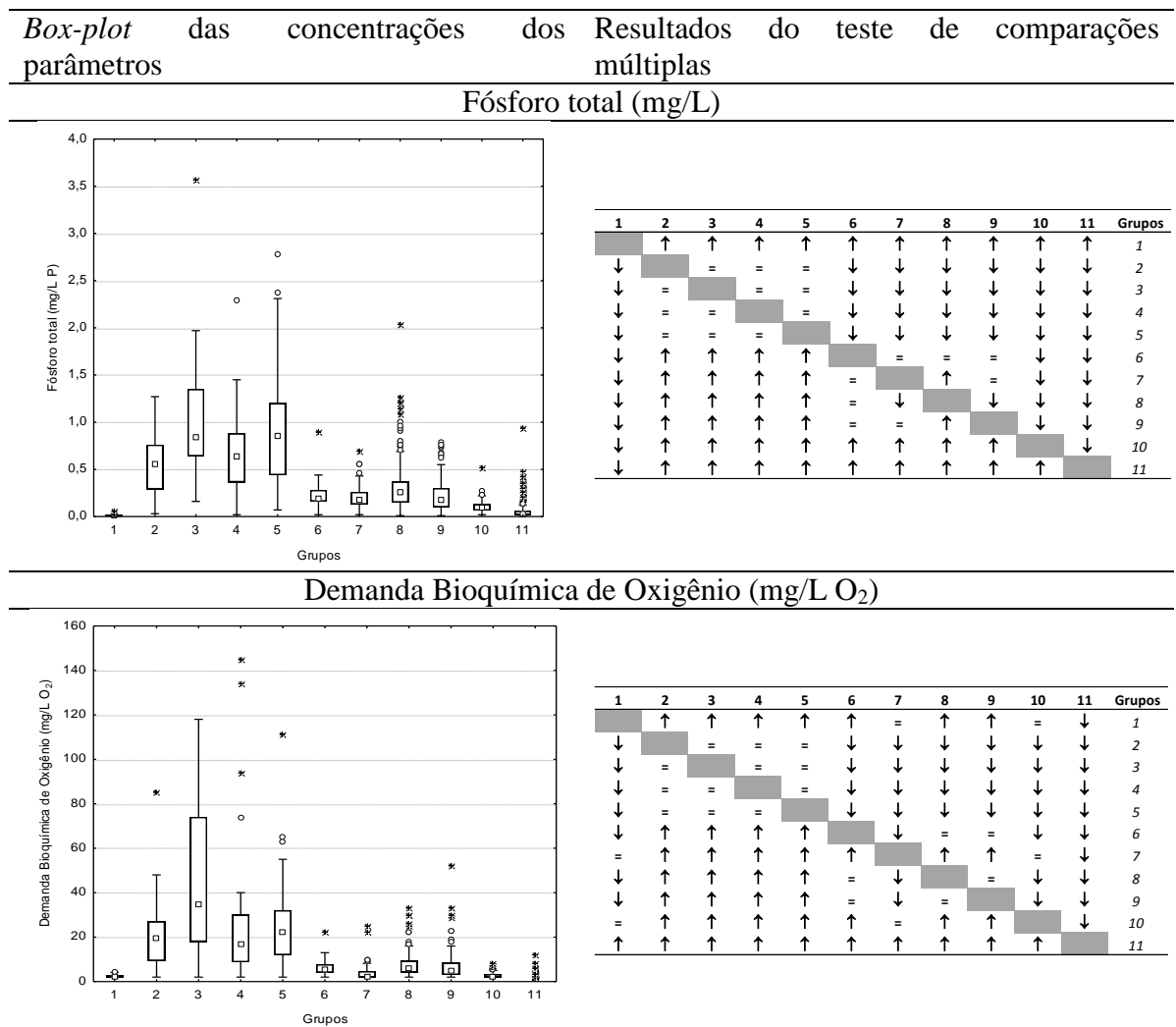
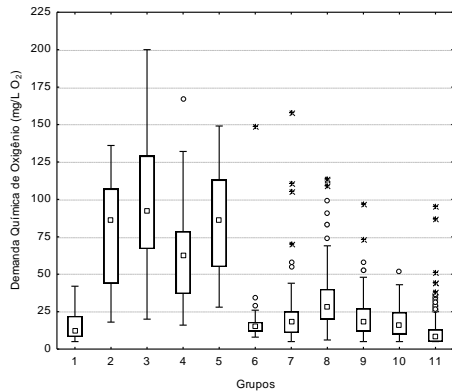


Figura 5.14. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros relacionados à presença de matéria orgânica no corpo d'água e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados na AC na análise espacial da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas.

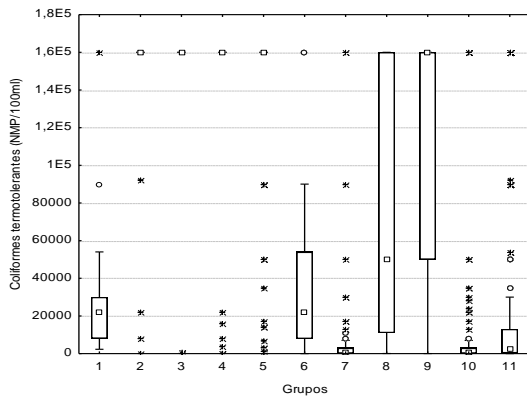
Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

Demanda Química de Oxigênio (mg/L O₂)



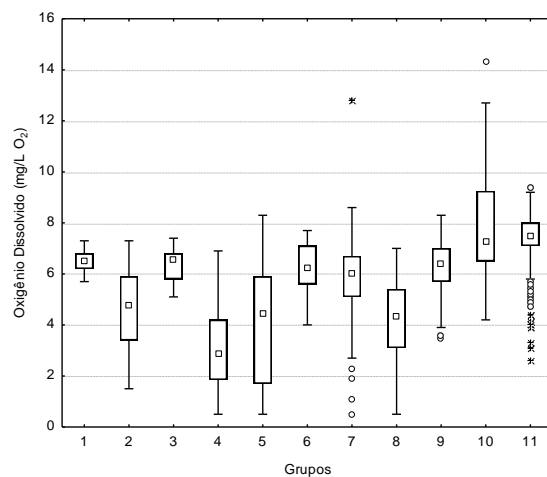
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
1	↑	↑	↑	↑	=	↓	↓	↓	=	=	1
↓	2	=	=	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
↓	=	3	=	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3
↓	=	=	4	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4
↓	=	=	=	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5
=	↑	↑	↑	↑	6	=	↑	=	=	↓	6
=	↑	↑	↑	↑	=	7	↑	=	=	↓	7
=	↑	↑	↑	↑	=	=	8	=	=	↓	8
=	↑	↑	↑	↑	=	↑	↑	9	=	↓	9
=	↑	↑	↑	↑	=	↑	↑	=	10	↓	10
=	↑	↑	↑	↑	=	↑	↑	↑	=	11	11

Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)

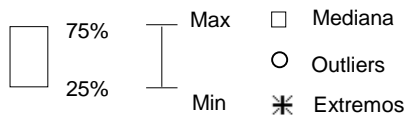


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
1	↑	↑	↑	↑	=	↓	=	↑	↓	↓	1
↓	2	=	=	=	↓	↓	↓	=	↓	↓	2
↓	=	3	=	=	↓	↓	↓	=	↓	↓	3
↓	=	=	4	=	↓	↓	↓	=	↓	↓	4
=	↑	↑	↑	↑	5	↓	=	↑	↓	↓	5
↑	↑	↑	↑	↑	=	6	↑	↑	=	↓	6
=	↑	=	↑	↑	=	↓	7	↑	↓	↓	7
↓	=	=	=	=	↓	↓	↓	↑	↓	↓	8
↓	=	=	=	=	↓	↓	↓	↑	↓	↓	9
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	10	↑	10
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	11	11

Oxigênio dissolvido (mg/L O₂)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
1	↓	=	↓	↓	=	=	↓	=	↑	↑	1
↑	2	=	↓	↓	=	=	↓	=	↑	↑	2
=	↑	3	=	↓	=	=	↓	=	↑	↑	3
↑	=	↑	4	↓	=	=	↓	=	↑	↑	4
=	=	=	=	5	↓	=	↓	=	↑	↑	5
=	=	=	↓	↓	6	↑	=	=	↑	↑	6
↑	=	↑	↓	=	↑	7	↓	=	↑	↑	7
=	↓	=	↓	=	=	=	8	↑	↑	↑	8
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	9
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	10	=	10
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	=	=	11	11



= Grupo em negrito (acima) não se difere significativamente do grupo em itálico (à direita)
 ↑ Grupo em negrito (acima) significativamente maior que o grupo em itálico (coluna à direita)
 ↓ Grupo em negrito (acima) significativamente menor que o grupo em itálico (coluna à direita)

Os grupos 2 e 4 (estações SC25, SC26 e SC03) apresentaram ocorrências de IQA Muito Ruim no 2º semestre de 2013, de acordo com IGAM (2013c). A qualidade da água destas estações está associada aos lançamentos de esgotos sanitários e industriais (laticínios, adubos e fertilizantes, matadouros, curtumes) das cidades de Sete Lagoas e Caeté. Por isso, os dois primeiros fatores destes grupos, extraídos pela AF, estão associados à matéria orgânica (DBO, DQO, fósforo total) e à sólidos dissolvidos totais (cloreto total, condutividade, ST). O grupo 2 apresentou concentrações de nitrato maiores significativamente em relação aos grupos 4 e 5.

O grupo 3, estação SC14, tem seu primeiro fator altamente correlacionado com cloreto total, DQO, sólidos suspensos totais e sólidos totais. A montante desta estação há uma ETE, que trata o ribeirão afluyente Baronesa, evitando uma alta concentração de matéria orgânica a ser biodegradada. Por isso, as concentrações de oxigênio dissolvido são maiores significativamente nesta estação, comparada aos grupos 2, 4 e 5. Entretanto, a presença de nutrientes como fósforo e nitrato, que não são removidos pelo tratamento a nível secundário de esgoto doméstico, proporciona o desenvolvimento de algas, fato relatado pelo IGAM (2013c) e confirmado pelas correlações com os fatores dois e três deste grupo, e pelos resultados do teste de Kruskal-Wallis (maior concentração significativa de clorofila-*a* para este grupo).

As estações do grupo 5 (SC10, BV155 e BV154) têm seu primeiro fator extraído correlacionado positivamente com cloreto total, condutividade elétrica, DBO, DQO, SDT e ST, e negativamente com oxigênio dissolvido, indicando que o curso d'água encontra-se em intenso processo de degradação. Isso se deve ao fato destas estações, localizadas no Ribeirão do Onça e Ribeirão Arrudas, receberem esgoto doméstico e industriais das cidades de Belo Horizonte e Sabará (BV155 e BV154) e de Belo Horizonte e Contagem (SC10), municípios com condição mais crítica para a qualidade da água na bacia do rio das Velhas (IGAM, 2013b). A qualidade das águas destas estações possuem maiores concentrações significativas de sólidos comparado ao grupo 4 (Cl, CE, SDT, SST, ST e Turb.).

A qualidade das águas superficiais do grupo 9, que apresentou quantidades significativas de coliformes termotolerantes, é afetada principalmente por matéria orgânica biodegradável (fator 1 – 20,9% variabilidade) e por carreamento de sólidos (fator 2 – 18,0% da variabilidade). Suas estações estão localizadas em córregos na RMBH: BV083 (Sabará, a jusante do Ribeirão Arrudas), BV062 (Nova Lima, Ribeirão Água Suja), SC24 (Prudente de Moraes, Ribeirão Jequitibá), SC23 (Pedro Leopoldo, Ribeirão da Mata), BV076 (Sabará, Ribeirão Sabará), AV340 (Raposos, Ribeirão da Prata) e AV300 (Raposos, Córrego da Mina).

O primeiro fator do grupo 6 (estação SC13) está altamente correlacionado com clorofila-*a*, DQO, SDT, SST, ST e Turbidez. Estes parâmetros indicam que o rio nesta estação está sendo assoreado, em função do carreamento de sólidos pelo escoamento superficial em áreas de solo exposto. Esta estação se localiza a jusante do aterro sanitário de Ribeirão das Neves. E, apesar deste aporte de sólidos, há também o desenvolvimento de algas nesta região.

O grupo 7 é composto por cinco estações de monitoramento localizadas no Médio Velhas (trecho baixo), são elas: BV156, BV161, BV142, BV141 e BV140. Todos os parâmetros deste grupo apresentam correlação no mínimo moderada com os fatores extraídos, exceto a temperatura da água. O fator um está relacionado ao carreamento de sólidos no corpo d'água, o fator dois à esgoto doméstico, o três à poluição difusa por agricultura e o quarto com o desenvolvimento de algas. Este grupo contém estações de monitoramento pertencentes aos grupos 5 e 6, resultante da análise espacial da qualidade da água do rio das Velhas, e apresentou resultado similar. Essas estações estão em uma região de transição do uso e ocupação do solo, e por isso, sofrem ao mesmo tempo pressões pelo lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais (polo industrial de Sete Lagoas), quanto de poluição difusa por agricultura e áreas de pastagens das fazendas na região (plantações de feijão, milho, arroz, capim sorgo etc). Neste grupo também se encontram estações identificadas como relevantes no rio das Velhas, conforme análise de dados mensais: estações BV156, BV142 e BV141.

Os quatro fatores retidos na ACP/AF, que explicam 66,5% da variabilidade da qualidade da água do grupo 8 (estações SC21, BV160, SC19, BV137, SC17, BV130, SC16, BV153, BV105), estão relacionados com poluição difusa de áreas de pastagens, agricultura, extração de areia, dentre outros. O rio nesta região também sofre intenso assoreamento (fator 1) e possui uma alta concentração de matéria orgânica biodegradável, que deteriora a qualidade do rio (correlação positiva para DBO, DQO, P_T e negativa para OD no fator 2). Os outros fatores estão correlacionados com nitrato, pH, cloreto total, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. Relatórios do IGAM confirmam estes resultados. A estação BV160, por exemplo, monitora uma região onde estão presentes atividades de extração de areia, argila, cascalho, indústria cimenteira, e ainda recebe esgoto doméstico das cidades de Ribeirão das Neves e Pedro Leopoldo, além de efluentes industriais de curtume, indústrias têxtil, de bebidas, laticínios, etc. A estação BV130 recebe esgoto sanitário das cidades de Matozinhos, Vespasiano, Ribeirão das Neves, Pedro Leopoldo e efluentes industriais do ramo cimenteiro e siderurgia, além das atividades de extração de areia, cascalho e argila.

Os grupos 10 e 11 apresentaram concentrações de OD significativamente maiores que os demais grupos. O grupo 10 é composto por seis estações da calha do rio das Velhas (BV151, BV149, BV148, BV152, BV150, BV146), que também foram agrupadas juntas na análise espacial da qualidade da água utilizando dados de monitoramento mensais (grupo 7). Assim como identificado anteriormente, a correlação dos parâmetros com os fatores extraídos indicam que as principais fontes de poluição nestas estações são a agricultura (fator 1), áreas de pastagens (fator 2) e proliferação de algas (fator 3). Foram verificadas maiores concentrações significativas para clorofila-*a* e feoftina-*a* para os grupos 10 e 3, em relação aos demais.

Com o maior número de estações de monitoramento agrupadas, o grupo 11 (Quadro 5.4) possui estações que não são fortemente afetadas pelas fontes de poluição anteriormente comentadas, e por isso, podem ser consideradas como de melhor qualidade da água da bacia do rio das Velhas. Este grupo apresentou concentrações significativamente menores dos parâmetros de qualidade da água em relação aos demais, de acordo com o teste de Kruskal-Wallis. Os parâmetros clorofila-*a*, coliformes termotolerantes, DBO, DQO, Fefotina-*a* e nitrato não apresentaram correlações nem ao menos moderada para os quatro fatores retidos, o que indica uma baixa matéria orgânica nestas estações de monitoramento. A qualidade das águas superficiais destas estações é afetada principalmente por carreamento de sólidos no corpo d'água. Caso haja necessidade de desativação de alguma estação de monitoramento, esta deve pertencer a este grupo. Todavia, ressalta-se que a desativação deve ser realizada em uma estação que esteja fornecendo dados equivalentes aos de outra estação de monitoramento, pois, o monitoramento de uma água de boa qualidade é tão importante quanto o de uma água degradada, pois podem fornecer, por exemplo, as concentrações basais dos parâmetros de qualidade da água.

Concentrações de sólidos suspensos totais foram significativamente maiores nos grupos 7, 8, 9, 10 e 11 em relação às outras estações, caracterizando regiões de pastagem, solo exposto, de extração de areia, dentre outros.

Apesar de apresentar variações durante o período de monitoramento, a temperatura da água não foi significativa para alterações na qualidade desta. Dessa forma, os resultados do teste de Kruskal-Wallis seguido do teste de comparações múltiplas confirmam os resultados encontrados pelas análises multivariadas.

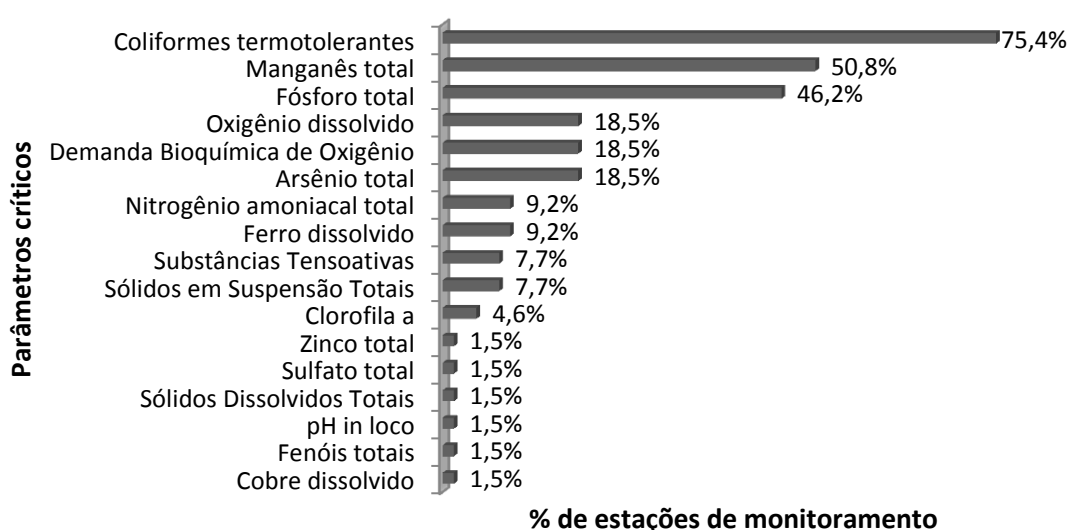
5.2.3.1 Análise de violação dos parâmetros de qualidade da água aos limites preconizados pela legislação

A análise de violação foi realizada para os 36 parâmetros de qualidade da água que possuem valores regulatórios, monitorados na bacia do rio das Velhas no período de julho/2008 a dezembro/2013. Os limites da DN COPAM/CERH nº01/2008 foram apresentados no Anexo III (Quadro III.2). Novamente, foram desconsiderados os parâmetros mercúrio total, sulfeto e cianeto total em função de possuírem limite de detecção maior que a concentração máxima permitida.

Os resultados da análise de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) indicaram coliformes termotolerantes, manganês total e fósforo total como os parâmetros mais relevantes no monitoramento da qualidade da água da bacia do rio das Velhas. Estes parâmetros são críticos em mais de 46% das estações de monitoramento analisadas, conforme demonstra a Figura 5.15, e foram os mesmos detectados como os mais relevantes na avaliação da qualidade da água da calha do rio das Velhas.

O parâmetro coliformes termotolerantes foi considerado um parâmetro crítico em 75% das estações de monitoramento analisadas, mas apresentou no mínimo 27% de violações em todas as estações. Dessa forma, os resultados das violações indicam que a bacia do rio das Velhas, em toda sua extensão, é contaminada por esgoto doméstico. Esse resultado é consequência da baixa taxa de tratamento destes na bacia ou de tratamento em nível insuficiente.

Figura 5.15. Porcentagem de estações de monitoramento na bacia do rio das Velhas que apresentaram 50% ou mais de violação aos parâmetros analisados.



Os outros parâmetros críticos apresentados na Figura 5.15, responsáveis pela degradação da qualidade da água da bacia do rio das Velhas, também estão relacionados com o despejo de esgoto doméstico, de efluentes industriais, atividades minerárias, drenagem de áreas agrícolas, e de processos de erosão e assoreamento. Resultado similar foi encontrado por KNUPP (2007), que avaliou o percentual de violação das estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas no período de 1997 a 2003. Isso indica que os principais problemas antes identificados na bacia permanecem após dez anos de monitoramento, o que reforça a necessidade de implantação de ações para melhorias em saneamento e na fiscalização de atividades industriais.

Pelos resultados apresentados na Figura 5.15, é possível destacar a importância de se considerar na análise multivariada outros parâmetros, como o arsênio total, ferro dissolvido, substâncias tensoativas, sólidos em suspensão totais, zinco total, sulfato total, fenóis totais e cobre dissolvido.

Dentre as 65 estações de monitoramento, as que apresentaram maior número de parâmetros críticos foram as estações SC14 e SC03, seguidas das estações SC26, SC25 e AV320 (Quadro 5.6). Além da contaminação por esgoto doméstico, característico de altas concentrações de coliformes termotolerantes e baixo teor de oxigênio dissolvido, a qualidade das águas destas estações de monitoramento está sendo degradada por efluentes de indústrias químicas e de mineração. Estas estações destacam-se por alta contaminação por tóxicos (IGAM, 2013b) devido à grande concentração de metais e outras substâncias tóxicas encontrada nos cursos d'água (arsênio dissolvido, cianeto livre, cobre dissolvido, ferro dissolvido, manganês, sulfeto e zinco total).

Nota-se que os resultados analisados por estação de monitoramento estão coerentes com aqueles encontrados para os agrupamentos. As estações que ficaram isoladas (Grupos 1, 2, 3 e 6) ou que se agruparam em menor número (Grupos 4 e 5) no dendograma apresentaram o maior número de parâmetros críticos. As estações BV156, BV141 e BV142 podem ser consideradas as mais importantes do grupo 7, como já foi destacado na análise de dados mensais da calha do rio das Velhas. As estações SC19, SC16 e BV160 são as que mais apresentam parâmetros críticos no grupo 8. Do grupo 10, destacam-se as estações BV152 e BV150. Do grupo 9, BV062, SC23 e AV300.

Quadro 5.6. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas, considerando o período de julho/2008 a dezembro/2013.

		Número de parâmetros críticos								
		8	7	6	5	4	3	2	1	0
Estações de monitoramento	SC14		SC26	SC19	SC16	SC10	SC24	SC28	SC39	BV162
	SC03		SC25	BV156	SC13	BV142	SC23	SC17	SC33	BV161
			AV320	BV154	BV160	BV141	SC21	SC12	SC30	BV144
					BV155	BV130	BV153	BV146	SC27	BV143
					BV062		BV152	BV139	SC22	
							BV150	BV135	BV151	
							BV137	BV105	BV149	
							BV063	BV083	BV148	
							BV035	BV076	BV147	
							AV300	BV067	BV145	
								BV037	BV140	
							BV013	BV136		
							AV340	BV133		
							AV210	AV250		
							AV080	AV060		
							AV070			
							AV020			
							AV010			
							AV007			

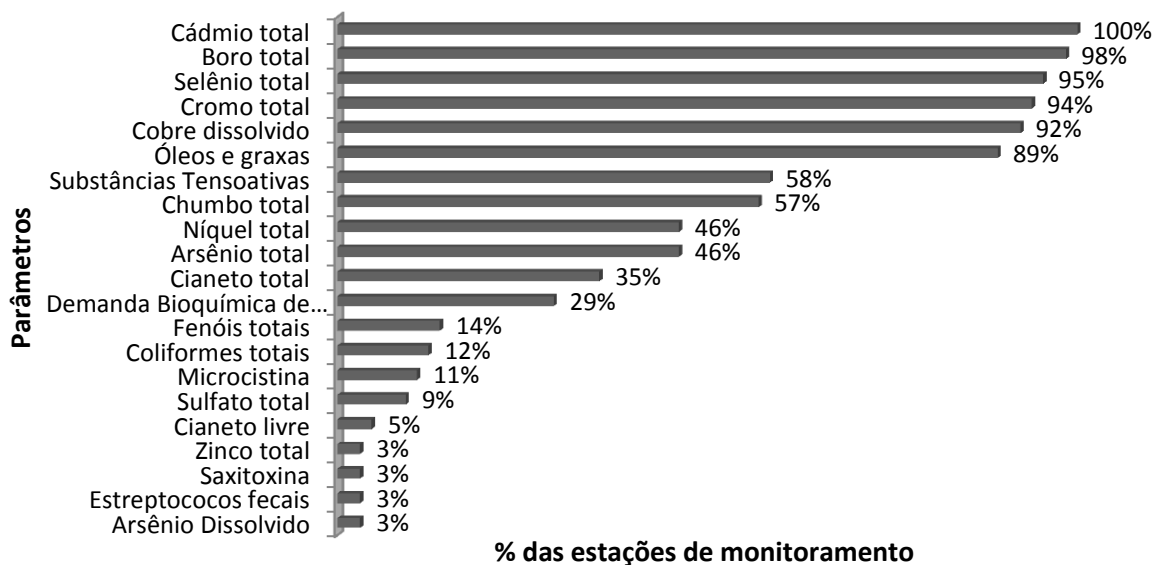
Legenda: **Grupos 1,2,3 e 6 (estações isoladas no dendograma); Grupo 4 (2 estações); Grupo 5 (3 estações); Grupo 7 (5 estações); Grupo 8 (9 estações); Grupo 9 (7 estações); Grupo 10 (6 estações); Grupo 11 (restante das estações)**

O percentual de dados censurados para cada parâmetro de qualidade da água foi calculado e destacados os parâmetros que apresentaram 90% ou mais destes para o mesmo período, pois desse modo, não contribuem para a variação da qualidade da água na bacia do rio das Velhas (Figura 5.16).

Dessa forma, os parâmetros cádmio total, boro total, selênio total, cromo total, cobre dissolvido e óleos e graxas podem ser considerados os menos relevantes para o monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas. Destaca-se o parâmetro Cádmio total que possui 90% ou mais de dados censurados para todas as estações de monitoramento avaliadas.

As estações de monitoramento SC27 é a estação com maior número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados, seguida pela estação SC28, como apresentado no Quadro 5.7. As duas se localizam próximas, uma a montante e a outra a jusante do lançamento de esgotos sanitários do município de Gouveia.

Figura 5.16. Porcentagem de estações de monitoramento na bacia do rio das Velhas que apresentaram parâmetros com mais de 90% de dados censurados.



Quadro 5.7. Número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados nas estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas, considerando o período de julho/2008 a dezembro/2013.

	Número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados									
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Estações de monitoramento	SC27	SC28	AV060	BV136	AV210	AV007	AV020	AV080	BV062	AV320
			BV105	SC22	BV144	AV010	AV300	BV063	BV142	BV137
			BV133	SC30	BV147	AV070	AV340	BV067	BV156	
			BV135	SC39	BV152	AV250	BV035	BV083	BV161	
			BV143		BV162	BV013	BV037	BV153		
			BV145		<u>SC03</u>	BV141	BV076	BV154		
			SC12		SC24	BV148	BV130	BV155		
			SC33		<u>SC26</u>	BV149	BV139			
						BV150	BV140			
						BV151	BV146			
						BV160	SC14			
						SC10	SC16			
						SC13	SC17			
						SC23	SC19			
						SC25	SC21			

Legenda: **Grupos 1,2,3 e 6 (estações isoladas no dendograma); Grupo 4 (2 estações); Grupo 5 (3 estações); Grupo 7 (5 estações); Grupo 8 (9 estações); Grupo 9 (7 estações); Grupo 10 (6 estações); Grupo 11 (restante das estações)**

Portanto, nota-se que os agrupamentos da Análise de Cluster são similares à análise de violações, pois as estações de monitoramento agrupadas isoladamente coincidem com as maiores violações na bacia do rio das Velhas, e com as menores quantidades de dados censurados, o que validam seus resultados.

5.2.4 Considerações finais e Proposta de Adequação da rede de monitoramento

Para uma melhor visualização dos resultados obtidos pelas análises anteriores, foi construída uma tabela resumo para cada estação de monitoramento (Tabela 5.2), onde foram destacados os parâmetros de qualidade da água mais importantes para a estação de monitoramento (50% ou mais de violação), identificados como V; os menos relevantes (90% ou mais de dados censurados), identificados como C. Foram destacados os parâmetros que não apresentaram violações no período de estudo (N) todavia, deve-se analisar tendências desses parâmetros, para ver se não há tendência de aumento de suas concentrações, mesmo não estando ultrapassando os limites legais. Trabalhos como o TRINDADE (2013) e COSTA (2014) podem auxiliar nesta comparação. Além disso, foi sugerido o retorno do monitoramento de parâmetros que apresentaram 50% ou mais de violações em poucas medições (menos de dez), destacando-os como possíveis parâmetros críticos na estação de monitoramento (V/I). Essa avaliação permite orientar a otimização da rede de monitoramento por estação.

Verifica-se na Tabela 5.2 que os parâmetros coliformes termotolerantes, manganês total e fósforo total são os que mais apresentam violações para a maioria das estações de monitoramento, como foi apresentado pelos resultados anteriores, e por isso são considerados os mais relevantes da bacia do rio das Velhas. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados na análise mensal, à exceção de arsênio total.

Em geral, as estações de monitoramento mais relevantes da bacia do rio das Velhas, são as pertencentes aos grupos 1 a 5 da Análise de Cluster, por apresentarem altas violações, e se diferenciarem significativamente das demais para a maioria dos parâmetros de qualidade da água. São elas: AV320, SC25, SC14, SC26, SC03, SC10, BV155 e BV154.

Chama a atenção o fato de nenhuma das estações consideradas prioritárias para manutenção na rede de monitoramento, considerando os dados mensais - BV156, BV141, BV142, BV150, BV137 e BV153 – ter se destacado nas análises dos dados trimestrais. Como justificativa, pode-se aventar que diversas outras estações (além daquelas selecionadas pelo projeto Águas de Minas) deveriam ter um monitoramento mais frequente, já que se mostraram mais impactadas do que outras consideradas críticas na análise anterior.

Tabela 5.2. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas

Parâmetros	AV007	AV010	AV020	AV060	AV070	AV080	AV210	AV250	AV300	AV320	AV340
Alcalinidade de bicarbonato											
Alcalinidade total											
Alumínio dissolvido	C	C	C	C	C	C	C	C	C	V/I	C
AmôniaNI											
Arsênio Dissolvido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio total				C			N			V	N
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	N	C
Cádmio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cálcio total											
Chumbo total	C	C	C	C			C	C	C	C	C
Cianeto total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto total	N	N	N	N	V	N	N	N	N	N	N
Clorofila a	N		N	N		N	N		N		N
Cobre dissolvido	C	C	C	C	C	C	C	C	C	V	C
Coliformes termotolerantes	V	V	V		V		V	V	V	V	V
Coliformes totais											C
Condutividade elétrica in loco											
Cor verdadeira	N									N	
Cromo total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Demanda Bioquímica de Oxigênio	C	C	N	C	C	C	C	C		N	V
Demanda Química de Oxigênio											
Densidade de cianobactérias	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-
Dureza de cálcio											
Dureza de magnésio											
Dureza total											
Estreptococos fecais											
Fenóis totais	N	N	C	N	C	N	N				N
Feoftina a											
Ferro dissolvido	N				N	N	N	N	N	N	N
Ferro total											
Fósforo total								N	V	N	
Magnésio total											
Manganês total	V	V	V	V	V	V	V		V	V	
Microcistina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel total	N			C			C	N	C		C
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N	N	N	N	N	N		N	N
Nitrogênio orgânico											
Óleos e graxas	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C
Oxigênio dissolvido	N	N		N	N	N	N	N		N	
pH in loco	N	N			N	N	N	N	N		
Potássio dissolvido											
Saxitoxina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selênio total	C	C	C	C	C	N	C	C	C		N
Sódio dissolvido											
Sólidos Dissolvidos Totais	N	N	N	N	N	N	N	N	N	V	N
Sólidos em Suspensão Totais						V			N		N
Sólidos totais											
Substâncias Tensoativas	C	C	C	C	C	C	C	C	N	C	N
Sulfato total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	V	N
Temperatura da água											
Temperatura do ar											
Turbidez									N		
Zinco total	N	N	N	C	N	N	N	N	N	V	N
Nº de parâmetros que nunca violaram:	15	11	10	10	10	14	15	13	13	11	15
% de parâmetros que nunca violaram:	29	22	20	20	20	27	29	25	25	22	29
Nº de parâmetros mais de 90% censurados	10	10	9	13	10	8	11	10	9	5	9
% de parâmetros mais de 90% censurados	20	20	18	25	20	16	21	20	18	10	18
Nº de parâmetros mais de 50% violados	2	2	2	1	3	2	2	1	3	7	2
% de parâmetros mais de 50% violados	4	4	4	2	6	4	4	2	6	14	4
Nº de parâmetros sugerido inclusão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

-	Parâmetro não monitorado
V	50% ou mais de dados violados - Parâmetro crítico (alta relevância)
C	90% ou mais de dados censurados - Parâmetro de menor relevância
N	Nunca violou no período de Julho/2008 a Dezembro/2013 - Parâmetro de menor relevância
V/I	50% ou mais de dados violados, menos de 10 observações - indica-se a inclusão deste parâmetro

Tabela 5.7. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas (continuação).

Parâmetros	SC03	SC10	SC12	SC13	SC14	SC16	SC17	SC19	SC21	SC22	SC23	SC24	SC25	SC26	SC27	SC28	SC30	SC33	SC39
Alcalinidade de bicarbonato																			
Alcalinidade total																			
Alumínio dissolvido	C	C	C	C	C	V/I	C	V/I		C	C	C	V/I	C	C	C	V/I	V/I	V/I
AmôniaNI																			
Arsênio Dissolvido	-	-	-	-	-														
Arsênio total	C	C	C	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cádmio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cálcio total																			
Chumbo total	C	C	C	C	N					C	C	C		C	C	C	C	C	C
Cianeto total	-	-	-	-	-	-	-	-	C										
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	V	N	N	N	N
Clorofila a			N		V		N			N		N	V	V	N		N	N	
Cobre dissolvido			C	C	N	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C	C
Coliformes termotolerantes	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Coliformes totais	C	C			C								C	C					
Condutividade elétrica in loco																			
Cor verdadeira	N	N	N	N	N		N	N		N		N	N	N	N	N	N		N
Cromo total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Demanda Bioquímica de Oxigênio	V	V	N	V	V			V		N			V	V	C	C		C	N
Demanda Química de Oxigênio																			
Densidade de cianobactérias	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza de cálcio																			
Dureza de magnésio																			
Dureza total																			
Estreptococos fecais	C												C						
Fenóis totais		N	C	N	V	N						C			C	C	N		C
Feoftina a																			
Ferro dissolvido	V	N	V	V		N	N		N	N			N						V
Ferro total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo total	V	V		V	V	V	V	V	V			V	V	V	V	N		N	N
Magnésio total																			
Manganês total	V/I	N	N	V/I	V/I	V/I	N	V/I	V	N	V/I	V/I	V/I	V/I	N	N	N	N	N
Microcistina	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel total	C	C	C	C	C	N	C	C	N	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	V		N		V	N				N	N		V	V	N	N	N	N	N
Nitrogênio orgânico																			
Óleos e graxas	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Oxigênio dissolvido	V		N		N	V		V					V	V	N	N	N	N	V
pH in loco	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		V			N
Potássio dissolvido																			
Saxitoxina	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selênio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sódio dissolvido																			
Sólidos Dissolvidos Totais	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N			N	N	N	N	N
Sólidos em Suspensão Totais			N			V		V											N
Sólidos totais																			
Substâncias Tensoativas	V	V	C	N	V				N	C	N				C	C	C	C	C
Sulfato total	N	N	C	N	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N	C	C	C	C	N
Temperatura da água																			
Temperatura do ar																			
Turbidez	N	N	N										N						N
Zinco total	N	N	N			N	N			N	N	N	N	N		C	N	N	N
Nº de parâmetros que nunca violaram:	10	13	15	10	12	13	11	8	11	13	10	10	9	6	10	10	13	11	14
% de parâmetros que nunca violaram:	20	26	30	20	24	24	22	16	22	26	20	20	18	12	20	20	26	22	28
Nº de parâmetros mais de 90% censurados	11	10	13	10	9	8	9	8	8	12	10	11	9	11	15	14	11	12	11
% de parâmetros mais de 90% censurados	22	20	26	20	18	15	18	16	16	24	20	22	18	22	30	28	22	24	22
Nº de parâmetros mais de 50% violados	7	4	2	4	7	4	2	5	3	1	2	2	6	6	2	2	1	1	1
% de parâmetros mais de 50% violados	14	8	4	8	14	7	4	10	6	2	4	4	12	12	4	4	2	2	2
Nº de parâmetros sugerido inclusão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Parâmetro não monitorado
V 50% ou mais de dados violados - Parâmetro crítico (alta relevância)
C 90% ou mais de dados censurados - Parâmetro de menor relevância
N Nunca violou no período de Julho/2008 a Dezembro/2013 - Parâmetro de menor relevância
V/I 50% ou mais de dados violados, menos de 10 observações - indica-se a inclusão deste parâmetro

Tabela 5.7. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas (continuação)

Parâmetros	BV013	BV035	BV037	BV062	BV063	BV067	BV076	BV083	BV105	BV130	BV133	BV135	BV136	BV137	BV139	BV140	BV141	BV142		
Alcalinidade de bicarbonato																				
Alcalinidade total																				
Alumínio dissolvido	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C		C		C	C		
AmôniaNI																				
Arsênio Dissolvido		C													C					
Arsênio total				V	V		N				C	C	C		N		N	V	V	
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Boro total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Cádmio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Cálcio total																				
Chumbo total				C	C			C	N	N			C	C	C			C		
Cianeto total			C			C					C	C	C	C				C	C	
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Clorofila a	N		N		N	N	N	N	N	N	N	N			N	N				
Cobre dissolvido	C	C	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Coliformes termotolerantes	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V		V		
Coliformes totais								C	C											
Condutividade elétrica in loco																				
Cor verdadeira					N			N												
Cromo total	C	C	C	C			C	C	C	C	C	C	C			C	C	C		
Demanda Bioquímica de Oxigênio	C			V			N					C	C	C						
Demanda Química de Oxigênio																				
Densidade de cianobactérias	N	N	N		N	N		N				N		N	N					
Dureza de cálcio																				
Dureza de magnésio																				
Dureza total																				
Estreptococos fecais																				
Fenóis totais	C		N		N	N	N	N	N			N	N	N	N	N		N		
Feoftina a																				
Ferro dissolvido		N	N		N	N	N	N	N			V		N	N		N	N		
Ferro total																				
Fósforo total		V		V			V	V	V	V		N	N	V		V	V	V		
Magnésio total																				
Manganês total	V	V	V	V	V	V	N			V					V		V	V		
Microcistina									C										C	C
Níquel total			N				C				C	C	C							
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N		N	N	N				N	N	N		N					
Nitrogênio orgânico																				
Óleos e graxas	C	C	C		C	C		C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Oxigênio dissolvido	N	N	N		N	N		N	V	V	N	N	N	V	N	N				
pH in loco	N		N	N				N	N	N	N			N	N	N				
Potássio dissolvido																				
Saxitoxina																				
Selênio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Sódio dissolvido																				
Sólidos Dissolvidos Totais	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Sólidos em Suspensão Totais								N											V	
Sólidos totais																				
Substâncias Tensoativas	C	N	C		C	C				N	C	C	C	N	C	N	C	C		
Sulfato total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Temperatura da água																				
Temperatura do ar																				
Turbidez																				
Zinco total		N	N	N	N	N	N	N	N		N	N	N	N	N	N				
Nº de parâmetros que nunca violaram:	11	12	15	9	13	14	16	14	12	10	10	13	12	12	14	13	7	7		
% de parâmetros que nunca violaram:	20	22	28	17	24	26	31	26	22	20	20	25	24	22	26	25	13	13		
Nº de parâmetros mais de 90% censurados	10	9	9	7	8	8	9	8	7	8	13	13	12	5	9	8	10	7		
% de parâmetros mais de 90% censurados	19	17	17	13	15	15	18	15	13	16	25	25	24	9	17	16	18	13		
Nº de parâmetros mais de 50% violados	2	3	2	5	3	2	2	2	3	4	1	2	1	3	2	1	4	4		
% de parâmetros mais de 50% violados	4	6	4	9	6	4	4	4	5	8	2	4	2	5	4	2	7	7		
Nº de parâmetros sugerido inclusão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Parâmetro não monitorado
V 50% ou mais de dados violados - Parâmetro crítico (alta relevância)
C 90% ou mais de dados censurados - Parâmetro de menor relevância
N Nunca violou no período de Julho/2008 a Dezembro/2013 - Parâmetro de menor relevância
V/I 50% ou mais de dados violados, menos de 10 observações - indica-se a inclusão deste parâmetro

Tabela 5.7. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas (continuação)

Parâmetros	BV143	BV144	BV145	BV146	BV147	BV148	BV149	BV150	BV151	BV152	BV153	BV154	BV155	BV156	BV160	BV161	BV162
Alcalinidade de bicarbonato																	
Alcalinidade total																	
Alumínio dissolvido	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	N	C			
AmôniaNI																	
Arsênio Dissolvido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio total	C	C	C	V	C	V	V	V	V	V		C	C	V	C	N	
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cádmio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cálcio total																	
Chumbo total	C	C	C		N		C		C		N	C	N				C
Cianeto total	C	C	C	C	C	C	C	C	C					C	C		C
Cloro total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Clorofila a	N	N															N
Cobre dissolvido	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Coliformes termotolerantes			V		V						V	V	V	V	V		
Coliformes totais													C				
Condutividade elétrica in loco																	
Cor verdadeira																	
Cromo total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C
Demanda Bioquímica de Oxigênio	C	C	C		C							V	V		V		N
Demanda Química de Oxigênio																	
Densidade de cianobactérias	-	-	-		N						N	-	-		-	-	-
Dureza de cálcio																	
Dureza de magnésio																	
Dureza total																	
Estreptococos fecais																	
Fenóis totais	N				N				N	C	N					N	N
Feofitina a																	
Ferro dissolvido		N	N			N			N	N	N	N	N	N			
Ferro total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo total	N	N		V				V		V	V	V	V	V	V	V	
Magnésio total																	
Manganês total		N	N					V		V		N		V	V		
Microcistina	-	-	-	-	C			C		C	C						
Níquel total	C	N	C	N	N	N	N		N						C	N	C
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N		N							V			V		N
Nitrogênio orgânico																	
Óleos e graxas	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C
Oxigênio dissolvido	N	N	N			N		N			V	V	V	V			N
pH in loco		N									N	N	N	N	N	N	
Potássio dissolvido																	
Saxitoxina	-	-	-	-	-	-	-	-	C								
Selênio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sódio dissolvido																	
Sólidos Dissolvidos Totais	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Sólidos em Suspensão Totais														V			
Sólidos totais																	
Substâncias Tensoativas	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		V	V			N	C
Sulfato total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Temperatura da água																	
Temperatura do ar																	
Turbidez													N				
Zinco total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N			N	N
Nº de parâmetros que nunca violaram:	12	15	11	8	12	10	8	8	10	8	12	12	11	8	7	12	12
% de parâmetros que nunca violaram:	24	29	22	15	23	18	15	15	18	15	22	24	22	15	14	24	24
Nº de parâmetros mais de 90% censurados	13	11	12	9	11	10	10	10	10	11	8	8	7	7	9	6	10
% de parâmetros mais de 90% censurados	25	22	24	16	21	18	18	18	18	20	15	16	14	13	18	12	20
Nº de parâmetros mais de 50% violados	0	0	1	2	1	1	1	3	1	3	3	6	5	6	5	0	0
% de parâmetros mais de 50% violados	0	0	2	4	2	2	2	5	2	5	5	12	10	11	10	0	0
Nº de parâmetros sugerido inclusão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Parâmetro não monitorado
V 50% ou mais de dados violados - Parâmetro crítico (alta relevância)
C 90% ou mais de dados censurados - Parâmetro de menor relevância
N Nunca violou no período de Julho/2008 a Dezembro/2013 - Parâmetro de menor relevância
V / I 50% ou mais de dados violados, menos de 10 observações - indica-se a inclusão deste parâmetro

Caso seja necessário desativar alguma estação de monitoramento, esta deve estar contida no agrupamento 11 da AC, pois estas estações apresentam a melhor qualidade da água, maior quantidade de dados censurados e maior número de estações. Entretanto, deve-se atentar que também é importante conhecer as características naturais da água que não é muito afetada por fontes de poluições antrópicas, de modo a permitir comparações com outras regiões. Por isso, deve-se analisar a necessidade de manutenção de estações próximas e equivalentes.

Os resultados da AF levam a crer que dentre as diversas fontes de poluição interferentes na qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas, o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento adequado predomina em toda sua extensão. Percebe-se características diferentes da qualidade da água da bacia do rio das Velhas em regiões a montante e a jusante da Região Metropolitana de Belo Horizonte, principalmente pela deterioração após esta região e pelas diferenças entre o uso e ocupação do solo.

Os cinco primeiros grupos (Alto e Médio – trecho alto rio das Velhas) são mais impactados pelo lançamento de efluentes industriais e esgoto doméstico, enquanto que os demais (Médio Velhas – trecho baixo e Baixo Velhas), por poluição difusa e erosão. Estes resultados corroboram os resultados apresentados em relatórios publicados pelo IGAM (2013b). Os parâmetros cádmio total, boro total, selênio total, cromo total, cobre dissolvido e óleos e graxas foram identificados como os menos relevantes, podendo ter sua frequência de amostragem reduzida ou até mesmo suspender o monitoramento do cádmio total por ter 90% de dados censurados na maioria das estações de monitoramento.

Ressalta-se a importância de ter sido analisado nas análises multivariadas metais como arsênio, chumbo, níquel, manganês e ferro, e por isso, apesar de não citados, não significam que não são relevantes para o monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas.

5.3 Avaliação e redimensionamento da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba utilizando dados de frequência de amostragem trimestral

5.3.1 Organização do banco de dados

Das 33 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, três foram desconsideradas por terem o monitoramento iniciado a partir de 2012. O período de monitoramento contínuo e comum entre as estações de monitoramento ativas é de 2008 a 2013, sendo selecionado para estudo neste trabalho.

Dos 55 parâmetros de qualidade da água, apenas 24 (44%) apresentaram menos de 10% de dados faltantes. O parâmetro Cádmio total apresentou 99% de dados censurados, sendo, portanto, desconsiderado das análises. O limite de detecção do método analítico de mensuração do parâmetro Fenóis mudou durante o período avaliado, o que resultou na sua exclusão do banco de dados para aplicação da análises estatísticas multivariadas. Os parâmetros temperatura do ar, coliformes totais e nitrito foram excluídos das análises posteriores por não serem representativos para avaliação da qualidade da água, conforme já abordado no capítulo anterior.

Portanto, o banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas abrangeu 720 coletas, de 18 parâmetros em 30 estações de monitoramento (descritas no Quadro IV.1 do Apêndice IV), resultando em uma análise de 13.560 dados válidos para o período de 2008 a 2013. As características deste banco de dados estão apresentadas no Quadro 5.8.

Quadro 5.8. Banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas.

Período	1º trimestre de 2008 ao 4º trimestre de 2013
Total de coletas	720
Dados válidos	13.560
Estações de monitoramento	BP022, BP024, BP026, BP027, BP029, BP032, BP036, BP066, BP068, BP069, BP070, BP071, BP072, BP073, BP074, BP076, BP078, BP079, BP080, BP082, BP083, BP084, BP086, BP088, BP090, BP092, BP094, BP096, BP098, BP099
Parâmetros	Cloreto total, Coliformes termotolerantes, Condutividade elétrica <i>in loco</i> , Cor verdadeira, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Ferro dissolvido, Fósforo total, Manganês total, Nitrato, Nitrogênio amoniacal total, Nitrogênio orgânico, Oxigênio dissolvido, pH <i>in loco</i> , Sólidos em suspensão totais, Sólidos totais, Temperatura da água, Turbidez

Os parâmetros que atingiram os pré-requisitos para a aplicação da multivariada na bacia do rio Paraopeba podem caracterizar principalmente a presença de matéria orgânica e inorgânica no corpo d'água. Todavia, parâmetros que podem conferir toxicidade à água como arsênio, chumbo, cianeto, cobre, sulfato, zinco, entre outros, não estão sendo analisados na estatística multivariada. Este fato não exclui a relevância destes parâmetros no monitoramento, mas, justifica ainda, a importância de um monitoramento contínuo para se obter uma análise estatística completa dos parâmetros amostrados.

5.3.2 Análise descritiva do banco de dados com frequência de amostragem mensal

No Apêndice IV estão apresentadas as estatísticas descritivas do banco de dados selecionado (Tabelas IV.1 a IV.19), o p-valor resultante do teste de normalidade de Shapiro-Wilk ao nível de significância α de 5% (Tabela IV.20) e a porcentagem de *outliers*, calculados para cada parâmetro e em cada estação de monitoramento (Tabela IV.21).

Uma análise preliminar das medianas das estações de monitoramento permitiu identificar que as estações de monitoramento BP073, BV071, BP069 e BP086 são as mais afetadas por esgoto doméstico na bacia do rio Paraopeba, em especial, as duas primeiras estações, por apresentarem as maiores medianas para os parâmetros característicos de matéria orgânica (Col.term., DBO, DQO, P_T , $N-NH_4^+$, Norg,) e menores para OD.

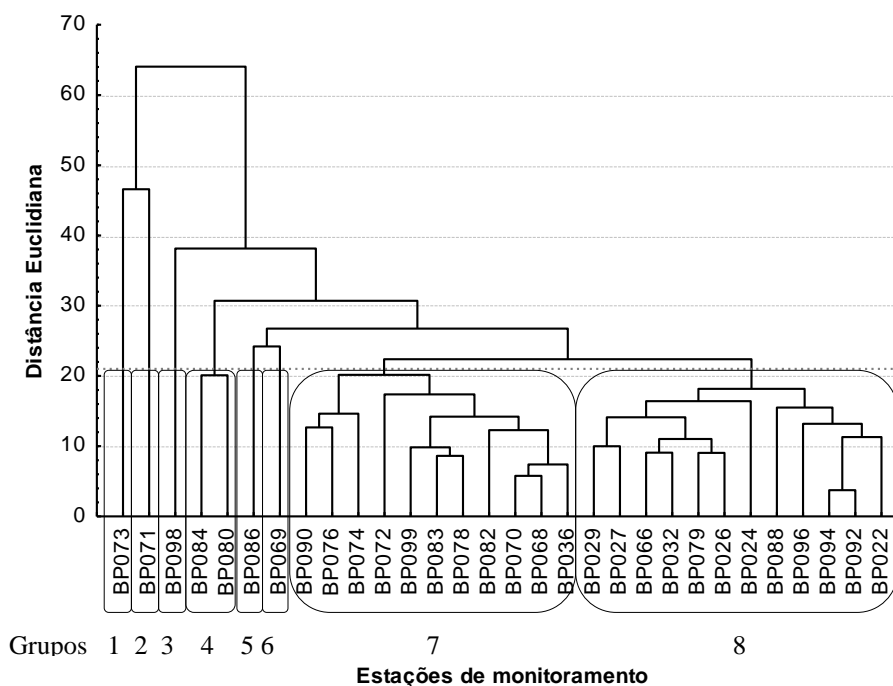
Os *outliers* detectados são característicos principalmente de variações hidrológicas e por isso, optou-se pela manutenção destes na análise multivariada. Os resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, ao nível de significância de 5% apresentaram distribuição assimétrica para a maioria dos parâmetros.

5.3.3 Avaliação de espacial da qualidade da água, utilizando dados com frequência de amostragem trimestral

Para o agrupamento das 30 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, foi considerada a distância euclidiana de 21,27, que resultou na formação de oito grupos, conforme apresentado no dendograma na Figura 5.17.

As estações de monitoramento dos grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, podem ser consideradas as mais relevantes na bacia do rio Paraopeba, pois possuem características únicas que se diferem das demais, já que foram separadas isoladamente em grupos ou em pequeno grupo, no caso do grupo 4.

Figura 5.17. Dendograma da Análise de Cluster para o banco de dados mensais da bacia do rio das Velhas, referente ao período de 2009 a 2013: 12 meses, 16 parâmetros e 18 estações de monitoramento.



Não por acaso, estas estações representam os corpos de água que obtiveram as maiores frequências de “Muito Ruim” e “Ruim” na comparação dos valores do Índice de Qualidade da Água (IQA) entre as estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba no período de 1997 a 2012 (IGAM, 2013a). Por isso, caso haja necessidade de desativar alguma estação de monitoramento, esta deve estar presente no grupo 7 ou 8.

Os grupos formados pela AC foram identificados por diferentes cores na Figura 5.18 para uma análise de localização geográfica destes, por meio do software arcGIS.

A maior variabilidade da qualidade da água na bacia do rio Paraopeba ocorre na região do Médio Paraopeba, onde está localizada a cidade de Betim, área de alta densidade populacional e alto nível de industrialização, e que a qualidade da água ainda se diferencia em estações a montante e a jusante dessa região.

Os resultados das Análises de Componentes Principais e Fatorial explicaram de 63,1 a 82,9% da variabilidade da qualidade das águas superficiais de cada agrupamento formado pela AC, restando entre cinco e seis fatores. Os valores das cargas fatoriais de cada parâmetro para cada fator e a variabilidade da qualidade da água explicada por cada fator estão apresentados na Tabela IV.22 do Apêndice IV. Os gráficos das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* estão apresentados na Figura 5.19.

Figura 5.18. Identificação dos agrupamentos das estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, formados pela Análise de Cluster: 30 estações, 20 parâmetros, 2008 a 2013.

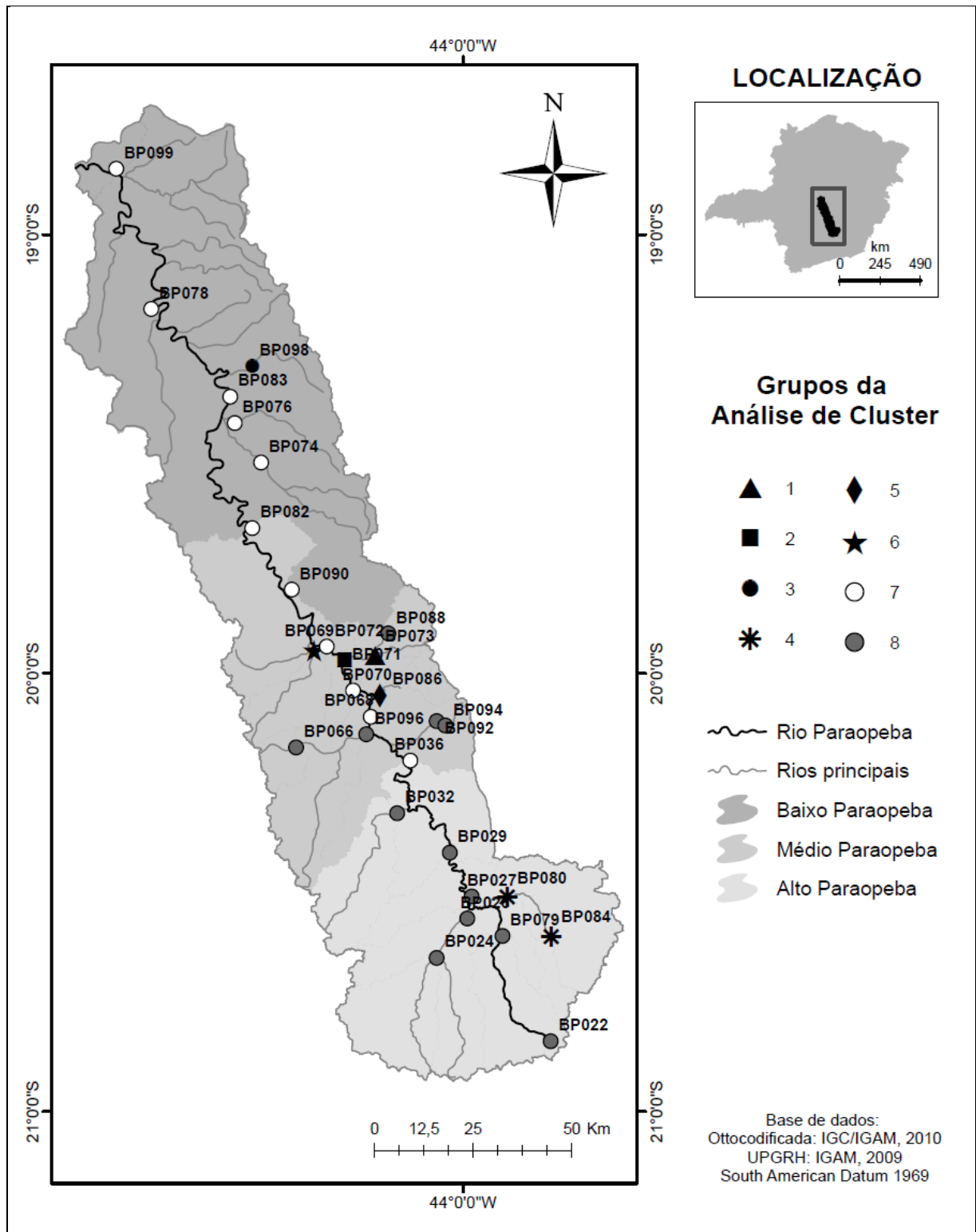
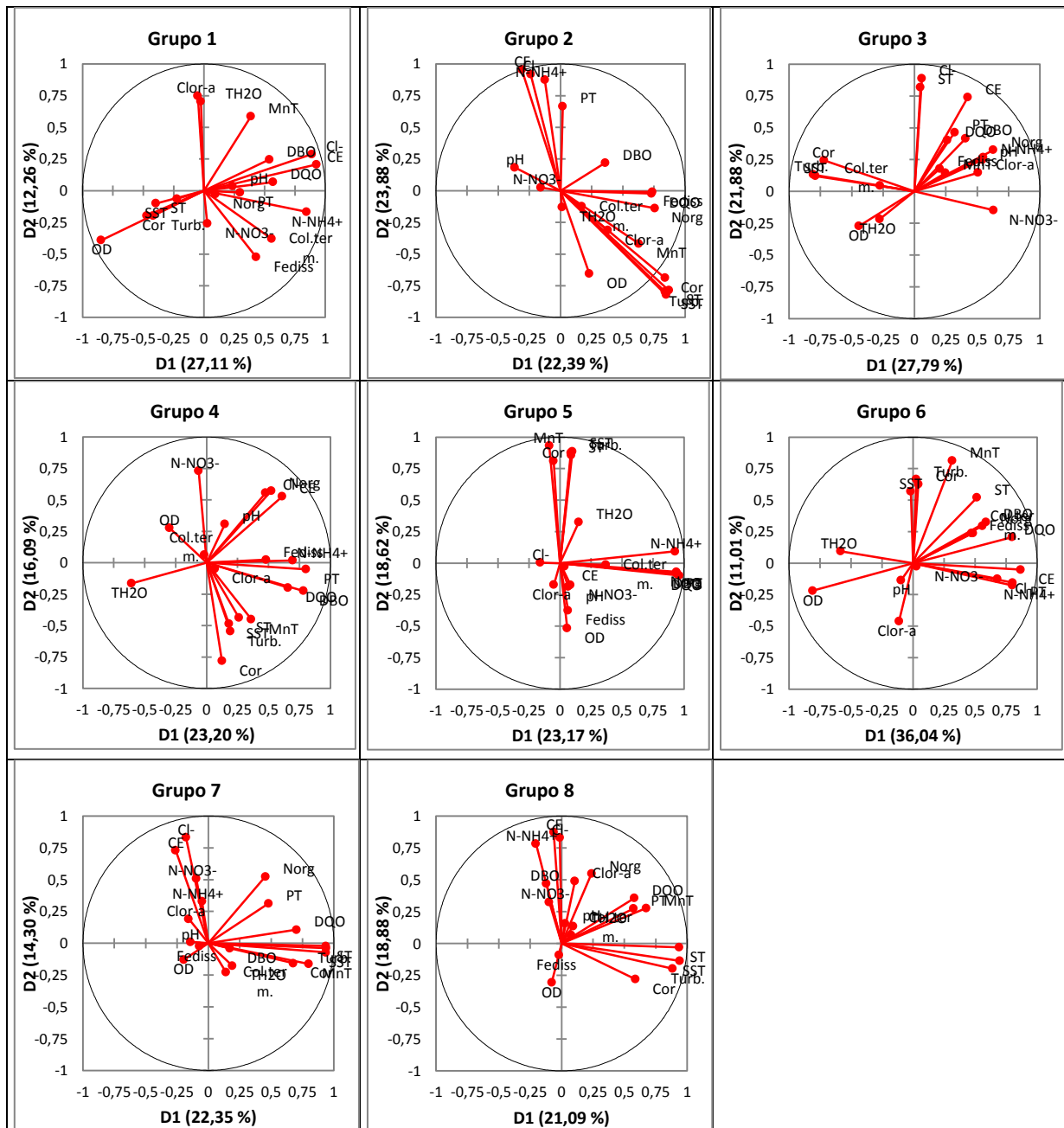


Figura 5.19. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento trimestral da bacia do rio Paraopeba.



As estações de monitoramento BP073 e BP071, que constituem os grupos 1 e 2, respectivamente, já são conhecidas pelas suas péssimas condições de qualidade da água (ANA, 2012; ARAUJO, 2014; IGAM, 2010; IGAM, 2013a;), sendo as estações de monitoramento mais impactadas na bacia do rio Paraopeba. A estação BP073 se localiza no ribeirão Areias e recebe lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais do município de Betim (IGAM, 2014). Por isso, os principais parâmetros correlacionados com o fator um extraído da ACP/AF estão relacionados com matéria orgânica biodegradável (Cl, CE, DBO,

N-NH₄⁺), e se correlaciona negativamente com o oxigênio dissolvido, indicando intenso processo de autodepuração. O fator dois está altamente correlacionado com o parâmetro clorofila-*a*, que retrata a presença de algas na água superficial em função da alta concentração de nutrientes. Este resultado é confirmado pelo IGAM (2013a), que apontou um alto Índice de Estado Trófico para esta estação de monitoramento. Os efluentes descartados neste grupo do rio Paraopeba também contém alto teor de sólidos dissolvidos e suspensos, que interferem na cor e na turbidez da água (fator 3).

A estação BP071 (grupo 2) se localiza no rio Betim, à jusante da confluência com o ribeirão Areias, e por isso também é afetada por toda a carga de poluição proveniente da região da estação BP073. Seus dois primeiros fatores explicam 46% da variabilidade da qualidade da água. O primeiro fator está altamente correlacionado com o parâmetro cor, alterada pelas altas concentrações de ferro dissolvido e manganês total.

De acordo com CETESB (2009), o aporte de manganês e ferro dissolvido na água superficial pode ser resultado do carreamento de solos e de ocorrência de processos de erosão nas margens do rio ou por efluentes industriais. O ferro pode ser proveniente de efluentes de decapagem (remoção da ferrugem) em indústrias metalúrgicas, enquanto que o manganês tem sua aplicação na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros. Há também grande concentração de sólidos suspensos totais (SST, ST, Turb.), representada pelo fator 1, e de matéria orgânica biodegradável (fator 2).

O grupo 3 é representado pela estação BP098, que se localiza no ribeirão do Cedro, no baixo Paraopeba. Seu principal fator está relacionado com o desenvolvimento de algas (correlação positiva com clorofila *a*, nitrato, nitrogênio orgânico e pH, e negativa com cor, sólidos totais e turbidez). A poluição difusa por agricultura e áreas de pastagens (solo exposto) pode ser a principal fonte de poluição atuante nesta estação, em função do alto teor de nutrientes e sólidos na água.

As estações de monitoramento do grupo 4 (BV084 e BV080) se encontram no rio Maranhão, no Alto Paraopeba. O fator 1 deste grupo está correlacionado com matéria orgânica (DBO, DQO, P_T, N-NH₄⁺, Norg) e CE. Há também correlação negativa com temperatura da água no fator 1, indicando ser uma região mais fria. Além da matéria orgânica, originada de esgoto doméstico das cidades dos municípios de Congonhas e Conselheiro Lafaiete, outros fatores

extraídos evidenciam fontes de poluição de mineração (CE, Cor, Fe_{diss}), carreamento de solo (SST, ST, Turb.) e algas (clor-*a*).

O fator 1 do grupo 5 (estação BV086) está correlacionado com DBO, DQO, PT, $N-NH_4^+$ e Norg, ou seja, a contaminação por matéria orgânica também ocorre nesta estação. O segundo fator, que explica 18,6% da variabilidade da qualidade da água, indica contaminação por mineração, contribuindo com o aporte de manganês e sólidos suspensos no corpo d'água.

A estação BP069, que constitui o grupo 6, tem 36% da variabilidade da qualidade da água explicada pelo fator 1, o qual é relacionado com matéria orgânica biodegradável. A alta correlação negativa com oxigênio dissolvido indica o alto grau de autodepuração do curso d'água. Esta estação recebe impactos de grande parte dos esgotos de Juatuba e Mateus Leme, já que há, no máximo, 65% de coleta de esgoto nestas cidades (IGAM, 2013a). Outros parâmetros altamente correlacionados com os demais fatores são o manganês e cor e turbidez (carreamento de solo) e nitrato, clorofila-*a* e pH (proliferação de algas).

O grupo 7, composto por onze estações de monitoramento, possui correlação moderada com DQO e Cor, e alta correlação com manganês total, SST, ST e turbidez, indicando que a principal fonte de poluição é a carreamento de sólidos para o corpo d'água, principalmente de materiais orgânicos não biodegradáveis. O segundo fator é correlacionado com cloreto total, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal total e nitrogênio orgânico. Nota-se que neste grupo não há uma concentração de matéria orgânica biodegradável tão alta quanto nos demais grupos anteriormente analisados.

Estas estações estão localizadas, em sua maioria, na calha do rio Paraopeba, a partir da região do Médio Paraopeba, onde ocorrem as principais contaminações de esgoto doméstico e efluentes industriais. Por isso, provavelmente essa melhor condição de qualidade da água se deve à diluição dos contaminantes e poluentes com a maior vazão do rio Paraopeba.

Os mesmos parâmetros e correlações similares foram encontrados na caracterização da qualidade da água das doze estações de monitoramento que compõe o grupo 8. As estações deste grupo estão localizadas principalmente no Alto Paraopeba, e em afluentes do rio principal na região do Médio Paraopeba. Verifica-se que os parâmetros DBO e clorofila *a* não foi correlacionado com nenhum fator extraído para este grupo, dessa forma, a matéria orgânica não biodegradável prevalece na qualidade das águas superficiais deste grupo.

Portanto, de acordo com as análises de Componentes Principais e Fatorial, os grupos 7 e 8 formados pela Análise de Cluster, representam os grupos com melhor qualidade da água da bacia do rio Paraopeba, enquanto que os demais, apresentam alta matéria orgânica biodegradável, manganês, ferro, e sólidos suspensos e dissolvidos proveniente de esgotos sanitários, efluentes industriais e atividades minerárias.

Os resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas confirmaram os resultados encontrados pelas Análises multivariadas. Alguns gráficos *box-plot* estão apresentados na Tabela IV.23 do Apêndice IV e o restante no corpo do texto. Foram encontradas diferenças significativas para todos os parâmetros de qualidade da água em relação aos agrupamentos formados pela AC.

Como já era esperado, os grupos 7 e 8 se destacam por terem concentrações significativamente menores dos demais grupos para a maioria dos parâmetros analisados, e as maiores concentrações significativas de oxigênio dissolvido, confirmando que as estações de monitoramento destes grupos possuem melhor qualidade da água que as demais. Todavia, como as estações de monitoramento do grupo 7 estão a jusante do polo industrial de Betim, estas recebem maior carga de poluentes. Por isso, os valores de cloreto total, clorofila-*a*, condutividade elétrica, cor verdadeira, fósforo total, nitrato, nitrogênio orgânico, pH, sólidos suspensos totais, sólidos totais, temperatura da água e turbidez foram significativamente maiores no grupo 7 do que nas estações de monitoramento do grupo 8.

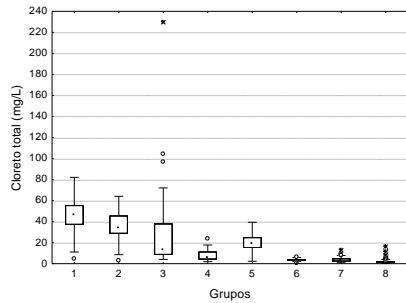
Os resultados do teste de comparações múltiplas confirmam ainda que as estações de monitoramento BP073 e BP071 (Grupo 1 e 2, respectivamente) são as estações cuja qualidade das águas superficiais são mais degradadas da bacia do rio Paraopeba. Estas estações possuem as maiores concentrações significativas para cloreto total, clorofila *a*, condutividade elétrica, DQO, Fósforo total, Nitrogênio amoniacal e orgânico, sólidos totais e menores concentrações significativas para oxigênio dissolvido, em relação às demais estações (Figura 5.20). Em comparação, a estação BP073 ainda apresenta concentração significativamente maior para DBO e DQO em relação à estação BP071.

Em relação à contaminação por esgoto doméstico, a concentração de coliformes termotolerantes foram significativamente menores para os grupos 3, 7 e 8. Destaca-se que a maioria das observações deste parâmetro no grupo 1 se concentraram no valor do limite de detecção do método, que é de 160.000 NMP/100mL (Figura 5.20). Ou seja, a estação BP073 é altamente contaminada por esgoto doméstico, gerando sérios riscos à saúde da população.

Figura 5.20. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados na Análise de Cluster.

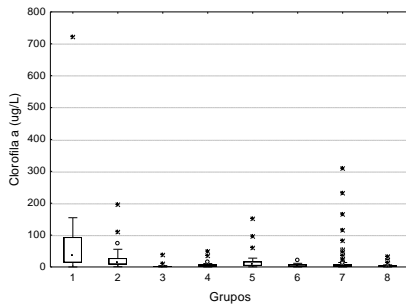
Box-plot das concentrações dos parâmetros e Resultados do teste de comparações múltiplas

Cloreto total (mg/L)



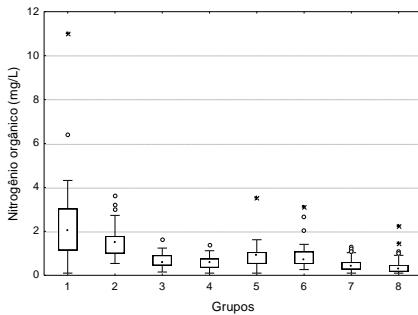
1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
	=	=	↓	↓	↓	↓	↓	1
=		=	↓	↓	↓	↓	↓	2
=	=		↓	=	↓	↓	↓	3
↑	↑	↑		↑	↓	↓	↓	4
↑	↑	=	↓		↓	↓	↓	5
↑	↑	↑	↑	↑	=	=	↓	6
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		8

Clorofila a (µg/L)



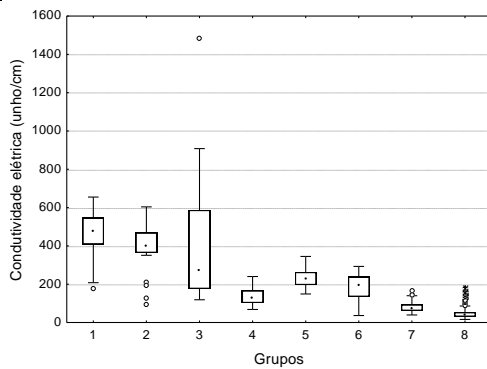
1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
	=	↓	↓	=	↓	↓	↓	1
=		↓	↓	=	↓	↓	↓	2
↑	↑		↑	↑	=	↑	=	3
↑	↑	↓		=	=	=	↓	4
=	=	↓	=		=	=	↓	5
↑	↑	=	=	=		=	=	6
↑	↑	↓	=	=	=		↓	7
↑	↑	=	↑	↑	=	↑		8

Nitrogênio orgânico (mg/L)



1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
=		↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
↑	↑		=	=	=	↓	↓	3
↑	↑	=		=	=	↓	↓	4
↑	↑	=	=		=	↓	↓	5
↑	↑	=	=	=		↓	↓	6
↑	↑	↑	=	↑	↑		↓	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		8

Condutividade elétrica (µmho/cm)

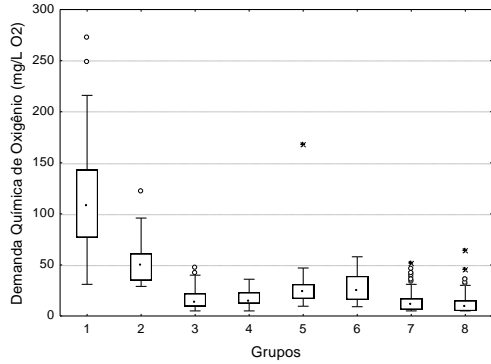


1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
	=	=	↓	↓	↓	↓	↓	1
=		=	↓	↓	↓	↓	↓	2
=	=		↓	=	=	↓	↓	3
↑	↑	↑		↑	=	↓	↓	4
↑	↑	=	↓		=	↓	↓	5
↑	↑	=	=	=		↓	↓	6
↑	↑	↑	↑	↑	↑		↓	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		8

Figura 5.24. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados na Análise de Cluster. (continuação).

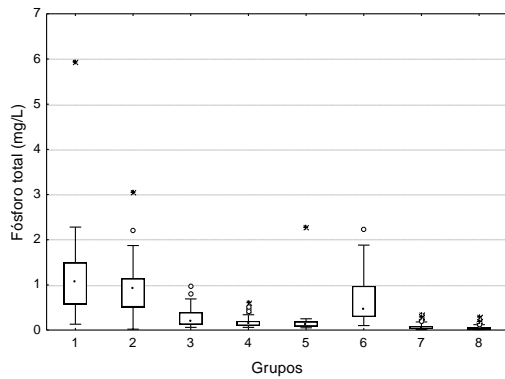
Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

Demanda Química de Oxigênio (mg/L O₂)



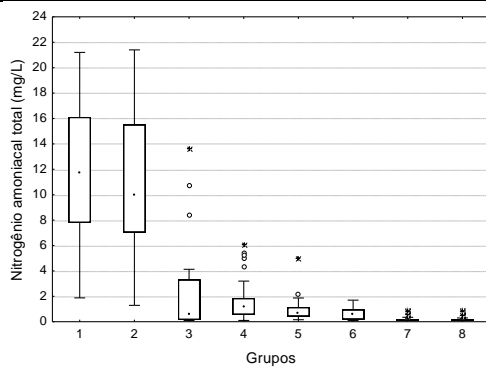
1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
↑	↑	↓	=	=	=	=	=	3
↑	↑	=	↓	=	↑	↓	↓	4
↑	↑	=	↓	=	↓	↓	↓	5
↑	↑	=	↑	↑	↑	↓	↓	6
↑	↑	=	↑	↑	↑	=	=	7
↑	↑	=	↑	↑	↑	=	↓	8

Fósforo total (mg/L)



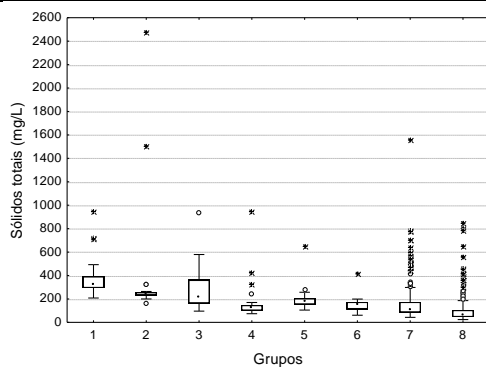
1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
=	↓	↓	↓	↓	=	↓	↓	2
↑	↑	↓	=	=	↑	↓	↓	3
↑	↑	=	↓	=	↑	↓	↓	4
↑	↑	=	↓	↓	↑	↓	↓	5
=	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	8

Nitrogênio amoniacal total (mg/L)



1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
↑	↑	↓	=	=	=	↓	↓	3
↑	↑	=	↓	=	↓	↓	↓	4
↑	↑	=	↑	=	↓	↓	↓	5
↑	↑	=	↑	=	↓	↓	↓	6
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	↓	8

Sólidos totais (mg/L)

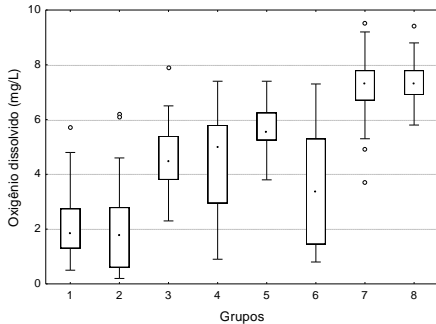


1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
=	=	↓	↓	=	↓	↓	↓	3
↑	↑	↑	↓	↑	=	=	↓	4
↑	↑	↑	=	↓	=	↓	↓	5
↑	↑	↑	=	=	↓	=	↓	6
↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	↓	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	8

Figura 5.24. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados na Análise de Cluster. (continuação).

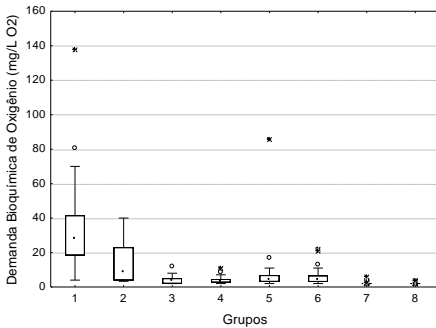
Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

Oxigênio dissolvido (mg/L)



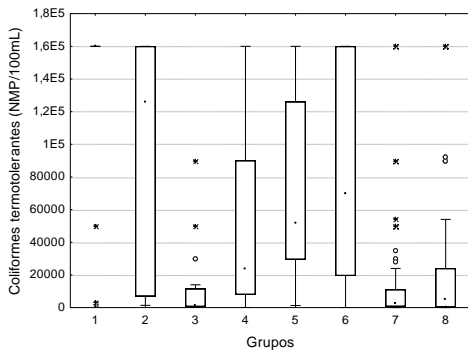
1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
=	=	↑	↑	↑	=	↑	↑	1
=	↓	↑	↑	↑	=	↑	↑	2
↓	↓	=	=	=	=	↑	↑	3
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	4
=	=	=	=	↑	↓	↑	↑	5
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	6
↓	↓	↓	↓	↓	↓	=	=	7
↓	↓	↓	↓	↓	↓	=	↓	8

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O₂)

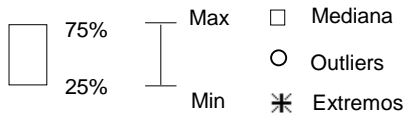


1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
↑	↓	↓	↓	=	=	↓	↓	2
↑	↑	↓	=	=	=	↓	↓	3
↑	↑	=	↓	=	=	↓	↓	4
↑	=	=	=	↓	↓	↓	↓	5
↑	=	=	=	↑	↓	↓	↓	6
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	=	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	↓	8

Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)



1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
↑	↑	↓	↑	↑	↑	=	=	3
↑	=	↓	↓	=	=	↓	↓	4
↑	=	↓	=	↓	↓	↓	↓	5
↑	=	↓	=	↓	↓	↓	↓	6
↑	↑	=	↑	↑	↑	↓	=	7
↑	↑	=	↑	↑	↑	=	↓	8



= Grupo em negrito (acima) não se difere significativamente do grupo em itálico (à direita)
 ↑ Grupo em negrito (acima) significativamente maior que o grupo em itálico (coluna à direita)
 ↓ Grupo em negrito (acima) significativamente menor que o grupo em itálico (coluna à direita)

Os resultados do teste de comparações múltiplas também confirmaram que a estação BP098 (grupo 3) está próxima de áreas de pastagens ou solo exposto, pois apresenta concentrações significativas de cloreto total, condutividade elétrica e sólidos totais maiores em relação às demais estações de monitoramento, não se diferenciando das estações BP073 e BP071.

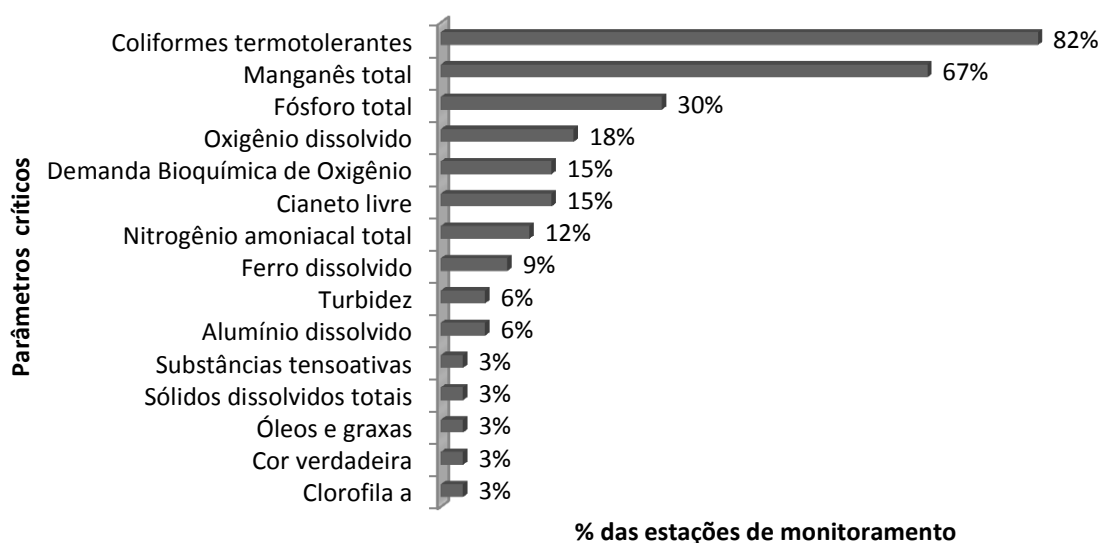
As concentrações de ferro e manganês não se diferenciaram significativamente entre a maioria dos grupos. Entretanto, destaca-se uma concentração maior desses metais no grupo 4, localizado no Quadrilátero Ferrífero, sendo portanto, originado de atividades minerárias. O pH deste grupo também foi significativamente menor em relação aos demais grupos, exceto o 8, possivelmente em função da presença de metais dissolvidos.

Concentrações significativas de manganês também foram observadas no grupo 5 (estação BV086). Menores temperaturas da água foram significativas nos grupos 8 e 4.

5.3.3.1 Análise de violação dos parâmetros de qualidade da água à legislação

A análise de violações aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/2008 identificou os parâmetros coliformes termotolerantes, manganês total e fósforo total como os mais relevantes para a bacia do rio Paraopeba (Figura 5.22), e são, coincidentemente, os mesmos identificados para a bacia do rio das Velhas. Este resultado vai ao encontro aos resultados obtidos pelas Análises de Componentes Principais e Fatorial, que indicaram o esgoto doméstico, alta matéria orgânica e carreamento de sólidos (por mineração ou solo exposto) como principais fontes de poluição na bacia do rio Paraopeba. Trabalhos desenvolvidos na bacia do rio Paraopeba por Araujo (2014) e Sabino *et al.* (2008) também confirmam os resultados encontrados. Vale a pena destacar que não se conhece a concentração basal de alguns metais na bacia do rio Paraopeba, e que portanto, altas concentrações de ferro e manganês também podem estar associadas à concentração “*background*”, mas não se pode afirmar.

Figura 5.21. Porcentagem de estações de monitoramento de frequência trimestral na bacia do rio Paraopeba que apresentaram 50% ou mais de violação aos parâmetros analisados.



Avaliando as estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba que apresentaram mais parâmetros críticos, destaca-se a estação BP073, com oito parâmetros críticos. Nota-se novamente que os resultados analisados por estação de monitoramento estão coerentes com aqueles encontrados para os agrupamentos. As estações que ficaram isoladas (Grupos 1, 2, 3, 4 e 6) ou que se agruparam em menor número (Grupos 5) no dendograma apresentaram o maior número de parâmetros críticos (Quadro 5.9).

Quadro 5.9. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento mensal do rio das Velhas, considerando o período de 2008 a 2013.

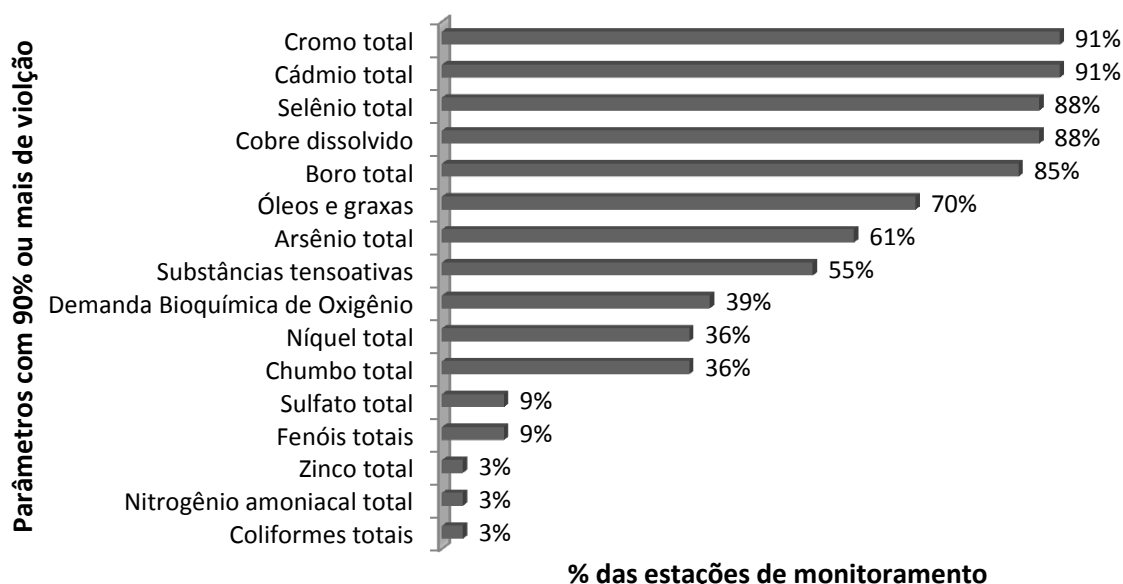
	Número de parâmetros críticos						
	8	5	4	3	2	1	0
Estações de monitoramento	BP073	BP069	BP098	BP071	BP024	BP022	BP094
		<u>BP084</u>		<u>BP080</u>	BP027	BP026	
				BP086	BP029	BP032	
					BP036	BP078	
					BP066	BP082	
					BP068	BP088	
					BP070	BP090	
					BP072	BP092	
					BP074	BP096	
					BP076	BP099	
					BP079		
					BP083		

Legenda: **Grupos 1, 2, 3, 5 e 6 (estações isoladas no dendograma); Grupo 4 (2 estações); Grupo 5 (11 estações); Grupo 7 (12 estações)**

O Quadro 5.9 ainda chama atenção para a estação de monitoramento BP094, que não possui nenhum parâmetro crítico no período avaliado, ou seja, nenhum parâmetro com 50% ou mais de violação, sugerindo que esta é a estação que monitora a região da bacia do rio Paraopeba menos degradada.

Os resultados da análise do percentual de dados censurados estão apresentados na Figura 5.22. Os parâmetros cromo total, cádmio total, selênio total, cobre dissolvido e boro total possuem 90% ou mais de dados censurados em mais de 85% das estações de monitoramento avaliadas. Por isso, podem ser considerados os menos relevantes no monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba. Da mesma forma como os parâmetros mais relevantes, estes coincidiram com os menos relevantes da bacia do rio das Velhas.

Figura 5.22. Porcentagem de estações de monitoramento nas quais os parâmetros apresentam 90% ou mais de dados censurados, considerando o período de 2008 a 2013.



Considerando o número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados no período de 2008 a 2013, por estação de monitoramento (Quadro 5.10), nota-se o comportamento que já era esperado: as estações com maiores violações são as que possuem menor número desses parâmetros. As estações de monitoramento BP092, BP094 e BP090 são as estações que possuem a maior quantidade (12 a 14), o que indica uma menor variabilidade da qualidade da água nestas estações. .

Quadro 5.10. Número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados nas estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, considerando o período de 2008 a 2013.

	Número de parâmetros com 90% ou mais de dados censurados									
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Estações de monitoramento	BP092	BP094	BP090	BP022	BP026	BP066	BP024	BP027	BP071	BP073
				BP032	BP036	BP074	BP029	BP072	BP080	
				BP068	BP069	BP086	BP070	BP099		
				BP079	BP076	BP088	BP078			
				BP083	BP082	BP098	BP084			
										BP096

Os resultados obtidos também sugerem uma avaliação da manutenção das estações BP092 e BP094 na rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba. Essas estações estão localizadas geograficamente próximas, possuem a menor distância euclidiana de agrupamento de acordo com a Análise de Cluster, possuem baixo número de parâmetros críticos e grande quantidade de censurados. Por isso, caso haja necessidade de desativar alguma estação de monitoramento, que seja a BP094, por não haver nenhum parâmetro crítico nesta estação. Entretanto, esta análise deve ser feita criteriosamente pelos técnicos do IGAM.

Portanto, a análise das violações dos parâmetros de qualidade da água aos limites preconizados pela legislação ambiental confirmou os resultados obtidos pelas análises multivariadas e ainda auxiliou na sua interpretação.

5.3.4 Considerações finais e Proposta de Adequação da rede de monitoramento

A tabela resumo dos resultados obtidos pela análise de violação e dados censurados está apresentada na Tabela 5.3, onde foram destacados os parâmetros de qualidade da água mais importantes para a estação de monitoramento (50% ou mais de violação), “V”; os menos relevantes (90% ou mais de dados censurados), “C” e com destaque para os que não tiveram violações no período de estudo (N). Além disso, foi sugerido o retorno do monitoramento de parâmetros que apresentaram 50% ou mais de violações em poucas medições (menos de dez), destacando-os como possíveis parâmetros críticos na estação de monitoramento (V/I).

Os parâmetros cianeto livre, fenóis totais, mercúrio total, substâncias tensoativas, sulfato total e sulfeto foram desconsiderados da análise devido à ocorrência de mudança do limite de detecção do método analítico de mensuração no intervalo analisado. Por isso, não teve como fazer inferências sobre as violações destes parâmetros.

Tabela 5.3. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Paraopeba.

Parâmetros	BP022	BP024	BP026	BP027	BP029	BP032	BP036	BP066	BP068	BP069	BP070	BP071	BP072	BP073	BP074
Alcalinidade de bicarbonato															
Alcalinidade total															
Alumínio total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AmôniaNI															
Arsênio total	C	N	C	N	N	C	C		C	C	N	C		C	C
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	N	C	N	C
Cádmio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cálcio total															
Chumbo total	C							C		C		C			
Cianeto total	C	C	C			C	C	C	C	C	C		C		C
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Clorofila a	N		N	N	N	N	N	N						N	V
Cobre dissolvido	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	N	C
Coliformes termotolerantes	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Coliformes totais															C
Condutividade elétrica in loco															
Cor verdadeira	N	N	N			N				N					N
Cromo total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Demanda Bioquímica de Oxigênio	N	N	C	N	C	C	C	C	C	V	N		N	V	
Demanda Química de Oxigênio															
Densidade de cianobactérias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-
Dureza de cálcio															
Dureza de magnésio															
Dureza total															
Estreptococos fecais															
Feoftina a															
Ferro dissolvido												N			
Fósforo total	N	N				N		N		V		V		V	
Magnésio total															
Manganês total		V		V	V		V	V	V	V	V	N	V	V	
Níquel total	C	N	N	N	N	C	N		C	C	N			N	C
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		N	V	N
Nitrogênio orgânico															
Óleos e graxas		C	C	C	C	C	C		C	C	C		C		C
Oxigênio dissolvido	N	N	N	N	N	N	N	N	N	V	N	V		V	N
pH in loco			N		N		N		N	N	N	N	N	N	N
Potássio dissolvido															
Selênio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sódio dissolvido															
Sólidos dissolvidos totais	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Sólidos em suspensão totais	N														
Sólidos totais															
Temperatura da água															
Temperatura do ar															
Turbidez	N														V
Zinco total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nº de parâmetros que nunca violaram	14	13	12	12	12	11	11	10	10	9	13	11	10	9	10
% de parâmetros que nunca violaram	23	22	20	20	20	18	18	17	17	15	22	18	17	15	17
Nº de parâmetros mais de 90% censurados	9	7	9	6	7	10	9	8	10	10	7	6	7	5	9
% de parâmetros mais de 90% censurados	15	12	15	10	12	17	15	13	17	17	12	10	12	8	15
Nº de parâmetros mais de 50% violados	1	2	1	2	2	1	2	2	2	5	2	3	2	7	2
% de parâmetros mais de 50% violados	2	3	2	3	3	2	3	3	3	8	3	5	3	12	3
Nº de parâmetros sugerido inclusão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Parâmetro não monitorado
V 50% ou mais de dados violados - Parâmetro crítico (alta relevância)
C 90% ou mais de dados censurados - Parâmetro de menor relevância
N Nunca violou no período de Julho/2008 a Dezembro/2013 - Parâmetro de menor relevância
V / I 50% ou mais de dados violados, menos de 10 observações - indica-se a inclusão deste parâmetro

Tabela 5.3. Tabela resumo da Análise de Violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Paraopeba. (continuação)

Parâmetros	BP076	BP078	BP079	BP080	BP082	BP083	BP084	BP086	BP088	BP090	BP092	BP094	BP096	BP098	BP099
Alcalinidade de bicarbonato															
Alcalinidade total															
Alumínio total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AmôniaNI															
Arsênio total	C		C		C	C	N	C	C	C	C	C	C	C	C
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cádmio total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cálcio total															
Chumbo total			C		C		C		C		C	C	C	C	C
Cianeto total	C	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Clorofila a							N				N	N	N		
Cobre dissolvido	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Coliformes termotolerantes	V		V	V	V	V	V	V		V	V		V	V	V
Coliformes totais															
Condutividade elétrica in loco															
Cor verdadeira			N					N		N	N				
Cromo total	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Demanda Bioquímica de Oxigênio	N	N	C		C	C				C	C	C	N		C
Demanda Química de Oxigênio															
Densidade de cianobactérias	-	-	-	-	-	-	-	N	N	-	-	-	-	-	N
Dureza de cálcio															
Dureza de magnésio															
Dureza total															
Estreptococos fecais															
Feoftina a															
Ferro dissolvido						N	V		N		N				
Fósforo total			N	V			V	V			N	N		V	
Magnésio total															
Manganês total		V	V	V		V	V	V	V		N	N		V	
Níquel total	C		N	N	N	C	N	C	C	C	C	N	C		
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N	N	N	N			N	N	C	N	N		
Nitrogênio orgânico															
Óleos e graxas	C	C	C	C		C	C	C		C	C	C	C	C	
Oxigênio dissolvido	N	N	N			N	V			N	N	N	N	V	N
pH in loco	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N				N	
Potássio dissolvido															
Selênio total	C	C	C	N	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sódio dissolvido															
Sólidos dissolvidos totais	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		N
Sólidos em suspensão totais							N				N	N	N		
Sólidos totais															
Temperatura da água															
Temperatura do ar															
Turbidez	V						N				N	N	N		
Zinco total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	C	N	N	
Nº de parâmetros que nunca violaram	10	10	12	10	9	10	12	8	11	9	14	14	12	6	4
% de parâmetros que nunca violaram	17	17	20	17	15	17	20	13	18	15	23	23	20	10	6
Nº de parâmetros mais de 90% censurados	9	7	10	5	9	10	8	9	9	10	12	11	10	9	6
% de parâmetros mais de 90% censurados	15	12	17	8	15	17	13	15	15	17	20	18	17	15	10
Nº de parâmetros mais de 50% violados	2	1	2	3	1	2	5	3	1	1	1	0	1	4	1
% de parâmetros mais de 50% violados	3	2	3	5	2	3	8	5	2	2	2	0	2	7	2
Nº de parâmetros sugerido inclusão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Parâmetro não monitorado
V 50% ou mais de dados violados - Parâmetro crítico (alta relevância)
C 90% ou mais de dados censurados - Parâmetro de menor relevância
N Nunca violou no período de Julho/2008 a Dezembro/2013 - Parâmetro de menor relevância
V/I 50% ou mais de dados violados, menos de 10 observações - indica-se a inclusão deste parâmetro

Em geral, as estações de monitoramento mais relevantes da bacia do rio Paraopeba, são as pertencentes aos grupos 1 a 6 da Análise de Cluster, por apresentarem altas violações, e se diferenciarem significativamente das demais para a maioria dos parâmetros de qualidade da água. São elas: BP073, BP071, BP098, BP084, BP080, BP086 e BP069, sendo a maioria destas localizadas na região do polo industrial de Betim, cuja qualidade da água é afetada principalmente por esgoto doméstico e efluentes industriais.

As estações de monitoramento do grupo 7 e 8 apresentam melhor qualidade da água, menores violações e maior quantidade de dados censurados comparada às demais. Considerando toda a bacia do rio Paraopeba, os parâmetros mais relevantes identificados foram coliformes termotolerantes, manganês total e fósforo total. Os parâmetros cromo total, cádmio total, selênio total, cobre dissolvido, boro total e óleos e graxas foram identificados como os menos relevantes, podendo ter sua frequência de amostragem reduzida. Coincidentemente, estes resultados foram os mesmos observados para a bacia do rio das Velhas.

A estação de monitoramento BP094 monitora a região de melhor qualidade da água da bacia do rio Paraopeba, e por isso apresenta muitos parâmetros com 90% ou mais de dados censurados e nenhum parâmetro crítico. Devido à sua proximidade geográfica e similaridade da qualidade da água com a estação BP092, sugere-se para o IGAM uma avaliação da relevância das duas estações na rede de monitoramento. Às vezes, apenas uma delas já seria suficiente para avaliar as concentrações basais de alguns elementos na bacia e servir de base para comparação da qualidade da água com outras estações mais impactadas por atividades antrópicas.

É importante destacar que o fato da bacia do rio Paraopeba ter apresentado alta na matéria orgânica lançada nos rios não necessariamente decorre da inexistência de investimentos em tratamento de esgotos no período, mas sim do fato de que investimentos realizados não terem sido suficientes para diminuir substancialmente o volume de esgotos lançados. Além disso, o tipo de tratamento empregado também pode não estar sendo eficiente para a recuperação da qualidade das águas da bacia. Por isso, esta avaliação ainda permitiu identificar áreas que necessitam de melhorias na bacia do rio Paraopeba.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho utilizou técnicas estatísticas multivariadas para a avaliação e proposta de adequação das redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas e do rio Paraopeba. Testes não paramétricos e análise das violações dos parâmetros aos limites preconizados pela legislação foram empregados para a confirmação dos resultados das estatísticas multivariadas, que se mostraram eficientes para o delineamento e adequação das redes de monitoramento.

As técnicas estatísticas multivariadas utilizadas (Análises de Cluster, Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial) foram eficientes para a identificação das estações de monitoramento e parâmetros de qualidade da água mais relevantes para a caracterização da qualidade da água nas sub-bacias, bem como na avaliação da melhor frequência de amostragem a ser adotada, quando da análise dos dados monitorados mensalmente.

A Análise de Cluster apresentou uma grande contribuição na identificação de estações de monitoramento similares quanto à qualidade da água, enquanto que a Análise de Componentes Principais e a Análise Fatorial permitiram a determinação das principais fontes de poluição responsáveis pela degradação da qualidade da água em cada agrupamento identificado pela Análise de Cluster. Em geral, as duas sub-bacias são fortemente impactadas por esgoto doméstico, efluentes industriais, mineração, agricultura e áreas de pastagens. A contaminação por esgoto doméstico é ainda um grave problema nestas sub-bacias e, por isso, é extremamente necessário a exigência de um tratamento adequado deste. As áreas de maior degradação são a Região Metropolitana de Belo Horizonte e a jusante desta na bacia do rio das Velhas, e na região do polo industrial de Betim, na bacia do rio Paraopeba.

Considerando as duas sub-bacias, os parâmetros coliformes termotolerantes, manganês total e fósforo total foram considerados os mais relevantes para a caracterização da qualidade da água, enquanto que os parâmetros cromo total, cádmio total, selênio total, cobre dissolvido e boro total, os menos relevantes. Diversas estações de monitoramento apresentaram alta contaminação por matéria orgânica biodegradável e aporte de sólidos, mas destacam-se as estações AV320 (Córrego da Mina, em Raposos) e BP073 (Riacho das Pedras, em Betim), cuja qualidade da água é a mais degradada na bacia do rio das Velhas e do rio Paraopeba, respectivamente.

A análise da frequência de amostragem só foi realizada na bacia do rio das Velhas, que apresenta estações de monitoramento com frequência de amostragem mensal. Essa análise demonstrou que a qualidade da água é influenciada por condições hidrológicas (estações seca e chuvosa). Entretanto, há variações entre os meses do ano, o que reforça a importância de um monitoramento mensal para se avaliar a qualidade da água em locais onde estão presentes diferentes e constantes fontes de poluição, e por isso, deve-se ser empregada no monitoramento de parâmetros considerados mais relevantes.

A falta de padronização da frequência de amostragem entre os parâmetros de qualidade da água amostrados nas sub-bacias foi responsável pela exclusão da maioria destes nas análises multivariadas, e por isso, se torna necessário a geração de um banco de dados consistentes nas redes de monitoramento.

Ressalta-se que os resultados deste trabalho visam orientar a otimização do uso do recurso financeiro aplicado para o monitoramento destas bacias, e não necessariamente a sua redução. As propostas de adequação foram realizadas em função dos resultados de técnicas estatísticas multivariadas, todavia, a otimização das redes deve levar em consideração tendências de concentrações dos parâmetros, o próprio histórico das redes, e principalmente, o conhecimento técnico e específico do órgão gestor, cabendo a ele as tomadas de decisão de exclusão ou não de parâmetros e mudanças na frequência de amostragem.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013*. Brasília, DF, 2013. 434 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Brasília, ANA, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *O que significa monitorar a qualidade das águas?* Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/rede/rede_monitoramento.aspx>. Acesso em 27 de abril de 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Portal da qualidade das águas. Disponível em:<<http://pnqa.ana.gov.br/default.aspx>>. Acesso em 10 de janeiro de 2015.
- ALLAN, I. J.; VRANA, B. G.; GREENWOOD, R.; MILLS, G. A; ROING, B.; GONZALEZ, C.. A “toolbox” for biological and chemical monitoring requirements for the European Union’s Water Framework Directive. *Talanta*, v.69, n.2, p.302-322, 2006.
- ALMEIDA, C. C.; FERNANDES, C. V. S.; SCIECIECHOWICZ, M. S. Análise estatística multivariada em gestão de recursos hídricos: estudo de caso da bacia do Alto Iguaçu. In: *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2013.
- 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*. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 98 pg. 2013.
- ARAÚJO, E. N. Estudo do comportamento espacial dos parâmetros de qualidade das águas da bacia do rio Paraopeba. (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2014.
- BARBOSA, P. E.; TRINDADE, A. L. C.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Confirmação estatística da hipótese do impacto da sazonalidade na variação da carga de sólidos totais e coliformes termotolerantes no rio São Francisco, em Minas Gerais. In: *XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2013. Anais..
- BHAT, S. A.; MERAJ, G.; YASEEN, S. e PANDIT, A. K. Statistical Assessment of Water Quality Parameters for Pollution Source Identification in Suknag Stream: An Inflow Stream of Lake Wular (Ramsar Site), Kashmir Himalaya. *Journal of Ecosystems*, 2014. 18p.
- BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; RAWLINS, B.; MATSCHULLAT, J. Arsenic in water and sediment in the Iron Quadrangle, state of Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 30, v. 3, p. 558-561, set. 2000.
- BRASIL. L 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. Brasília, 1997.
- BRASIL. Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1981.
- BRASIL. Lei 9984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema

- 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.
- CANTER, L. The role of environmental monitoring in responsible Project management. *The Environmental Professional*, v.15, p.76-87, 1993,
- CARVALHO, M. A. G.. Métodos Estatísticos para Análise de Dados de Monitoração Ambiental. São Paulo, IPEN, (Tese de doutorado), 2003.
- CASAZZA, G.; SILVESTRI, C.; SPADA, E. The use of bio-indicators for quality assessments of the marine environment: Examples from the Mediterranean Sea. *Journal of Coastal Conservation*, v. 8, p.147-156, 2002.
- CHEN, Q.; WU, W.; BLANCKAERT, K.; MA, J.; HUANG, G. Optimization of water quality monitoring network in a large river by combining measurements, a numerical model and matter-element analyses. *Journal of Environmental Management*, v.110, p.116-124, 2012.
- CHILUNDO, M., KELDERMAN, P.; O'KEEFFE, J.H. Design of a water quality monitoring network for the Limpopo River Basin in Mozambique. *Original Research Article. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Volume 33, Issues 8-13, Pages 655-665, 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.
- CHRISTOFARO, C.; LEÃO, M. M. D. Caracterização temporal do arsênio nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, MG, Brasil, ao longo de uma década (1998-2007). *Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Universidade de Taubaté, v.4, n. 3, p 54-66, 2009.
- CHRISTOFARO, C.; LEÃO, M. M. D. Tratamento de dados censurados em estudos ambientais. *Química Nova*, vol. 37, n. 1, p.104-110, 2014.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS – CBH Velhas. Análise integrada, articulação e compatibilização dos interesses internos e externos, cenários e prognósticos: relatório 03, revisão 02 – atualização do plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas. 397 p. 2014.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – CBHSF. *Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco*. 337 p. 2004
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/125-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos>>.
- 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.
- CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAOPEBA – CIBAPAR. *A Bacia*. Disponível em: <www.cibapar.org.br>. Acesso em 12/01/2015.

- COSTA, E. P. Avaliação da violação de parâmetros de qualidade das águas superficiais aos limites da legislação mineira em sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco. (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2014.
- DONG, J.; WANG, G.; YAN, H.; XU, J.; ZHANG, X. A survey of smart water quality monitoring system. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, Jan., 2015.
- FAN, X.; CUI, B.; ZHAO, H.; ZHANG, Z.; ZHANG, H. Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. *Procedia Environmental Sciences*, v.2, p.1220-1234, 2010.
- FERRAZ, H. D. A. Associação da ocorrência de cianobactérias às variações de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 81 pg. 2012.
- FINOTTI, A.R.; FINKLER, R.; SILVA, M. D.; CEMIM, G.. *Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas*. Caxias do Sul. RS: Educs. 272p. 2009.
- FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 222p.
- GAMBLE, A.; BABBAR-SEBENS, M. On the use of multivariate statistical methods for combining in-stream monitoring data and spatial analysis to characterize water quality conditions in the White River Basin, Indiana, USA. *Environ Monit Assess*, v.184, p.845-875, 2012.
- GRAVELINE, N.; MATON, L.; LÜCKGE, H.; ROUILLARD, J.; STROSSER, P.; PALKANIETE, K.; RINAUDO, J-D., TAVERNE, D.; INTERWIES, E. An operation perspective on potential uses and constraints of emerging tools for monitoring water quality. *Trends in Analytical Chemistry*, v.29, n.5, 2010.
- GUIGUES, N.; DESENFANT, M.; HANCE, E.. Combining multivariate statistics and analysis of variance to redesign a water quality monitoring network. *Environ. Sci. Process. Impacts*. v.15, n.9, p.1692-705, 2013.
- HAIR, J. F. JR.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W.. *Análise Multivariada de dados*. Bookman: São Paulo, 2005. 5ª ed.
- HARMANCIOGLU, N. B.; ICAGA, Y.; GUL, A. The use of an optimization method in assessment of water quality sampling sites. *European Water*, v.5, n.6, p.25-34, 2004.
- HELENA, B.; PARDO, R.; VEJA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ, J. M. e FERNANDES, L. Temporal Evolution of Groundwater Composition in an Alluvial Aquifer (Pisuerga River, Spain) by Principal Component Analysis. *Water Research*, v. 34, n. 3, p. 807-816, 2000.
- HUANG, F.; WANG, X.; LOU, L.; ZHOU, Z.; WU, J.. Spatial variation and source apportionment of water pollution in Qiantang River (China) using statistical techniques. *Water Research*, v. 44, p. 1562-1572, 2010.
- HUSSAIN, M.; RAO, T. P. Multivariate statistical analysis of heavy metals in ground water – A case study of Bolaram and Patancheru Industrial Area, Andra Pradesh, INDIA. *International Journal of Advanced Research*, vol. 2, n. 2, p. 876-883, 2014.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. *Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio Paraopeba*. Belo Horizonte: IGAM, 2013a. 41p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio das Velhas*. Belo Horizonte: IGAM, 2013b. 48p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais: relatório trimestral (2º trimestre de 2013). 168p. 2013c.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais: relatório trimestral (2º trimestre de 2014). 168p. 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Monitoramento da Qualidade das águas Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/3302-nova-categoria/1523-monitoramento-da-qualidade-das-aguas>>. Acesso em 03/01/2015.

İŞÇEN, CansuFilik; ALTIN, Arzu; ŞENOĞLU, Birdal; YAVUZ, H. Serhan. Evaluation of surface water quality characteristics by using multivariate statistical techniques: A case study of the Euphrates river basin, Turkey. *EnvironMonitAssess*, n. 151, p. 259-264, 2009.

JARDIM, B.F.M. *Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da bacia do rio das Velhas - MG e sua associação com as florações de cianobactérias*. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 127 pg. 2011.

JOHNSON, RICHARD A.; WICHERN, DEAN W. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson, 2007. 6ª ed.

KAZI, T. G.; ARAIN, M. B.; JAMALI, M.K.; JALBANI, N.; ALFRIDI, H. I.; SARFRAZ, R. A.; BAIG, J. A.; SHAH, A. Q. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.72, p.301-309, 2009.

KENNISH, M. J.; FERTIG, B. M.; LATHROP, R. G.. Assessment of Nutrient Loading and Eutrophication in Barnegat Bay-Little Egg Harbor, New Jersey in Support of Nutrient Management Planning. Technical Report (Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University) to the New England Interstate Water Pollution Control Commission, Lowell, Massachusetts. 258 p. 2012.

KHALIL, B.; OUARDA, T. B. M. J.; ST-HILAIRE, A.. Estimation of water quality characteristics at ungauged sites using artificial neural networks and canonical correlation analysis. *Journal of Hydrology*, v. 405, p.277-287, 2011.

KHALIL, B.; OUARDA, T. B. M. J.; ST-HILAIRE, A.; CHEBANA, F. A statistical approach for the rationalization of water quality indicators in surface water quality monitoring networks. *Journal of Hydrology*, v. 386, p.173-185, 2010.

KNUPP, E. A. N. Usos de métodos estatísticos para dados de qualidade de águas: estudo de caso, rio das Velhas. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2007.

KRISHNA, A. K.; SATYANARAYANAN, M.; GOVIL, P. K. Assessment of heavy metal pollution in water using multivariate statistical techniques in an industrial area: a case study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh, India. *Journal of Hazard Materials*, v. 15, n. 167 (1-3), p. 366-73, 2009.

KROGMANN, D. W.; BUTALLA, K.; SPRINKLE, J. Blooms of cyanobacteria on the Potomac River. *Plant Physiology*. v 80. p 667-671. 1986.

- LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. *Análise de Dados Multivariados*. São Paulo: Cengage Learning, 455 p., 2011.
- LEE, C.; PAIK, K.; YOO, D. G.; KIM, J. H. Efficient method for optimal placing of water quality monitoring stations for an ungauged basin. *Journal of Environmental Management*, v.132, p.24-31, 2014.
- LI, S.; LI, J.; ZHANG, Q. Water quality assessment in the rivers along the water conveyance system of the Middle Route of the South to North Water Transfer Project (China) using multivariate statistical techniques and receptor modeling. *Journal of Hazardous Materials*, v. 195, p.306-317, 2011.
- LI, YANG; XU, LINYU e LI, SHUN. Water Quality Analysis of the Songhua River Basin Using Multivariate Techniques. *J. Water Resource and Protection*, v. 2, p. 110-121, 2009.
- LIU, Y. ZHENG, B.; WANG, M.; XU, Y.; QUIN, Y. Optimization of sampling frequency for routine river water quality monitoring. *Science China*, v. 57, n. 5, p. 772-778, 2014.
- LIU, Y; ZHENG, B. H.; FU, Q.; WANG, L. J; WANG, M. The selection of monitoring indicators for river water quality assessment. *Procedia Environmental Sciences*, v.13, p.129-139, 2012.
- LOFTIS, J.; WARD, R. Water quality monitoring: some practical sampling frequency considerations. *Environmental Management*, v. 4, n. 6, p. 521-526, 1980.
- 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. *Trends in Analytical Chemistry*, v.28, n.2, p.204-213. 2009.
- MARKUS, M., KNAPP, H.V., TASKER, G.D. Entropy and generalized least square methods in assessment of the regional value of streamgages. *Journal of Hydrology*, v. 283, p. 107–121. 2003.
- MENDIGUCHÍA, C.; MORENO, C.; GALINDO-RIANO, M.D.; GARCÍA-VARGAS, M. Using chemometric tools to assess antropogenic effects in river water a case study: Guadalquivir river (Spain). *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v.515, p.143-9, abr., 2004.
- MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999 (Política Estadual de Recursos Hídricos). Belo Horizonte, 1999.
- MINGOTI, S. A. *Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 297 pag. 2005.
- MURCOTT, SUSAN. *Arsenic Contamination in the World: an international sourcebook*. IWA Publishing. 2012.
- NADDEO, V.; SCANNAPIECO, D.; ZARRA, T.; BELGIORNO, V. River water quality assessment: Implementation of non-parametric tests for sampling frequency optimization. *Land Use Policy*, Vol 30. Pag. 197-205. 2012.
- NADDEO, V.; SCANNAPIECO, D.; ZARRA, T.; BELGIORNO, V. River water quality assessment: implementation of non-parametric tests for sampling frequency optimization. *Land Use Policy*, v.30, p.197-205, 2013.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A.. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.
- NONATO, E.A.; VIOLA, Z.G.G; ALMEIDA, K.C.B.; SHOR, H.H.R.. Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do Alto Curso do Rio das Velhas. *Química Nova*, Vol. 30, Nº 4, p. 797-804. 2007.

- NOORI, R. SABAH, M.S.; KARBASSI, A. R.; BAGHVAND, A.; TAATI ZADEH, H. Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in data set. *Desalination*, v. 260, p.129-136, 2010.
- OLSEN, R. L.; CHAPPELL, R. W.; LOFTIS, J. C. Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis – literature review and Illinois River watershed case study. *Water Research*, v. 46, p. 3110-3122. 2012
- OUYANG, Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Research*, n. 39, p. 2621-2635, 2005.
- PAKRASHI, S.; DALAI, S.; HUMAYUN, A.; CHAKRAVARTY, S.; CHANDRASEKARAN, N.; MUKHERJEE, A. *Ceriodaphniadubia* as a potential bio-indicator for assessing acute aluminum oxide nanoparticle toxicity in fresh water environment. *Plos one*, v. 8. n.9, 2013.
- PALIWAL, R.; SHARMA, P.; KANSAL, A.. Water quality modeling of river Yamuna (India) using QUAL2E-UNCAS. *Journal of Environmental Management*, v.83, p.131-144, 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.
- RAPPORT, D. J.; HILDÉN, M. An evolving role for ecological indicators: from documenting ecological conditions to monitoring drivers and policy responses. *Ecological Indicators*, v. 28, p.10-15, 2013.
- REIMANN, Clemens; FILZMOSER, Peter; GARRETT, Robert G.; DUTTER, Rudolf. *Statistical Data Analysis Explained: Applied Environmental Statistics with R*. Chichester: Wiley, 2008. 343 p.
- REIS, E. *Estatística Multivariada Aplicada*. Ed. Sílabo LTDA, 2001, 2ª ed.
- SABINO, C.V.S; ABREU, J.F.; LOBATO, V.; SABINO, G.S.; KNUP, E.A.N. Análise de alguns aspectos da qualidade da água da Bacia do Rio Paraopeba utilizando estatística multivariada. *Revista de Biologia e Ciências da terra*. Vol. 8, Nº 2, p. 6-18, 2008
- SANDERS, T.G.; WARD, R.C.; LOFTIS, J.C.; STEELE, T.D., ADRIAN, D.D.; YEVEVICH, V. Design of Networks for Monitoring Water Quality. *Water Resources Publications*. 328 pag. 5 ed. 2003.
- SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS – SEMAD. Aperfeiçoamento do monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas, 2006.
- SHARP, W. E. A topologically optimum water-sampling plan for rivers or streams: *Water Resources Research*, v. 7, n. 6, p. 1641-1646.
- SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river, Japan. *Environmental Modeling & software*, n. 22, p. 464-475, 2007.
- 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*, n. 37, p. 4119-4124, 2003.
- 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.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; SINHA, S.. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques – a case study. *Analytica Chimica Acta*, v. 538, p. 355-374, 2005.

SOARES, P. F. *Projeto e avaliação de desempenho de redes de monitoramento de qualidade de água utilizando o conceito de entropia*. Tese de doutoramento – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, USP, São Paulo. 211p. 2001.

SOJKA, M., SIEPAK, M., ZIOŁA, A., FRANKOWSKI, M., MURAT-BŁAŻEJEWSKA, S., SIEPAK, J.. Application of multivariate statistical techniques to evaluation of water quality in the Mała Wełna River (Western Poland), *Environ Monit Assess*, v.147, p.159–170, 2008.

STEELE, T. D.. Water quality monitoring strategies. *Hydrological Sciences Journal*, v. 32, n. 2, p. 207-213.

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.

TELCI, I. T.; NAM, K.; GUAN, J.; ARAL, M. M.. Optimal water quality monitoring network design for river systems. *Journal of Environmental Management*, v.90, p.2987-2998, 2009.

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*. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 181 pg. 2013.

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

VIEIRA, J. S.; PIRES, J. C. M.; MARTINS, F. G.; VILAR, V. J. P.; BOAVENTURA, R. A. R.; BOTELHO, C. M. S. Surface Water Quality Assessment of Lis River Using Multivariate Statistical Methods. *Water Air Soil Pollut*, v. 223, p. 5549-5561, 2012.

WANG, C.; WANG, Y.; WANG, P. Water quality modeling and pollution control for the eastern route of south to north water transfer project in China. *Journal of Hydrodynamics*, v.18, p.253-261, 2006.

WANG, X.; YIN, Z-Y. Using GIS to assess the relationship between land use and water quality at a watershed level. *Environment International*, v. 23, n.1, p.103-114, 1997.

WANG, Xiao-long; LU, Yong-long; HAN, Jing-yi; HE, Gui-zhen; WANG, Tie-yu. Identification of anthropogenic influences of water quality of rivers in Taihu watershed. *Journal of Environmental Sciences*, n. 19, p. 475-482, 2007.

WU, M.; WANG, Y.; SUN, C.; WANG, H.; DONG, J.; YIN, J.; HAN, S. Identification of coastal water quality by statistical analysis methods in Daya Bay, South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, v.60, p.852-860, 2010.

XIAO, H.; JI, WEI. Relating landscape characteristics to non-point source pollution in mine waste-located watersheds using geospatial techniques. *Journal of Environmental Management*, v. 82, p.111-119, 2007.

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

XU, H. S.; XU, Z. X.; WU, W.; TANG, F. F. Assessment and spatiotemporal variation analysis of water quality in the Zhangweinan river basin, China. *Procedia Environmental Sciences*, v. 13, p.1641-1652, 2012.

ZHANG, Q.; LI, Z.; ZENG, G.; LI, J.; FANG, Y.; YAN, Q.; WANG, Y.; YE, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques in red soil hilly region: a case study of Xiangjiang watershed, China. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 152, p.123-131, 2009.

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*, n. 173, p. 17-27, 2011.

ZHAO, Guangju; GAO, Junfeng; TIAN, Peng; TIAN, Kun; NI, Guangheng. Spatial-temporal characteristics of surface water quality in the Taihu Basin, China. *Environ Earth Sci*, jan. 2011.

ZHOU, F.; GUO, H.; LIU, Y.; JIANG, Y. Chemometrics data analysis of marine water quality and source identification in Southern Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, v. 54, p. 745-756. 2007b.

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, 2007a.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Tabelas com resultados relacionados ao Capítulo 4, sub-capítulo 4.1:

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS

Quadro I.1. Estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas que apresentam ou apresentaram monitoramento mensal, com os respectivos parâmetros amostrados nesta frequência.

Parâmetros*	Estações de monitoramento																					
	AV320	BV013	BV035	BV037	BV062	BV063	BV067	BV083	BV105	BV137	BV138**	BV139	BV141	BV142	BV146	BV148	BV149	BV150	BV151	BV152	BV153	BV156
As _T	I	C	X	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Pb _T	X	I	X	I	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
CN ⁻	X	I	X	I	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Cl _T	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Clor- <i>a</i>	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cu _{diss}	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Col.term.	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Col.tot.	X	I	X	I	X	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
CE	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cor	X	X	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cr _T	I	X	X	X	I	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DBO	X	C	I	C	X	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
DQO	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dens.cian.	-	C	X	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Feof- <i>a</i>	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
P _T	X	C	X	C	X	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Mn _T	X	X	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ni _T	I	X	X	X	I	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
N-NO ₃ ⁻	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
NO ₂ ⁻	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
N-NH ₄ ⁺ _T	X	I	X	I	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Norg	X	I	X	I	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
OD	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
pH	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
SDT	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
SST	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
ST	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
SO ₄ ⁻² _T	I	X	X	X	I	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T _{H2O}	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tar	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Turb.	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Zn _T	X	I	X	I	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

C Monitoramento mensal completo I Monitoramento mensal incompleto x Monitoramento com frequência trimestral ou menor - Parâmetro não monitorado

* Considerou-se parâmetros com no mínimo doze meses de monitoramento mensal.

** Estação BV138 iniciou o monitoramento em jan/11.

APÊNDICE II

Tabelas com resultados relacionados ao Capítulo 5, sub-capítulo 5.1:

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO
DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO DAS VELHAS
UTILIZANDO DADOS DE FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM MENSAL**

Quadro II.2. Descrição das estações de monitoramento do rio das Velhas, com frequência de monitoramento mensal, utilizadas para aplicação das técnicas estatísticas multivariadas.

Estação	Classe de Enquadramento	Descrição	Latitude	Longitude	Altitude
BV013	Classe 2	Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito	-20,21	-43,74	832
BV037	Classe 2	Rio das Velhas a jusante da foz do Rio Itabirito	-20,13	-43,8	761
BV063	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão Água Suja	-19,98	-43,81	727
BV067	Classe 2	Rio das Velhas a montante do ribeirão Sabará	-19,94	-43,83	704
BV083	Classe 3	Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão Arrudas	-19,85	-43,87	689
BV105	Classe 3	Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão do Onça	-19,8	-43,88	687
BV137	Classe 3	Rio das Velhas na Ponte Raul Soares, em Lagoa Santa	-19,54	-43,9	642
BV139	Classe 2	Rio das Velhas a montante da ETA/COPASA, em Bela Fama	-20,06	-43,82	742
BV141	Classe 2	Rio das Velhas na cidade de Santana do Pirapama	-19,02	-44,04	616
BV142	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do ribeirão Santo Antônio	-18,54	-44,18	513
BV146	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do rio Pardo Grande	-18,21	-44,35	502
BV148	Classe 2	Rio das Velhas na cidade de Várzea da Palma	-17,61	-44,7	522
BV149	Classe 2	Rio das Velhas a montante da sua foz no rio São Francisco em Guaicuí	-17,2	-44,82	493
BV150	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do rio Paraúna, na localidade de Senhora da Glória	-18,48	-44,2	538
BV151	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do córrego do Vinho em Lassance	-17,87	-44,55	520
BV152	Classe 2	Rio das Velhas entre os Rios Paraúna e Pardo Grande	-18,31	-44,24	527
BV153	Classe 3	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão da Mata	-19,71	-43,84	674
BV156	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do Rio Jabuticatubas	-19,28	-44,01	631

Tabela II.1. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013.

Arsênio total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	0,000	0,052	0,000	0,000	0,005	0,004	0,008	4,043	20,232	0,001
BV037	0,000	0,121	0,000	0,000	0,005	0,007	0,018	5,043	27,694	0,001
BV063	0,004	0,113	0,009	0,012	0,016	0,016	0,016	4,352	21,968	0,012
BV067	0,004	0,078	0,007	0,008	0,013	0,012	0,012	3,485	14,121	0,010
BV083	0,003	0,086	0,005	0,008	0,012	0,013	0,014	3,166	11,167	0,009
BV105	0,007	0,063	0,012	0,014	0,020	0,018	0,010	2,031	5,079	0,016
BV137	0,012	0,138	0,022	0,028	0,042	0,035	0,023	2,328	6,700	0,030
BV139	0,000	0,067	0,000	0,000	0,004	0,004	0,009	5,628	35,228	0,001
BV141	0,000	0,215	0,028	0,033	0,048	0,042	0,034	3,265	12,854	0,033
BV142	0,018	0,159	0,032	0,039	0,059	0,050	0,027	1,800	3,851	0,044
BV146	0,009	0,053	0,017	0,021	0,029	0,024	0,010	1,167	1,013	0,022
BV148	0,000	0,059	0,014	0,018	0,027	0,021	0,011	1,145	1,675	0,018
BV149	0,005	0,060	0,012	0,015	0,021	0,018	0,010	2,285	6,372	0,015
BV150	0,009	0,094	0,021	0,027	0,040	0,033	0,019	1,552	2,027	0,029
BV151	0,007	0,049	0,015	0,018	0,023	0,020	0,009	1,281	2,036	0,018
BV152	0,001	0,112	0,022	0,028	0,038	0,033	0,020	1,786	3,672	0,028
BV153	0,007	0,137	0,013	0,016	0,022	0,022	0,020	3,735	16,566	0,018
BV156	0,012	0,226	0,027	0,036	0,054	0,047	0,035	2,905	10,624	0,039

Clorofila-a (µg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	0,01	16,21	1,06	2,67	4,27	3,07	2,85	1,88	5,96	1,02
BV037	0,00	16,02	0,80	1,87	3,41	2,26	2,41	3,24	15,90	
BV063	0,01	19,89	0,80	2,69	4,94	3,68	3,83	1,69	3,83	0,94
BV067	0,01	26,70	0,58	2,67	6,09	4,46	5,79	1,92	3,49	0,96
BV083	0,00	20,03	2,44	4,79	8,20	5,56	4,51	1,00	0,86	
BV105	0,00	46,53	5,25	9,08	16,20	12,18	9,89	1,53	2,51	
BV137	0,01	81,17	7,58	12,82	22,01	16,91	16,17	1,95	4,24	7,59
BV139	0,00	23,41	0,77	1,69	3,61	2,57	3,35	4,26	23,41	
BV141	0,76	937,17	7,82	18,79	38,14	56,22	132,70	5,24	30,94	19,33
BV142	0,01	969,27	6,58	13,41	44,84	84,10	178,78	3,22	10,85	12,69
BV146	0,01	774,00	4,05	11,21	32,00	69,30	153,31	3,18	10,03	8,99
BV148	0,01	1150,84	4,63	15,40	62,34	97,58	204,35	3,40	12,78	11,44
BV149	0,01	655,18	5,79	14,92	95,90	82,61	137,43	2,13	4,48	12,40
BV150	0,01	730,48	3,78	11,07	37,64	59,89	119,59	3,57	15,48	10,13
BV151	0,01	698,51	3,63	15,78	48,72	76,59	141,88	2,49	6,07	9,45
BV152	0,01	850,62	4,81	11,89	93,76	90,87	181,15	2,69	6,99	15,85
BV153	0,01	392,49	5,38	11,14	21,42	22,34	51,34	6,44	43,65	8,31
BV156	2,59	134,39	8,23	15,04	27,77	24,31	28,30	2,48	5,80	15,66

Tabela II.1 Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013. (continuação)

Cloreto total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	0,69	4,63	0,98	1,17	1,40	1,27	0,54	4,12	22,98	1,20
BV037	0,67	2,59	1,01	1,14	1,37	1,20	0,33	1,23	3,49	1,16
BV063	1,18	4,18	1,64	2,01	2,42	2,12	0,71	1,09	0,91	2,02
BV067	1,10	3,61	1,44	1,93	2,29	1,98	0,59	0,53	-0,25	1,90
BV083	2,90	25,10	7,30	11,00	14,50	11,27	5,15	0,59	-0,02	10,06
BV105	4,17	25,80	9,07	15,04	18,47	14,13	5,76	0,06	-0,93	12,81
BV137	3,27	30,80	8,50	12,95	19,53	13,60	6,71	0,43	-0,59	11,86
BV139	0,60	2,21	0,99	1,20	1,38	1,20	0,32	0,63	0,68	1,16
BV141	3,16	20,60	7,76	11,55	15,29	11,56	4,54	0,01	-1,03	10,56
BV142	2,10	18,55	6,19	9,41	13,35	9,85	4,35	0,35	-0,94	8,85
BV146	1,28	17,00	3,40	4,64	8,08	6,02	3,51	1,00	0,34	5,12
BV148	1,34	15,83	3,14	5,00	7,58	5,77	3,19	1,17	1,32	4,99
BV149	1,25	12,90	3,50	5,06	7,69	5,79	2,80	0,73	-0,11	5,14
BV150	2,15	20,00	4,71	6,39	8,95	7,22	3,46	1,26	2,08	6,51
BV151	1,44	13,00	3,40	4,81	7,37	5,92	3,18	0,83	-0,47	5,15
BV152	1,49	17,17	4,36	6,39	9,40	7,27	3,62	0,98	0,43	6,46
BV153	2,48	36,20	10,97	16,45	20,50	16,03	7,27	0,36	0,24	14,12
BV156	3,49	22,79	8,26	11,60	15,10	11,90	4,84	0,26	-0,65	10,84

Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	22	160000	345	1950	11500	12900	28327	3	12	2006
BV037	30	160000	7000	13500	30000	30478	44946	2	3	12372
BV063	900	160000	13000	24000	51000	46473	53423	1	0	22578
BV067	700	160000	6500	19500	38750	40395	52308	2	1	16237
BV083	1700	160000	90000	160000	160000	125127	58678	-1	0	88334
BV105	90	160000	81000	160000	160000	119495	59121	-1	-1	77898
BV137	170	160000	3300	13000	38750	45808	62339	1	0	12840
BV139	23	160000	7900	15500	30000	31708	44221	2	3	11886
BV141	23	160000	500	3000	8000	13655	31989	4	13	1895
BV142	23	50000	103	500	5000	4786	9967	3	12	691
BV146	23	160000	140	800	2300	6101	22119	6	39	651
BV148	23	160000	130	1100	4950	12856	35658	4	12	1040
BV149	23	160000	225	800	6450	15470	38132	3	8	1182
BV150	23	90000	150	1100	4200	5685	14742	4	19	866
BV151	23	160000	55	800	2300	11038	32003	4	14	698
BV152	23	160000	155	790	3000	5365	21167	7	47	710
BV153	280	160000	28000	160000	160000	101738	67517	0	-2	55365
BV156	23	160000	215	1550	8175	17803	41627	3	7	1463

Tabela II.1. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013. (continuação)

Conductividade elétrica <i>in loco</i> ($\mu\text{mho/L}$)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	33,9	62,5	42,3	46,7	52,2	47,3	7,0	0,3	-0,8	46,8
BV037	31,5	85,5	45,8	54,4	62,8	54,8	11,1	0,0	-0,4	53,6
BV063	47,8	157,0	69,9	86,1	99,6	85,9	23,4	0,6	0,4	82,9
BV067	46,0	124,0	67,1	76,6	92,2	80,3	19,5	0,4	-0,4	78,0
BV083	76,4	325,0	133,8	172,5	225,0	181,1	58,0	0,3	-0,5	171,7
BV105	109,0	374,0	156,8	233,5	275,0	221,7	69,5	0,0	-1,1	210,3
BV137	108,0	389,0	158,8	214,0	280,8	224,0	71,2	0,3	-1,0	212,9
BV139	35,9	84,7	47,7	54,6	62,8	55,5	10,7	0,4	0,0	54,5
BV141	124,0	319,0	165,3	205,5	239,5	205,9	46,3	0,3	-0,6	200,8
BV142	114,0	275,0	168,0	193,5	212,3	189,4	36,5	-0,1	-0,3	185,8
BV146	31,7	204,0	80,8	132,0	164,3	123,2	48,1	0,0	-1,1	112,6
BV148	48,6	208,0	92,9	128,1	158,5	125,9	41,2	-0,1	-0,9	118,4
BV149	45,1	220,0	93,8	132,0	155,3	125,6	41,6	-0,1	-0,6	117,8
BV150	71,5	259,0	117,8	155,0	182,0	150,8	42,5	0,2	-0,6	144,7
BV151	46,0	207,0	96,6	128,0	162,0	126,8	43,2	-0,2	-1,0	118,4
BV152	51,3	233,0	117,8	150,5	178,3	148,1	41,3	-0,3	-0,5	141,5
BV153	109,0	388,0	196,8	264,0	301,8	251,7	73,3	-0,2	-0,9	239,9
BV156	125,0	345,0	175,5	222,5	257,0	222,1	58,0	0,3	-0,7	214,6

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O_2)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	2,00	4,50	2,00	2,00	2,00	2,05	0,33	7,16	50,67	2,03
BV037	2,00	8,40	2,00	2,00	2,00	2,17	0,84	6,96	48,79	2,10
BV063	2,00	5,60	2,00	2,00	2,33	2,31	0,65	3,07	10,55	2,25
BV067	2,00	3,10	2,00	2,00	2,00	2,06	0,19	3,84	15,68	2,05
BV083	2,00	43,00	4,80	7,20	14,25	10,47	8,07	1,74	3,32	8,24
BV105	2,00	32,00	4,70	7,65	12,25	9,63	6,46	1,37	1,82	7,87
BV137	2,00	29,00	3,68	5,20	6,78	6,27	4,92	3,22	11,75	5,25
BV139	2,00	3,70	2,00	2,00	2,00	2,05	0,25	5,80	33,86	2,04
BV141	2,00	11,00	2,00	2,90	4,80	3,85	2,37	1,34	0,90	3,30
BV142	2,00	10,00	2,00	2,10	3,85	3,40	2,22	1,68	1,72	2,92
BV146	2,00	7,60	2,00	2,00	2,30	2,54	1,13	2,56	6,63	2,38
BV148	2,00	14,00	2,00	2,00	2,43	2,68	1,86	4,39	21,81	2,41
BV149	2,00	8,20	2,00	2,00	2,70	2,63	1,29	2,43	5,71	2,43
BV150	2,00	7,90	2,00	2,00	3,03	2,58	1,10	2,95	9,74	2,44
BV151	2,00	12,00	2,00	2,00	2,23	2,60	1,56	4,21	20,90	2,39
BV152	2,00	6,00	2,00	2,00	3,13	2,60	0,87	1,75	3,50	2,48
BV153	2,00	56,00	4,98	6,65	11,00	9,05	8,12	3,67	17,30	7,19
BV156	2,00	25,00	3,25	4,15	7,13	5,96	4,96	2,41	5,94	4,75

Tabela II.1. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013. (continuação)

Demanda Química de Oxigênio (mg/L O ₂)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	5,0	78,0	5,0	7,2	15,0	12,1	12,0	3,4	14,3	9,2
BV037	5,0	66,0	5,0	8,7	14,3	12,4	10,8	2,9	9,9	9,9
BV063	5,0	44,0	6,8	11,0	15,3	12,9	8,0	1,4	2,4	10,9
BV067	5,0	61,0	5,2	9,3	14,3	12,2	9,8	2,6	9,0	9,8
BV083	13,0	77,0	24,8	30,0	42,0	34,0	14,7	0,8	0,3	31,0
BV105	11,0	78,0	26,0	34,0	48,0	37,3	16,6	0,6	-0,2	33,5
BV137	6,3	113,0	21,0	27,0	42,0	33,5	20,2	1,6	2,9	28,8
BV139	5,0	26,0	5,0	7,5	17,0	10,8	6,8	0,9	-0,7	9,1
BV141	5,0	60,0	14,0	22,0	30,0	23,1	11,6	0,6	0,2	20,1
BV142	5,0	89,0	16,0	22,5	31,0	25,6	15,2	1,9	4,8	22,0
BV146	5,0	49,0	11,8	16,0	27,0	19,6	10,8	0,7	-0,3	16,6
BV148	5,0	43,0	11,0	15,0	21,5	17,7	9,9	1,1	0,4	15,3
BV149	5,0	74,0	10,7	16,0	23,0	18,5	12,2	1,9	5,5	15,3
BV150	5,0	54,0	10,6	17,5	25,3	19,8	11,2	0,7	0,2	16,6
BV151	5,0	52,0	9,9	15,0	25,0	18,4	11,6	1,1	0,3	15,3
BV152	5,0	52,0	12,0	19,0	26,3	19,9	11,2	0,7	0,1	16,7
BV153	9,4	172,0	23,8	34,0	50,3	40,2	27,1	2,7	9,4	34,3
BV156	7,5	158,0	17,0	21,5	29,3	30,8	29,9	2,9	8,1	24,1

Densidade de cianobactérias (µg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	0	462	0	25	70	50	77	3	14	
BV037	0	2296	0	42	90	105	305	6	43	
BV063	0	1582	21	36	67	99	229	5	29	
BV067	0	2959	8	45	84	121	390	7	46	
BV083	0	3215	34	91	199	225	499	5	23	
BV105	78	113130	827	2861	5223	7165	17978	5	24	2211
BV137	45	76734	925	2710	8213	7986	14690	3	12	2706
BV139	0	230	11	32	67	47	50	2	2	
BV141	11	225705	890	2934	11345	17202	36618	4	17	3186
BV142	0	620446	241	2397	12633	28259	89353	5	31	
BV146	0	246024	128	953	8645	21292	53978	3	8	
BV148	0	240317	158	944	17881	19942	42029	3	12	
BV149	0	357058	151	1460	15286	26623	67090	4	12	
BV150	0	245077	400	3607	13402	18847	38842	4	18	
BV151	0	334979	156	878	14758	21240	53944	4	19	
BV152	0	244634	284	1242	15329	26279	55795	3	7	
BV153	78	23635	692	1080	6041	4074	5804	2	3	1639
BV156	22	72450	963	2715	7081	7216	12101	3	13	2444

Tabela II.1. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013. (continuação)

Feoftina- α ($\mu\text{g/L}$)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	0,01	75,89	0,40	1,24	2,91	5,74	13,00	3,64	14,37	1,02
BV037	0,01	37,97	0,46	1,63	3,63	4,14	7,56	3,28	10,92	1,03
BV063	0,01	59,27	0,57	1,96	5,70	4,59	8,54	4,74	26,57	1,38
BV067	0,01	61,54	0,44	2,27	5,16	5,76	11,35	3,58	12,91	1,56
BV083	0,01	65,35	0,80	2,07	4,90	4,91	10,08	4,49	21,89	1,14
BV105	0,00	39,55	1,03	2,40	4,67	4,69	7,55	3,24	10,62	
BV137	0,20	74,69	1,78	4,00	7,09	6,53	10,50	5,02	28,81	3,83
BV139	0,01	45,43	0,41	1,40	3,79	4,08	8,00	3,47	12,73	1,10
BV141	0,01	49,89	2,55	4,93	11,02	9,35	11,78	2,14	3,86	4,60
BV142	0,01	91,73	2,91	6,30	18,57	13,92	19,63	2,48	5,93	5,91
BV146	0,01	83,94	2,28	5,93	17,84	11,60	14,07	2,68	10,18	4,64
BV148	0,01	117,12	2,00	6,88	17,93	13,33	18,47	3,37	15,09	4,21
BV149	0,01	132,30	2,16	8,68	15,07	12,97	19,19	4,32	23,56	5,08
BV150	0,01	70,74	2,84	6,19	10,71	10,35	12,70	2,51	7,57	5,42
BV151	0,01	85,44	1,76	6,84	16,72	11,99	15,34	2,54	8,20	4,28
BV152	0,01	75,56	1,67	5,28	13,05	10,80	14,34	2,33	6,27	3,72
BV153	0,01	111,94	1,19	3,18	5,01	8,03	18,36	4,18	18,39	2,26
BV156	0,01	25,77	1,60	3,02	7,51	5,61	5,77	1,62	2,25	2,91

Fósforo total (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	0,01	0,32	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	3,73	15,45	0,03
BV037	0,01	0,52	0,03	0,04	0,09	0,08	0,09	2,83	8,72	0,05
BV063	0,02	0,39	0,05	0,07	0,08	0,09	0,08	2,33	4,65	0,07
BV067	0,01	0,56	0,04	0,05	0,10	0,09	0,09	2,89	10,27	0,06
BV083	0,02	1,08	0,20	0,31	0,49	0,38	0,24	0,97	0,50	0,30
BV105	0,05	1,20	0,27	0,43	0,64	0,49	0,29	0,75	-0,18	0,40
BV137	0,02	0,98	0,22	0,29	0,48	0,35	0,23	0,84	0,12	0,26
BV139	0,01	0,25	0,02	0,03	0,06	0,06	0,06	2,02	3,39	0,04
BV141	0,03	0,65	0,16	0,24	0,28	0,24	0,12	1,01	1,67	0,21
BV142	0,06	0,54	0,16	0,19	0,24	0,21	0,09	1,53	3,06	0,19
BV146	0,02	0,58	0,08	0,11	0,14	0,12	0,08	3,34	16,12	0,11
BV148	0,02	0,29	0,07	0,08	0,11	0,09	0,05	1,99	4,83	0,08
BV149	0,01	0,30	0,05	0,06	0,08	0,07	0,05	2,59	7,76	0,06
BV150	0,03	0,37	0,11	0,14	0,17	0,14	0,07	1,33	2,57	0,13
BV151	0,03	0,22	0,06	0,08	0,11	0,09	0,04	1,21	0,97	0,08
BV152	0,04	0,33	0,09	0,13	0,16	0,14	0,06	1,28	2,01	0,13
BV153	0,01	2,03	0,27	0,35	0,56	0,45	0,32	2,38	8,03	0,36
BV156	0,01	0,69	0,18	0,28	0,37	0,29	0,15	0,61	0,75	0,23

Tabela II.1. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013. (continuação)

Nitrato (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	0,08	1,00	0,17	0,23	0,34	0,29	0,19	1,67	2,73	0,24
BV037	0,06	0,79	0,17	0,24	0,38	0,29	0,18	1,09	0,20	0,25
BV063	0,01	1,61	0,23	0,35	0,55	0,43	0,29	1,60	3,34	0,34
BV067	0,10	1,88	0,25	0,38	0,60	0,46	0,31	2,03	5,71	0,38
BV083	0,16	4,18	0,46	0,63	0,96	0,82	0,67	2,95	10,63	0,66
BV105	0,16	3,75	0,40	0,56	0,77	0,72	0,63	3,23	12,08	0,57
BV137	0,06	6,66	0,50	0,77	1,07	1,06	1,08	3,13	11,69	0,75
BV139	0,08	1,40	0,19	0,29	0,45	0,36	0,26	1,86	4,08	0,29
BV141	0,04	8,40	1,19	2,16	3,40	2,42	1,66	1,15	2,09	1,77
BV142	0,23	7,54	1,44	2,37	3,74	2,74	1,80	0,85	0,06	2,14
BV146	0,14	5,70	0,65	1,26	1,97	1,42	1,03	1,41	3,18	1,07
BV148	0,10	4,35	0,69	1,22	1,84	1,33	0,92	1,06	1,53	0,97
BV149	0,09	4,46	0,63	1,01	1,61	1,21	0,88	1,37	2,32	0,90
BV150	0,29	5,15	0,84	1,81	2,81	1,94	1,27	0,77	-0,16	1,52
BV151	0,10	3,68	0,80	1,22	1,81	1,33	0,81	0,55	-0,10	1,02
BV152	0,18	5,51	0,84	1,29	2,48	1,74	1,19	0,93	0,39	1,34
BV153	0,01	3,42	0,40	0,63	0,94	0,85	0,72	1,94	3,97	0,61
BV156	0,04	6,21	0,84	1,29	1,91	1,61	1,16	1,63	3,21	1,22

Oxigênio dissolvido (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	6,7	8,9	7,2	7,4	7,8	7,5	0,4	1,1	1,1	7,5
BV037	7,2	9,0	7,8	8,0	8,4	8,1	0,4	0,2	-0,4	8,1
BV063	6,6	9,5	7,0	7,4	7,6	7,4	0,5	1,3	2,8	7,4
BV067	5,6	9,5	7,0	7,3	7,7	7,4	0,7	0,5	1,3	7,4
BV083	4,3	7,7	5,5	6,3	6,6	6,1	0,8	-0,5	-0,5	6,0
BV105	0,5	6,2	2,0	3,8	5,1	3,6	1,7	-0,2	-1,3	3,0
BV137	1,0	8,1	2,8	3,7	4,0	3,5	1,0	0,9	4,9	3,4
BV139	6,6	9,0	7,2	7,6	8,0	7,6	0,6	0,4	-0,3	7,6
BV141	1,8	10,9	5,5	6,0	6,6	5,9	1,7	0,0	1,6	5,7
BV142	3,0	13,6	6,0	6,9	7,8	7,4	2,2	1,0	0,5	7,1
BV146	5,6	12,9	6,7	7,2	8,5	7,9	1,9	1,3	0,6	7,7
BV148	6,0	13,3	6,6	7,3	8,6	7,9	1,7	1,3	1,2	7,7
BV149	4,2	14,5	6,3	7,1	9,4	7,9	2,5	1,1	0,4	7,6
BV150	5,8	10,5	6,6	7,3	8,5	7,6	1,2	0,5	-0,8	7,5
BV151	5,8	13,0	6,8	7,4	8,4	7,8	1,6	1,2	1,3	7,6
BV152	4,3	12,7	6,5	6,9	9,3	7,8	1,8	0,7	-0,4	7,6
BV153	0,5	5,9	1,4	2,9	4,0	2,8	1,5	0,3	-0,9	2,3
BV156	0,5	6,3	3,7	4,5	4,9	4,2	1,2	-1,0	0,8	3,9

Tabela II.1. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013. (continuação)

pH in loco										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	6,00	7,80	6,80	7,10	7,20	6,99	0,37	-0,63	0,24	6,98
BV037	6,20	7,60	6,90	7,30	7,40	7,12	0,38	-0,83	-0,37	7,11
BV063	5,90	7,50	6,88	7,20	7,33	7,06	0,38	-0,92	0,16	7,05
BV067	5,80	8,00	6,80	7,10	7,40	7,06	0,43	-0,45	0,17	7,05
BV083	6,20	7,60	6,80	7,20	7,40	7,10	0,33	-0,71	-0,44	7,09
BV105	6,30	7,50	6,68	7,10	7,23	6,98	0,33	-0,36	-1,28	6,97
BV137	6,00	7,40	6,70	7,20	7,30	7,01	0,37	-0,96	-0,17	7,00
BV139	6,10	7,60	6,78	7,20	7,30	7,04	0,41	-0,84	-0,39	7,03
BV141	6,70	8,80	7,08	7,40	7,53	7,33	0,43	0,85	1,25	7,32
BV142	6,30	9,40	7,10	7,50	7,93	7,62	0,71	0,62	-0,27	7,59
BV146	6,00	10,00	6,90	7,40	8,10	7,66	0,96	0,83	-0,03	7,60
BV148	6,10	10,20	6,98	7,50	8,60	7,80	1,04	0,65	-0,67	7,73
BV149	6,20	10,40	7,10	7,50	8,73	7,89	1,09	0,58	-0,83	7,82
BV150	6,10	9,40	7,08	7,50	7,90	7,58	0,70	0,58	0,07	7,55
BV151	6,10	10,00	6,90	7,50	8,10	7,73	1,01	0,78	-0,27	7,66
BV152	6,00	9,80	7,08	7,60	8,23	7,75	0,88	0,56	-0,37	7,70
BV153	6,20	7,50	6,70	7,10	7,30	7,01	0,33	-0,56	-0,90	7,00
BV156	6,40	7,70	6,88	7,20	7,33	7,11	0,31	-0,38	-0,77	7,11

Sólidos totais (mg/L)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	30	1440	44	66	124	157	263	4	14	88
BV037	32	3780	56	84	181	323	713	4	15	122
BV063	50	1860	89	123	279	308	420	2	4	175
BV067	53	2924	80	93	243	303	475	3	14	159
BV083	118	2790	139	182	270	351	511	4	13	233
BV105	141	1108	164	190	274	304	246	2	2	246
BV137	130	3622	186	222	365	468	623	3	12	310
BV139	40	1478	52	74	148	182	273	3	10	104
BV141	149	1956	175	207	380	359	325	3	9	281
BV142	145	1402	185	241	512	385	296	2	2	308
BV146	93	490	121	152	220	196	103	1	1	176
BV148	89	1128	119	151	229	196	154	4	21	168
BV149	79	764	109	128	153	160	113	4	14	142
BV150	88	1168	140	196	288	274	223	2	5	222
BV151	90	617	113	141	184	179	106	2	4	159
BV152	95	800	136	179	307	249	166	2	3	212
BV153	142	2198	184	216	303	393	430	2	5	284
BV156	131	3100	194	244	519	487	580	3	9	336

Tabela II.1. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água em cada estação de monitoramento de frequência mensal, no rio das Velhas, considerando o período de 2009 a 2013. (continuação)

Temperatura da água (°C)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	18,4	30,1	21,1	22,8	25,0	23,0	2,6	0,3	-0,5	22,8
BV037	17,5	29,6	20,7	22,8	24,4	22,7	2,8	0,2	-0,3	22,5
BV063	18,4	32,0	21,6	23,9	25,6	23,8	3,0	0,5	0,1	23,6
BV067	18,0	30,5	21,3	23,9	25,7	23,6	2,9	0,1	-0,6	23,4
BV083	17,4	31,5	21,3	23,8	25,1	23,5	2,7	0,1	-0,1	23,3
BV105	19,2	29,5	22,1	24,6	25,8	24,2	2,7	0,1	-0,8	24,1
BV137	20,5	31,7	23,3	25,1	26,7	24,9	2,4	0,0	-0,4	24,8
BV139	18,3	29,4	21,6	23,9	25,5	23,7	2,9	0,1	-0,6	23,5
BV141	22,5	31,4	24,8	26,5	28,7	26,6	2,4	0,1	-0,9	26,5
BV142	20,9	31,9	24,8	26,2	28,7	26,6	2,7	0,0	-0,6	26,5
BV146	21,6	33,3	24,3	26,3	28,4	26,4	2,6	0,3	-0,5	26,2
BV148	22,1	31,7	25,1	26,7	28,6	26,8	2,4	0,0	-0,8	26,7
BV149	23,8	32,9	26,7	28,0	29,5	28,0	2,2	0,0	-0,7	27,9
BV150	18,8	30,9	22,9	25,6	27,1	25,2	2,9	-0,1	-0,7	25,1
BV151	19,8	30,8	23,9	26,0	27,3	25,6	2,5	-0,2	-0,5	25,5
BV152	20,7	32,4	24,4	26,5	28,5	26,6	2,9	0,1	-0,8	26,4
BV153	18,7	27,4	21,5	24,1	26,0	23,8	2,5	-0,3	-1,2	23,7
BV156	20,2	31,2	23,7	25,5	26,8	25,4	2,5	0,3	-0,3	25,3

Turbidez (UNT)										
Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BV013	3	1406	7	23	70	104	233	4	16	27
BV037	4	2210	10	30	124	193	432	3	11	42
BV063	5	1246	17	43	156	185	302	2	4	60
BV067	3	3720	11	27	154	230	552	5	25	47
BV083	6	2764	23	38	108	204	466	4	15	59
BV105	6	1074	20	34	102	146	266	2	4	52
BV137	10	3100	23	44	166	255	538	4	14	74
BV139	3	1028	10	25	89	110	207	3	8	34
BV141	3	938	14	35	222	154	224	2	3	51
BV142	4	1200	25	56	262	184	259	2	4	73
BV146	5	398	18	50	157	96	111	1	1	49
BV148	4	991	19	33	136	105	162	3	14	46
BV149	5	688	18	34	66	82	128	3	10	40
BV150	4	820	24	48	197	151	202	2	3	61
BV151	4	432	16	30	108	88	110	2	1	42
BV152	4	596	21	50	161	121	146	2	3	57
BV153	9	1510	20	41	154	211	389	2	4	61
BV156	5	2588	23	62	181	231	452	3	13	73

Tabela II.0.1. *P*-valor do teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos parâmetros de qualidade da água nas estações de monitoramento de frequência mensal do rio das Velhas, ao nível de significância de 5%

Estações	Arsênio total	Cloreto total	Clorofila <i>a</i>	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica <i>in loco</i>	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Demanda Química de Oxigênio	Densidade de cianobactérias
BV013	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,254	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV037	< 0,0001	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,331	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV063	< 0,0001	0,000	< 0,0001	< 0,0001	0,109	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV067	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,102	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV083	< 0,0001	0,055	< 0,0001	< 0,0001	0,338	< 0,0001	0,039	< 0,0001
BV105	< 0,0001	0,171	< 0,0001	< 0,0001	0,027	< 0,0001	0,001	< 0,0001
BV137	< 0,0001	0,279	< 0,0001	< 0,0001	0,097	< 0,0001	0,000	< 0,0001
BV139	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV141	< 0,0001	0,086	< 0,0001	< 0,0001	0,375	< 0,0001	0,023	< 0,0001
BV142	< 0,0001	0,040	< 0,0001	< 0,0001	0,104	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV146	0,000	0,003	< 0,0001	< 0,0001	0,049	< 0,0001	0,001	< 0,0001
BV148	0,001	0,000	< 0,0001	< 0,0001	0,300	< 0,0001	0,000	< 0,0001
BV149	< 0,0001	0,004	< 0,0001	< 0,0001	0,643	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV150	< 0,0001	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,687	< 0,0001	0,007	< 0,0001
BV151	< 0,0001	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,022	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV152	< 0,0001	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,423	< 0,0001	0,130	< 0,0001
BV153	< 0,0001	0,012	< 0,0001	< 0,0001	0,193	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BV156	< 0,0001	0,208	< 0,0001	< 0,0001	0,261	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Tabela II.2. *P*-valor do teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos parâmetros de qualidade da água nas estações de monitoramento de frequência mensal do rio das Velhas, ao nível de significância de 5% (continuação).

Estações	Feoftina <i>a</i>	Fósforo total	Nitrato	Oxigênio dissolvido	pH <i>in loco</i>	Sólidos totais	Temperatura da água	Turbidez
BV013	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,001	0,029	< 0,0001	0,360	< 0,0001
BV037	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,300	0,000	< 0,0001	0,744	< 0,0001
BV063	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	< 0,0001	0,220	< 0,0001
BV067	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,011	0,235	< 0,0001	0,806	< 0,0001
BV083	< 0,0001	0,001	< 0,0001	0,250	0,000	< 0,0001	0,917	< 0,0001
BV105	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,015	< 0,0001	< 0,0001	0,278	< 0,0001
BV137	< 0,0001	0,002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,368	< 0,0001
BV139	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,441	< 0,0001
BV141	< 0,0001	0,006	0,001	0,001	0,003	< 0,0001	0,231	< 0,0001
BV142	< 0,0001	< 0,0001	0,002	0,000	0,014	< 0,0001	0,802	< 0,0001
BV146	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,005	< 0,0001	0,591	< 0,0001
BV148	< 0,0001	< 0,0001	0,001	< 0,0001	0,001	< 0,0001	0,340	< 0,0001
BV149	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,781	< 0,0001
BV150	< 0,0001	0,003	0,002	0,004	0,154	< 0,0001	0,300	< 0,0001
BV151	< 0,0001	< 0,0001	0,112	0,000	0,002	< 0,0001	0,969	< 0,0001
BV152	< 0,0001	< 0,0001	0,000	0,422	0,000	< 0,0001	0,784	< 0,0001
BV153	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,008	0,001	< 0,0001	0,089	< 0,0001
BV156	< 0,0001	0,238	0,000	0,007	0,003	< 0,0001	0,591	< 0,0001

Tabela II.3. Percentual de *outliers* de cada parâmetro de qualidade da água, em cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas.

Estação	Ars _T	Cl _T	Clor- a	Col. term.	CE	DBO	DQO	Dens. ciano.	Feof- a	P _T	N- NO ₃ ⁻	OD	pH	ST	T _{H2O}	Turb.
BV013	8,3	1,7	3,3	11,7	0,0	3,3	3,3	3,3	16,7	11,7	10,0	3,3	3,3	13,3	0,0	15,0
BV037	15,0	1,7	1,7	15,0	0,0	15,0	6,7	6,7	11,9	10,0	5,0	0,0	0,0	16,7	0,0	13,3
BV063	10,0	6,7	3,3	15,0	1,7	11,7	3,3	13,3	6,7	13,3	3,3	3,3	1,7	13,3	3,3	15,0
BV067	10,0	1,7	10,2	20,0	0,0	13,3	5,0	8,3	10,2	6,7	3,3	5,0	1,7	20,0	0,0	18,3
BV083	13,3	0,0	3,4	0,0	0,0	3,3	3,3	8,3	5,1	3,3	6,7	0,0	0,0	15,0	1,7	16,7
BV105	10,0	0,0	5,1	0,0	0,0	5,0	0,0	13,3	8,5	0,0	10,0	0,0	0,0	20,0	0,0	13,3
BV137	3,3	0,0	6,8	21,7	0,0	6,7	5,0	10,2	6,8	3,3	10,0	1,7	0,0	18,3	0,0	15,0
BV139	10,0	1,7	5,0	13,3	0,0	5,0	0,0	5,0	10,0	11,7	5,0	0,0	0,0	16,7	0,0	15,0
BV141	5,0	0,0	13,3	15,0	0,0	5,0	1,7	20,0	10,0	6,7	3,3	18,3	5,0	15,0	0,0	8,3
BV142	5,0	0,0	20,0	8,3	0,0	11,7	5,0	16,7	6,7	8,3	1,7	16,7	1,7	6,7	0,0	6,7
BV146	5,0	1,7	20,3	13,8	0,0	23,3	0,0	15,0	3,4	5,0	1,7	10,0	1,7	11,7	0,0	5,0
BV148	1,7	3,3	20,0	20,3	0,0	18,3	8,3	16,7	6,7	6,7	3,3	5,0	0,0	8,3	0,0	8,3
BV149	6,7	0,0	16,9	20,3	0,0	13,3	3,3	16,7	6,8	10,0	3,3	3,3	0,0	10,0	0,0	16,7
BV150	6,7	3,3	20,3	10,2	0,0	5,0	1,7	18,3	16,9	5,0	0,0	0,0	1,7	11,7	0,0	10,0
BV151	5,0	0,0	20,3	19,0	0,0	25,0	1,7	13,3	5,0	5,0	1,7	5,0	3,3	13,3	0,0	13,3
BV152	10,0	1,7	13,6	8,5	0,0	3,3	3,3	18,3	8,5	5,0	1,7	0,0	0,0	5,0	0,0	6,7
BV153	11,7	3,3	10,0	0,0	0,0	6,7	3,3	8,3	13,3	5,0	8,3	0,0	0,0	20,0	0,0	16,7
BV156	8,3	0,0	10,0	18,3	0,0	8,3	10,0	15,0	6,7	3,3	8,3	8,3	0,0	11,7	0,0	15,0

Tabela II.4. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos dois grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise temporal dos dados de frequência de amostragem mensal no rio das Velhas.

Grupo 1 - Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro			
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3
As _T	0,355	0,484	0,322
Cl ⁻	<u>0,903</u>	0,069	-0,202
Clor- <i>a</i>	-0,073	0,425	0,485
Col. Term.	0,524	-0,516	-0,287
CE	<u>0,911</u>	0,091	-0,171
DBO	<u>0,754</u>	-0,282	-0,185
DQO	<u>0,794</u>	-0,229	0,029
Dens. Cian.	0,002	0,542	0,435
Feof- <i>a</i>	-0,098	0,422	0,670
P _T	<u>0,859</u>	-0,296	-0,287
N-NH ₃ ⁻	0,133	0,730	-0,053
OD	-0,700	0,651	0,316
pH	-0,101	<u>0,779</u>	0,302
ST	0,437	-0,330	0,467
T _{H2O}	-0,014	0,307	0,583
Turb.	0,197	-0,427	0,568
Variabilidade (%)	36,34	18,81	16,01
% acumulada	36,34	55,15	71,16

Grupo 2 – Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril				
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
As _T	0,243	0,662	-0,189	0,037
Cl ⁻	<u>0,904</u>	-0,118	0,218	-0,161
Clor- <i>a</i>	0,297	-0,044	0,046	0,388
Col. Term.	0,181	0,254	0,740	-0,076
CE	<u>0,931</u>	-0,091	0,125	-0,142
DBO	0,666	0,052	0,608	-0,135
DQO	0,327	0,605	0,278	-0,061
Dens. Cian.	0,333	-0,115	-0,033	0,512
Feof- <i>a</i>	-0,120	0,413	0,068	0,611
P _T	0,592	0,169	0,341	-0,303
N-NH ₃ ⁻	0,554	-0,139	-0,232	0,159
OD	-0,564	-0,286	-0,218	0,540
pH	0,184	-0,191	-0,118	0,725
ST	-0,121	<u>0,892</u>	0,180	-0,016
T _{H2O}	0,180	-0,075	-0,665	-0,069
Turb.	-0,240	<u>0,901</u>	0,145	0,024
Variabilidade (%)	30,27	19,51	11,36	8,94
% acumulada	30,27	49,78	61,13	70,07

Negrito - Correlações moderadas (valor absoluto entre 0,50 - 0,75)

Negrito e sublinhado - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

Figura II.1. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise temporal do rio das Velhas.

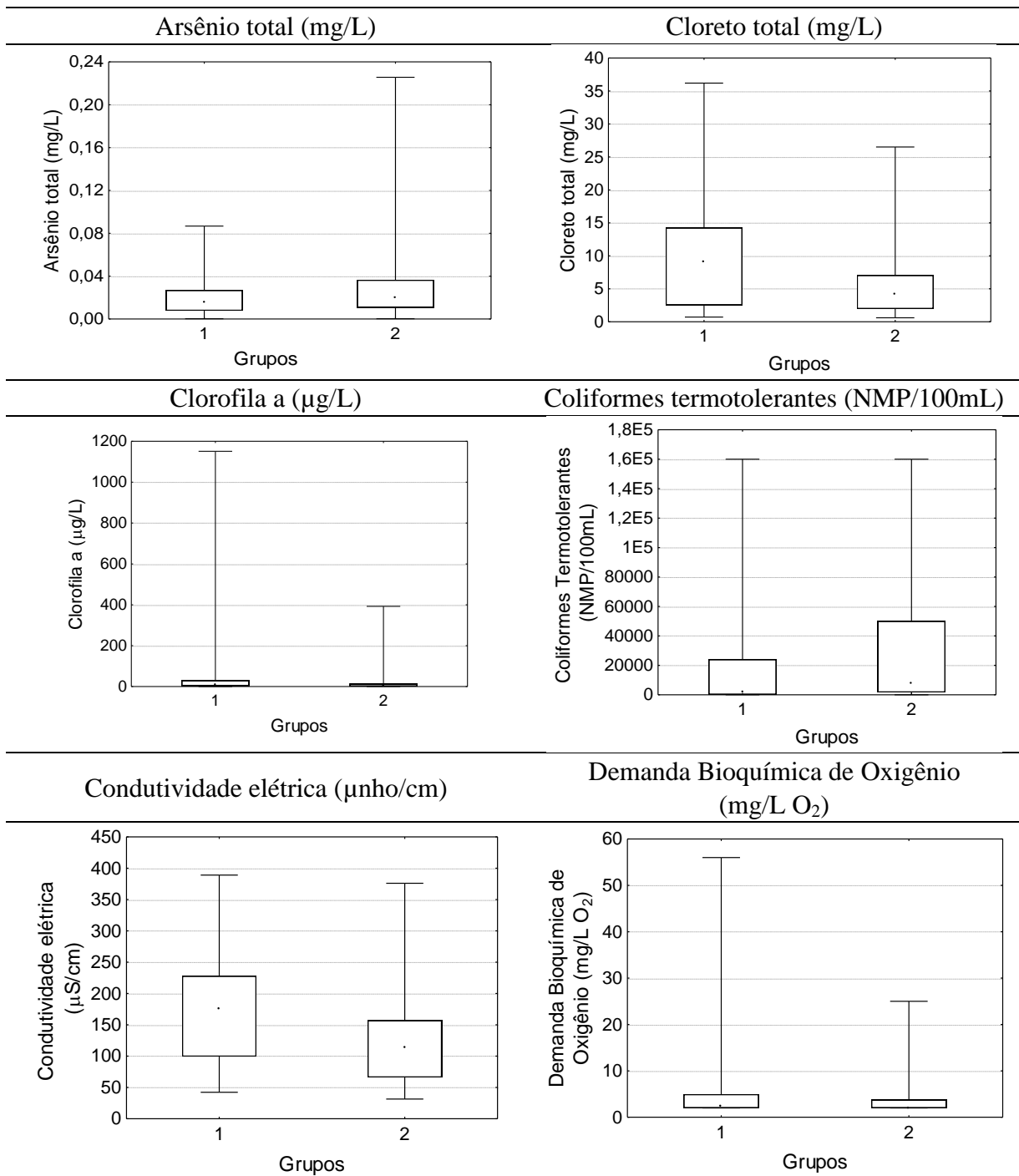


Figura II.1. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise temporal do rio das Velhas. (continuação)

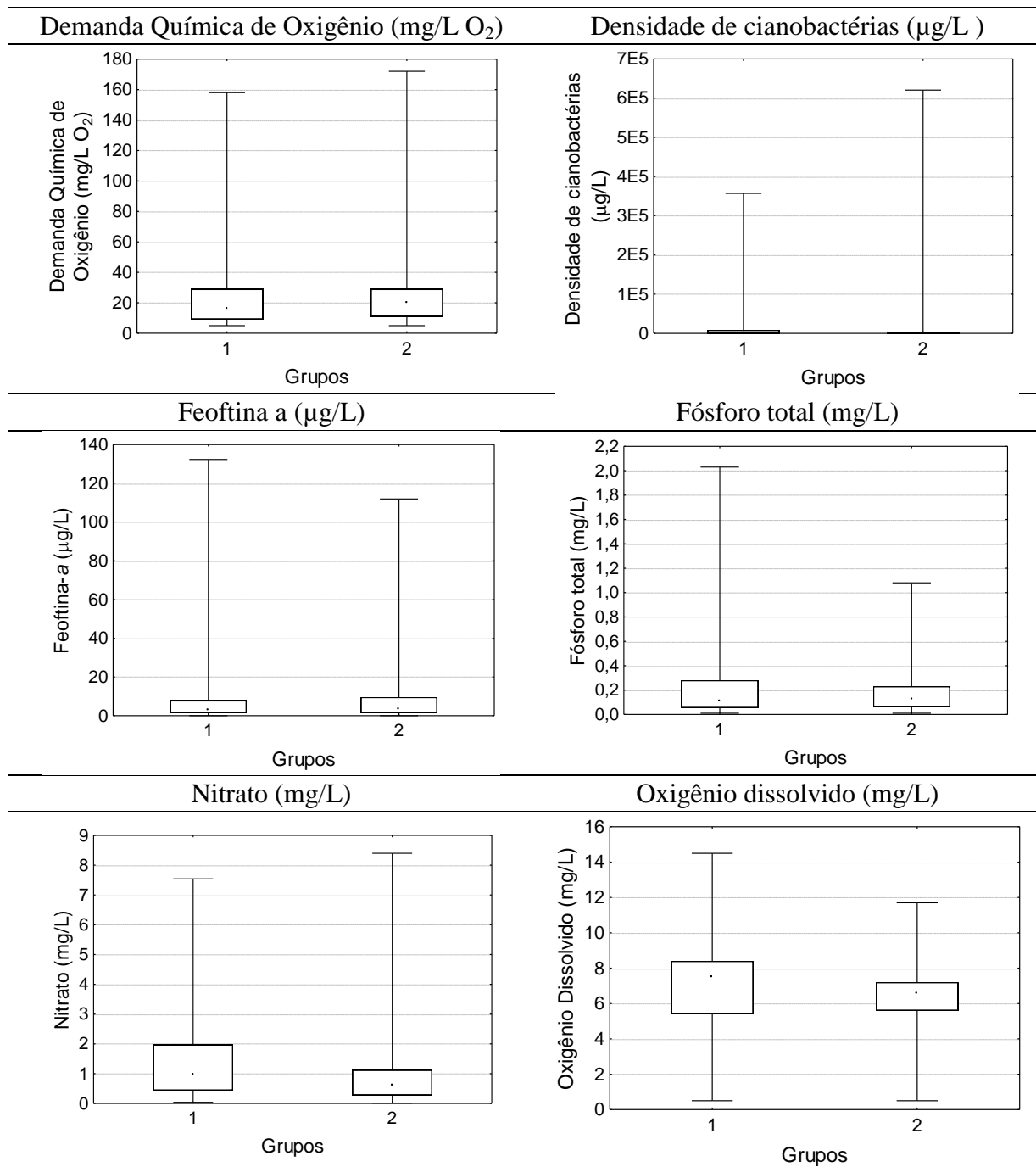


Figura II.1. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise temporal do rio das Velhas. (continuação)

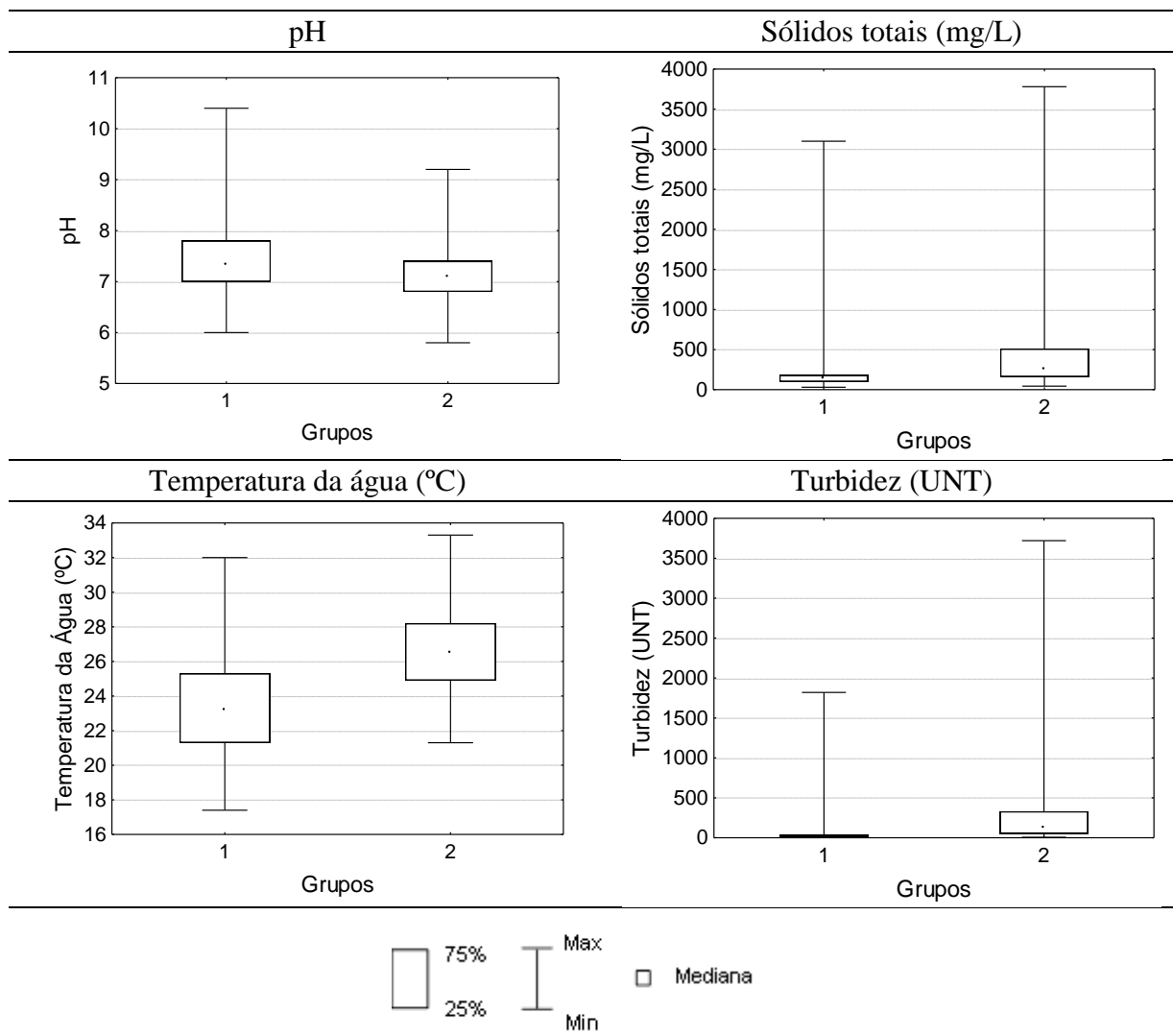


Tabela II.5. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos sete grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise espacial dos dados de frequência de amostragem mensal no rio das Velhas.

Grupo 1					Grupo 2					
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Ars	0,763	0,089	0,031	-0,001	Ars	-0,323	0,724	-0,096	0,161	0,198
Cl-	0,054	0,847	-0,008	0,121	Cl-	0,839	-0,373	-0,057	0,177	0,100
Clor-a	0,036	0,078	-0,120	0,788	Clor-a	-0,023	0,000	-0,050	0,317	0,790
Col. Term.	0,537	-0,004	0,035	0,287	Col. Term.	0,184	0,127	0,107	0,766	-0,134
CE	-0,080	0,877	-0,019	0,173	CE	0,853	-0,368	-0,049	0,208	0,123
DBO	0,218	0,220	0,038	0,209	DBO	0,707	-0,167	0,031	0,412	-0,187
DQO	0,561	-0,078	-0,074	0,042	DQO	0,625	0,091	-0,042	0,665	0,071
Dens. Cian.	0,121	0,140	0,433	0,097	Dens. Cian.	-0,100	-0,086	0,262	-0,028	0,805
Feof-a	0,561	-0,386	0,081	-0,022	Feof-a	-0,643	0,137	-0,143	0,146	0,208
Ptot	0,591	0,028	-0,052	0,074	Ptot	0,725	-0,254	-0,206	0,314	-0,048
N-NH3-	-0,251	0,715	0,096	-0,343	N-NH3-	0,108	0,126	0,809	-0,052	0,004
OD	-0,237	-0,148	0,717	-0,221	OD	-0,686	0,139	0,313	-0,147	-0,334
pH	-0,014	0,274	0,401	-0,448	pH	-0,232	-0,381	0,658	0,135	0,196
ST	0,833	-0,182	-0,065	0,027	ST	-0,290	0,901	-0,044	0,258	-0,057
Temp.	0,170	-0,118	-0,780	0,048	Temp.	-0,168	0,391	-0,261	-0,352	0,137
Turb.	0,831	-0,257	-0,090	0,068	Turb.	-0,334	0,878	-0,070	0,229	-0,062
Variabilidade (%)	25,139	17,191	10,971	7,538	Variabilidade (%)	26,679	16,256	9,975	9,652	11,958
% acumulada	25,139	42,331	53,302	60,840	% acumulada	26,679	42,935	52,911	62,562	74,520

Grupo 3					Grupo 4				
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Ars	0,668	-0,126	-0,038	-0,062	Ars	-0,244	0,827	0,088	-0,034
Cl-	-0,606	0,636	0,148	0,284	Cl-	0,924	-0,095	0,107	0,208
Clor-a	0,212	0,398	-0,144	-0,240	Clor-a	0,510	0,319	0,237	0,052
Col. Term.	0,527	0,084	0,617	0,051	Col. Term.	-0,196	0,617	-0,044	-0,038
CE	-0,629	0,715	0,067	0,362	CE	0,924	-0,105	0,178	0,272
DBO	0,049	0,614	0,341	0,104	DBO	0,245	0,200	0,107	0,618
DQO	0,406	0,540	0,432	-0,095	DQO	-0,119	0,867	-0,094	0,164
Dens. Cian.	-0,039	0,173	-0,195	0,835	Dens. Cian.	0,221	0,019	0,763	0,195
Feof-a	0,481	-0,213	0,013	-0,435	Feof-a	-0,294	0,511	-0,035	-0,578
Ptot	-0,485	0,496	-0,079	0,026	Ptot	0,784	-0,062	-0,178	0,295
N-NH3-	-0,174	-0,389	0,325	0,449	N-NH3-	-0,234	-0,324	0,563	-0,155
OD	0,440	-0,834	0,052	-0,233	OD	-0,332	-0,587	0,255	-0,206
pH	-0,004	-0,066	0,707	-0,034	pH	0,404	0,073	0,535	-0,112
ST	0,902	-0,246	0,239	-0,172	ST	-0,530	0,724	-0,021	0,031
Temp.	0,211	-0,285	-0,730	0,045	Temp.	-0,467	0,113	0,027	0,433
Turb.	0,902	-0,297	0,193	-0,197	Turb.	-0,546	0,762	-0,016	0,021
Variabilidade (%)	22,944	24,288	11,604	9,792	Variabilidade (%)	26,848	22,645	11,250	7,958
% acumulada	22,944	47,232	58,835	68,627	% acumulada	26,848	49,493	60,742	68,700

Tabela II.5. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos sete grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise espacial dos dados de frequência de amostragem mensal no rio das Velhas. (continuação)

Grupo 5					Grupo 6				
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Ars	-0,293	0,600	0,223	-0,009	Ars	-0,576	0,358	0,051	-0,118
Cl-	0,749	-0,196	0,139	-0,121	Cl-	0,756	0,254	0,177	0,014
Clor-a	0,575	0,020	-0,303	0,404	Clor-a	0,061	0,044	0,233	0,705
Col. Term.	0,043	0,894	0,099	-0,150	Col. Term.	-0,112	0,412	-0,064	0,084
CE	0,829	-0,054	0,141	-0,186	CE	0,802	0,330	0,094	0,037
DBO	0,357	0,820	0,365	-0,238	DBO	0,180	0,720	0,166	0,259
DQO	0,264	0,927	0,008	-0,240	DQO	-0,353	0,664	0,301	-0,004
Dens. Cian.	0,456	0,077	0,627	0,277	Dens. Cian.	0,069	0,353	0,460	0,320
Feof-a	0,145	0,006	0,016	0,754	Feof-a	-0,235	0,236	0,612	0,538
Ptot	0,650	0,234	-0,211	-0,315	Ptot	0,066	0,656	-0,365	-0,054
N-NH3-	-0,130	-0,150	0,816	0,027	N-NH3-	0,651	0,152	0,508	-0,371
OD	-0,167	-0,718	0,285	-0,124	OD	0,336	0,013	0,801	0,200
pH	0,258	0,078	0,627	-0,261	pH	0,206	0,169	0,843	0,183
ST	-0,225	0,662	-0,189	0,191	ST	-0,725	0,282	-0,204	-0,129
Temp.	-0,309	-0,029	0,028	0,642	Temp.	-0,596	-0,150	0,008	0,462
Turb.	-0,281	0,560	-0,180	0,259	Turb.	-0,833	0,178	-0,113	-0,064
Variabilidade (%)	24,724	23,553	11,919	9,961	Variabilidade (%)	32,853	13,301	14,120	9,560
% acumulada	24,724	48,277	60,196	70,156	% acumulada	32,853	46,154	60,274	69,835

Grupo 7			
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Ars	0,040	0,808	0,162
Cl-	0,848	0,064	0,275
Clor-a	0,266	-0,093	0,502
Col. Term.	-0,100	0,017	-0,107
CE	0,888	-0,022	0,210
DBO	0,318	0,173	0,692
DQO	-0,163	0,575	0,520
Dens. Cian.	0,280	0,050	0,724
Feof-a	0,019	0,046	0,793
Ptot	0,042	0,792	-0,013
N-NH3-	0,808	0,072	-0,024
OD	0,605	-0,101	0,573
pH	0,593	-0,031	0,650
ST	-0,446	0,762	-0,030
Temp.	-0,551	-0,085	0,247
Turb.	-0,589	0,665	-0,030
Variabilidade (%)	29,953	17,627	18,986
% acumulada	29,953	47,581	66,566

Negrito - Correlações moderadas (valor absoluto entre 0,50 - 0,75)

Negrito e sublinhado - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

Figura II.2. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise espacial do rio das Velhas.

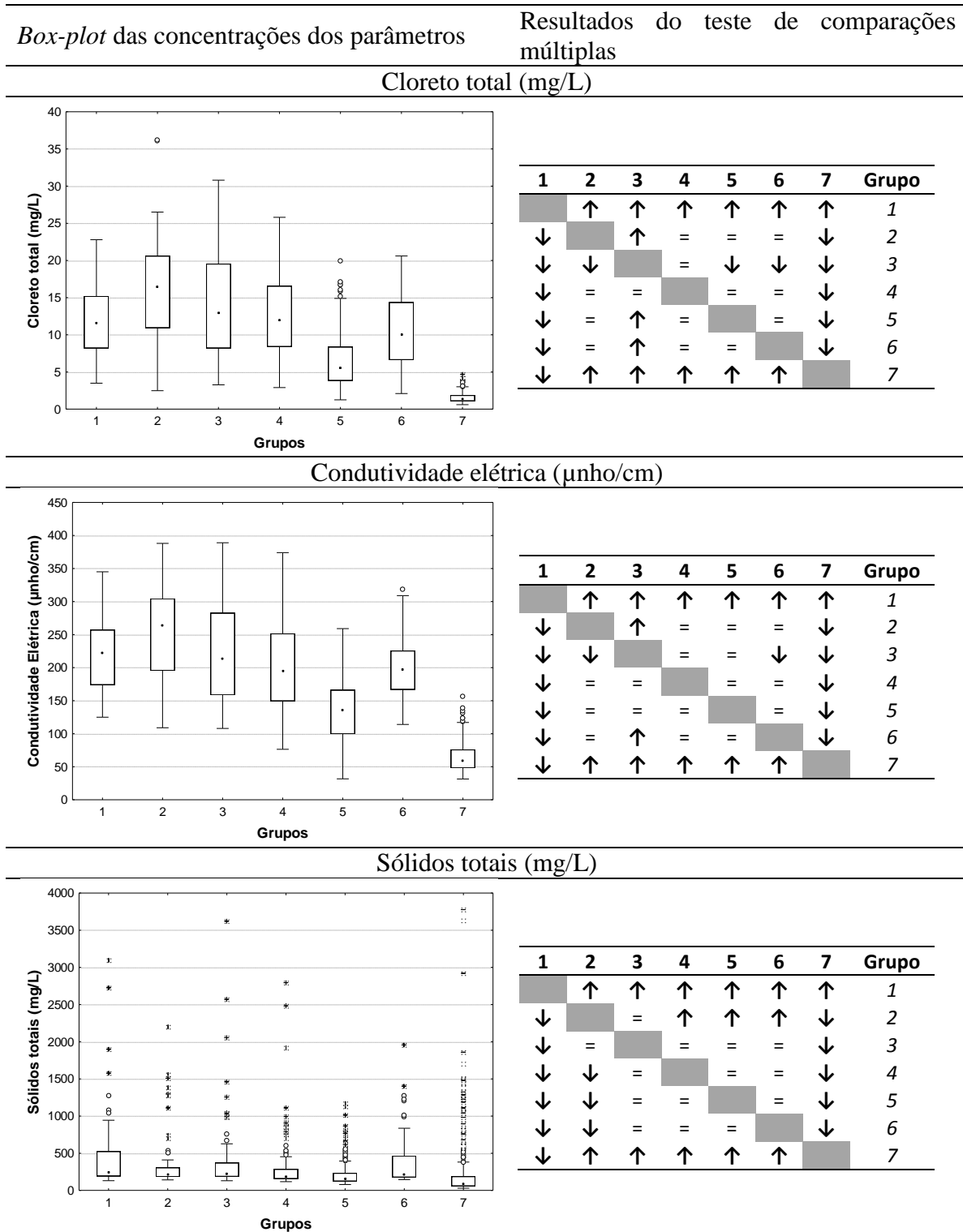


Figura II.2. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Krukal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise espacial do rio das Velhas. (continuação)

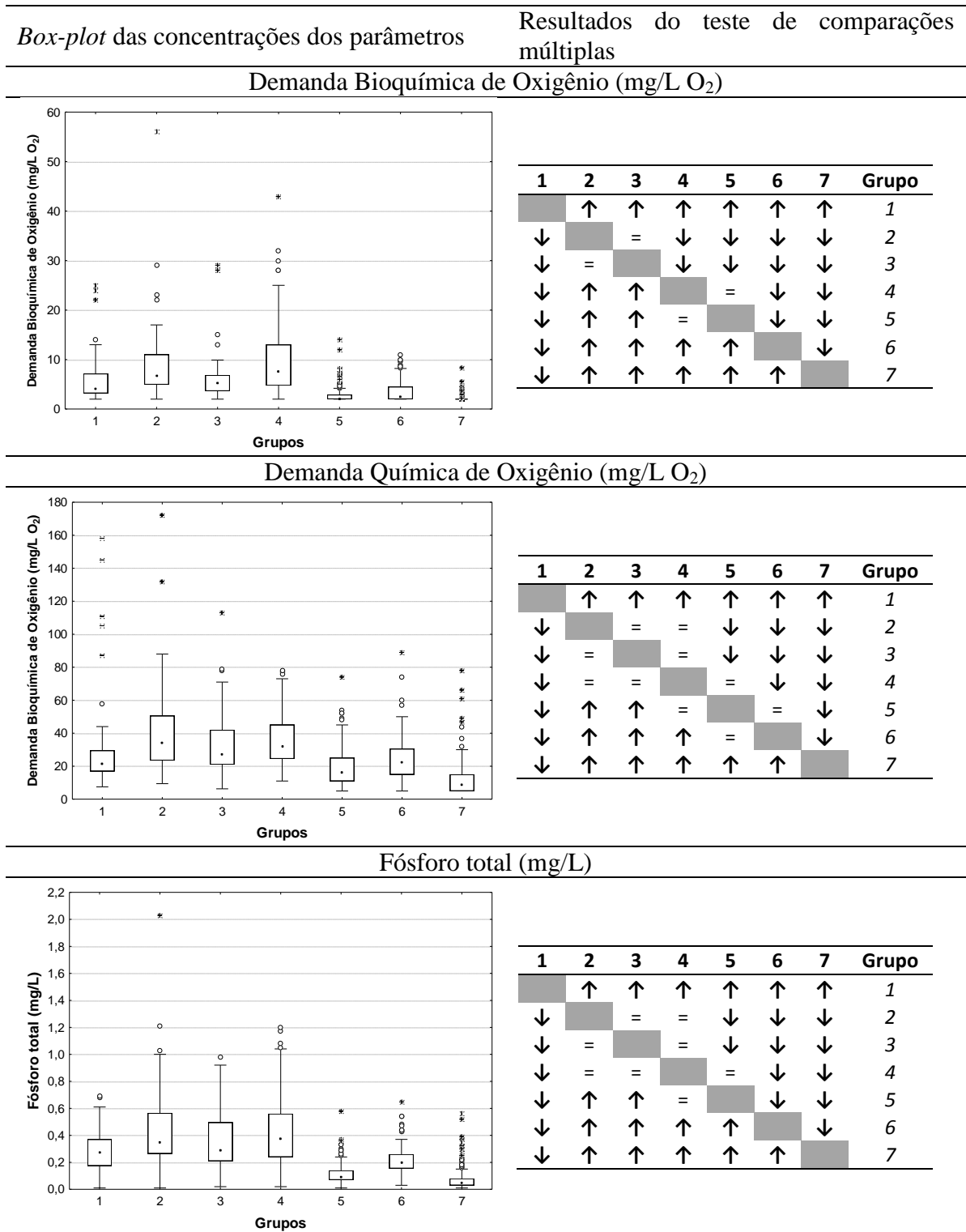
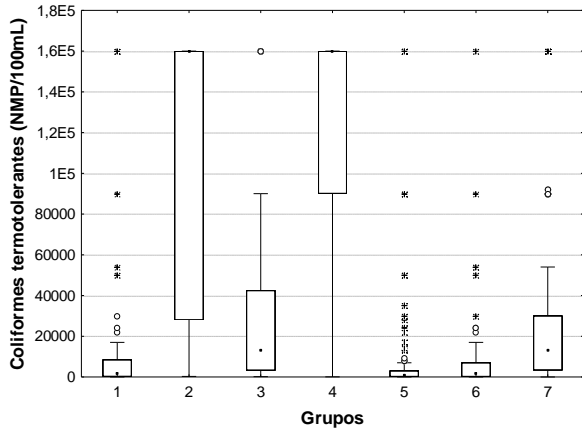


Figura II.2. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Krukal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise espacial do rio das Velhas. (continuação)

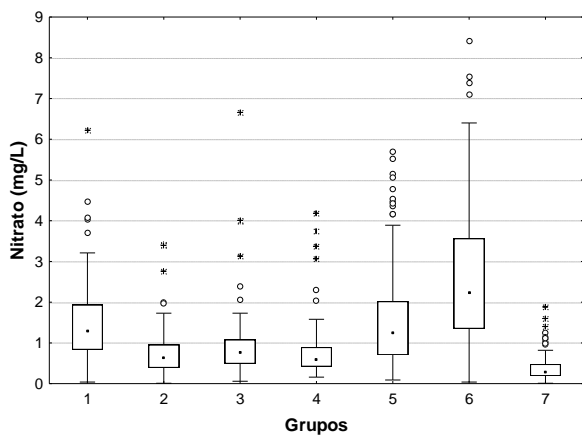
Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)



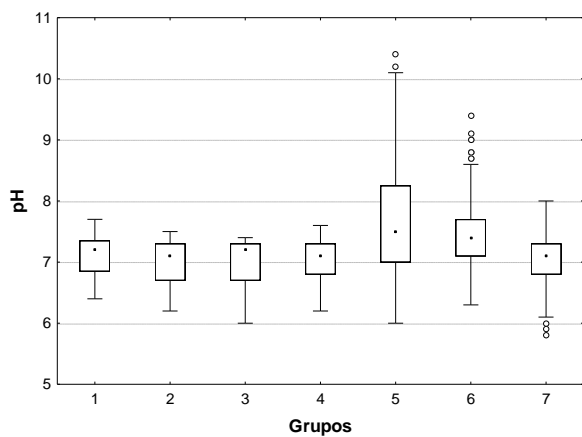
1	2	3	4	5	6	7	Grupo
↓	↑	↑	=	↓	↓	↓	1
↓	↓	=	↓	↓	↓	↓	2
↓	=	↓	↓	↓	↓	↓	3
=	↑	↑	↓	↓	↓	↓	4
↑	↑	↑	↑	↓	↓	=	5
↑	↑	↑	↑	=	=	=	6
↑	↑	↑	↑	=	=	↓	7

Nitrato (mg/L)



1	2	3	4	5	6	7	Grupo
↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1
↓	↓	=	=	↑	↑	↑	2
↓	=	↓	=	↑	↑	↑	3
↓	=	=	↓	↑	↑	↑	4
↓	↓	↓	↓	↓	↑	=	5
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6
↓	↓	↓	↓	=	↑	↓	7

pH



1	2	3	4	5	6	7	Grupo
↓	=	=	=	=	↑	↑	1
=	↓	=	=	=	↑	↑	2
=	=	↓	=	=	↑	↑	3
=	=	=	↓	=	↑	↑	4
=	=	=	=	↓	↑	↑	5
↓	↓	↓	↓	↓	↓	=	6
↓	↓	↓	↓	↓	=	↓	7

Figura II.2. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Krukal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise espacial do rio das Velhas. (continuação)

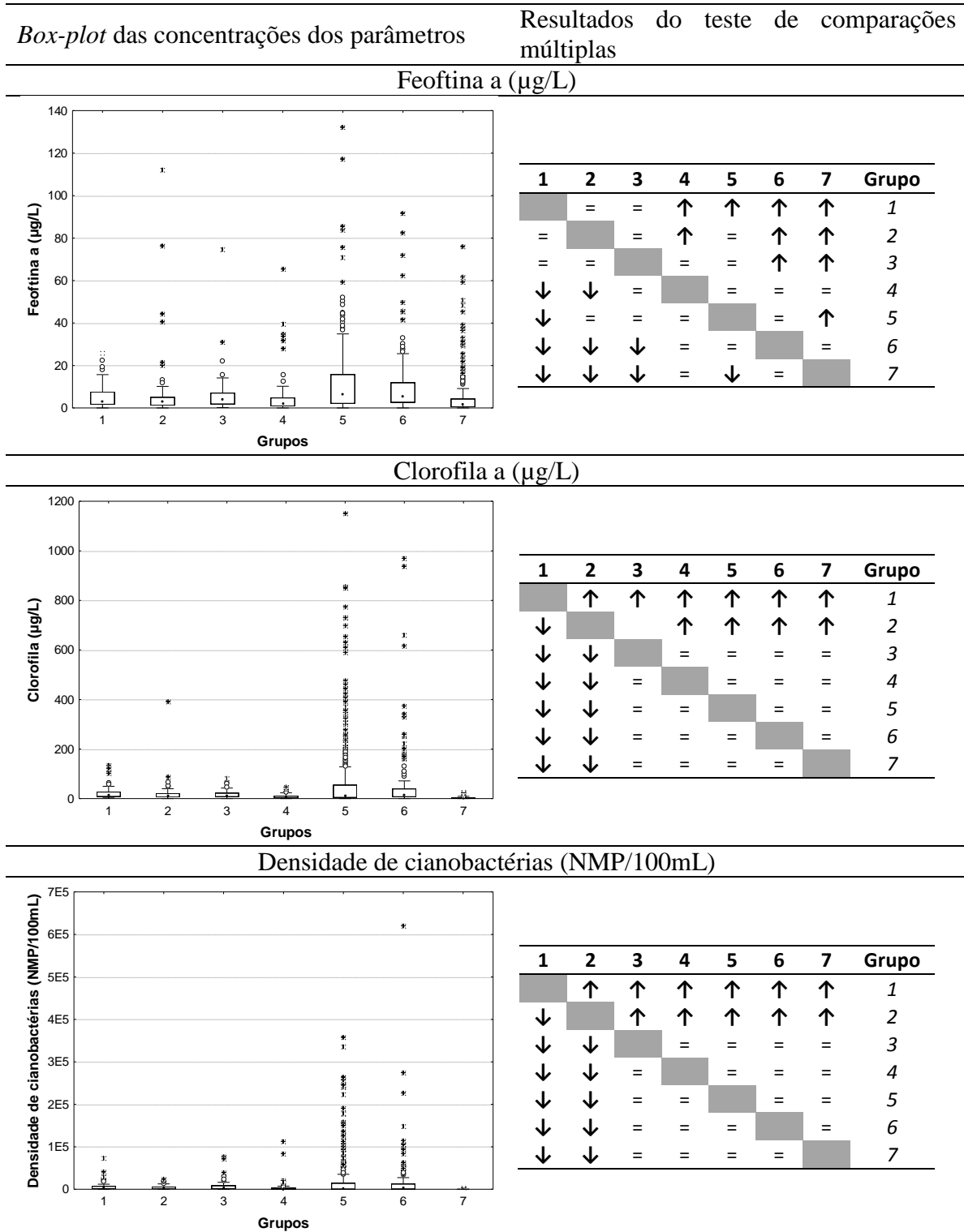
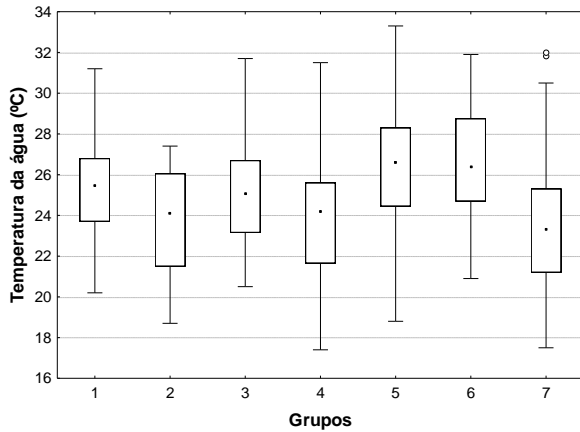


Figura II.2. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise espacial do rio das Velhas. (continuação)

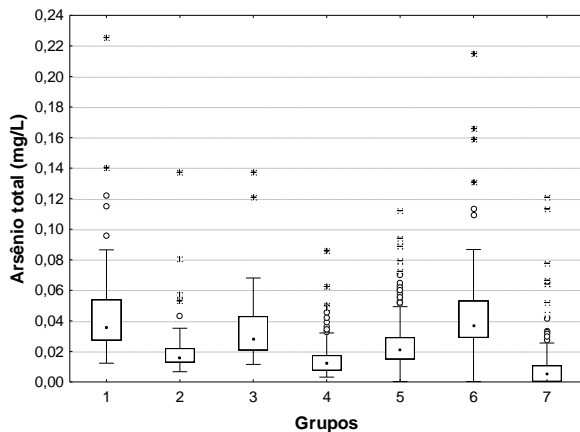
Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

Temperatura da água (°C)



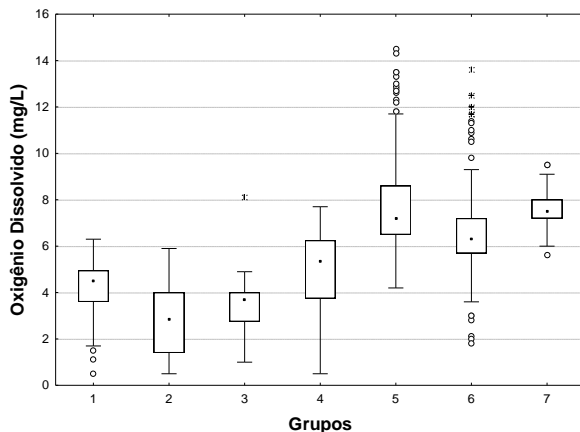
	1	2	3	4	5	6	7	Grupo
1	█	=	=	↑	↑	↑	↑	1
2	=	█	=	=	↑	↑	↑	2
3	=	=	█	=	=	↑	↑	3
4	↓	=	=	█	=	↑	↑	4
5	↓	↓	=	=	█	=	=	5
6	↓	↓	↓	↓	=	█	=	6
7	↓	↓	↓	↓	=	=	█	7

Arsênio total (mg/L)



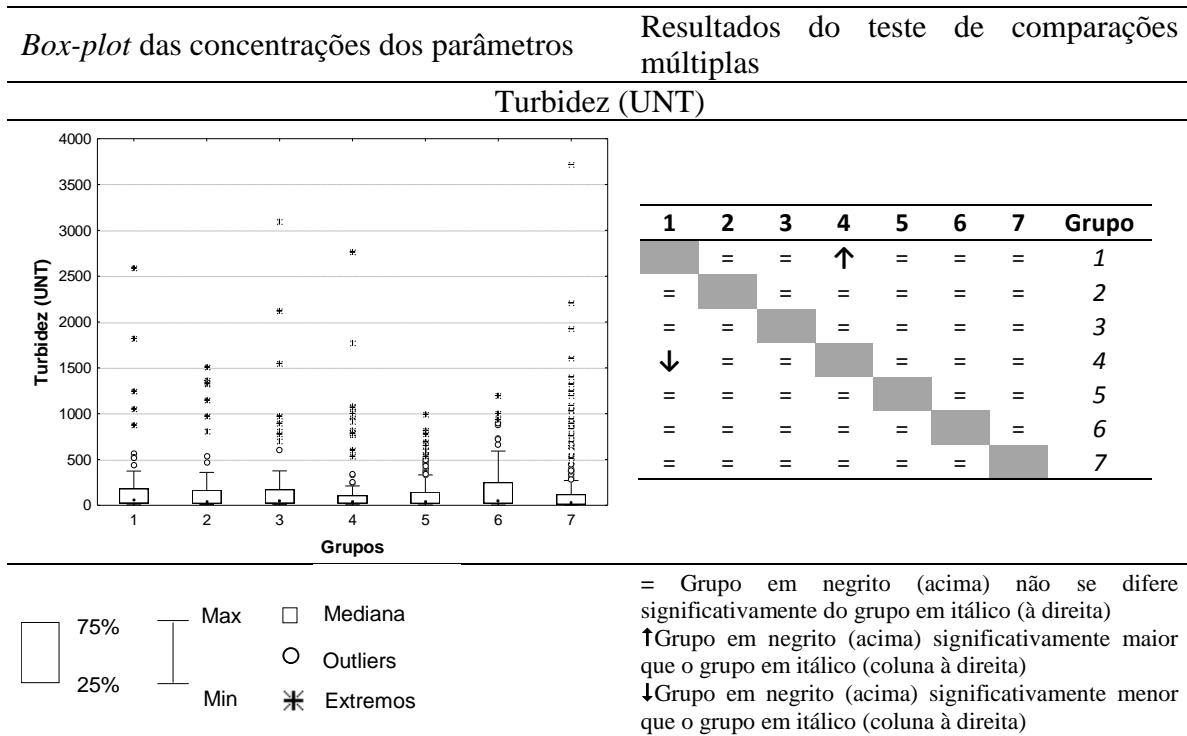
	1	2	3	4	5	6	7	Grupo
1	█	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1
2	↓	█	↑	↑	↑	↑	↑	2
3	↓	↓	█	↑	↑	↑	↑	3
4	↓	↓	↓	█	=	↑	↓	4
5	↓	↓	↓	=	█	=	↓	5
6	↓	↓	↓	↓	=	█	↓	6
7	↓	↓	↓	↑	↑	↑	█	7

Oxigênio dissolvido (mg/L)



	1	2	3	4	5	6	7	Grupo
1	█	↓	↓	↓	↓	↓	=	1
2	↑	█	↓	↓	↓	↑	↑	2
3	↑	↑	█	=	↑	↑	↑	3
4	↑	↑	=	█	↑	↑	↑	4
5	↑	↑	↓	↓	█	↑	↑	5
6	↑	↓	↓	↓	↓	█	↑	6
7	=	↓	↓	↓	↓	↓	█	7

Figura II.2. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência mensal no rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Krukal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster – Análise espacial do rio das Velhas. (continuação)



APÊNDICE III

Tabelas com resultados relacionados ao Capítulo 5, sub-capítulo 5.2:

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO
DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO DAS VELHAS
UTILIZANDO DADOS DE FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM TRIMESTRAL**

Quadro III.1. Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas

Estação	Classe de Enquadramento	Descrição	Latitude	Longitude	Altitude
AV007	Classe 1	Ribeirão Funil a montante do rio das Velhas	-20,37	-43,63	1051
AV010	Classe 1	Rio das Velhas a jusante do ribeirão do Funil	-20,24	-43,68	907
AV020	Classe 2	Rio Maracujá a montante da confluência do Córrego dos Padres	-20,27	-43,71	927
AV050	Classe 2	Ribeirão do Silva a montante do Córrego das Almas	-20,36	-43,9	980
AV060	Classe 2	Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o ribeirão Mata Porcos	-20,29	-43,81	884
AV070	Classe 2	Ribeirão Mata Porcos próximo de sua confluência com o Ribeirão Sardinha	-20,32	-43,79	878
AV080	Classe 2	Rio Itabirito a montante de Itabirito	-20,28	-43,8	871
AV120	Classe 2	Córrego Moleque a montante do rio Itabirito	-20,18	-43,81	770
AV160E	Classe 2	Corpo da Barragem Lagoa Grande	-20,17	-43,89	1209
AV180E	Classe 2	Represa das Codornas	-20,18	-43,94	1322
AV200	Classe 2	Rio do Peixe a montante do Rio das Velhas	-20,12	-43,87	812
AV210	Classe 2	Rio das Velhas na cidade de Rio Acima	-20,09	-43,79	761
AV250	Classe 1	Ribeirão dos Macacos a montante do Rio das Velhas	-20,03	-43,83	746
AV300	Classe 2	Ribeirão Cardoso em Nova Lima	-19,98	-43,85	778
AV320	Classe 2	Córrego da Mina a montante do Rio das Velhas	-19,98	-43,82	745
AV340	Classe 1	Ribeirão da Prata. a montante do Rio das Velhas	-19,97	-43,8	716
BV013	Classe 2	Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito	-20,21	-43,74	832
BV035	Classe 2	Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito	-20,23	-43,8	839
BV037	Classe 2	Rio das Velhas a jusante da foz do Rio Itabirito	-20,13	-43,8	761
BV062	Classe 2	Ribeirão Água Suja próximo de sua foz no Rio das Velhas	-19,98	-43,83	734
BV063	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão Água Suja	-19,98	-43,81	727
BV067	Classe 2	Rio das Velhas a montante do ribeirão Sabará	-19,94	-43,83	704
BV076	Classe 3	Ribeirão Sabará próximo de sua foz no Rio das Velhas	-19,89	-43,8	716
BV083	Classe 3	Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão Arrudas	-19,85	-43,87	689
BV105	Classe 3	Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão do Onça	-19,8	-43,88	687
BV130	Classe 2	Ribeirão da Mata próximo de sua foz no Rio das Velhas	-19,7	-43,88	664
BV133	Classe 1	Rio Vermelho a jusante da cidade de Nova União	-19,69	-43,6	827
BV135	Classe 1	Rio Taquaraçu próximo de sua foz no Rio das Velhas	-19,61	-43,78	673
BV136	Classe 1	Rio Jabuticatubas a jusante da cidade de Jabuticatubas	-19,46	-43,9	653
BV137	Classe 3	Rio das Velhas na Ponte Raul Soares, em Lagoa Santa	-19,54	-43,9	642
BV139	Classe 2	Rio das Velhas a montante da ETA/COPASA, em Bela Fama	-20,06	-43,82	742
BV140	Classe 2	Ribeirão Jequitibá próximo de sua foz no Rio das Velhas	-19,25	-44,05	618
BV141	Classe 2	Rio das Velhas na cidade de Santana do Pirapama	-19,02	-44,04	616
BV142	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do ribeirão Santo Antônio	-18,54	-44,18	513
BV143	Classe 1	Rio Paraúna a montante da cidade de Presidente Juscelino	-18,65	-44,04	566

Quadro III.1. Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio das Velhas (continuação)

Estação	Classe de Enquadramento	Descrição	Latitude	Longitude	Altitude
BV144	Classe 2	Ribeirão da Onça a jusante da ETE de Cordisburgo	-19,11	-44,32	670
BV145	Classe 1	Rio Pardo Pequeno a jusante de Monjolos	-18,3	-44,16	541
BV146	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do rio Pardo Grande	-18,21	-44,35	502
BV147	Classe 1	Rio Bicudo próximo de sua foz no Rio das Velhas	-18,13	-44,54	520
BV148	Classe 2	Rio das Velhas na cidade de Várzea da Palma	-17,61	-44,7	522
BV149	Classe 2	Rio das Velhas a montante da sua foz no rio São Francisco em Guaicuí	-17,2	-44,82	493
BV150	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do rio Paraúna, na localidade de Senhora da Glória	-18,48	-44,2	538
BV151	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do córrego do Vinho em Lassance	-17,87	-44,55	520
BV152	Classe 2	Rio das Velhas entre os Rios Paraúna e Pardo Grande	-18,31	-44,24	527
BV153	Classe 3	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão da Mata	-19,71	-43,84	674
BV154	Classe 3	Ribeirão do Onça próximo de sua foz no Rio das Velhas	-19,82	-43,88	701
BV155	Classe 3	Ribeirão Arrudas próximo de sua foz no Rio das Velhas	-19,88	-43,86	716
BV156	Classe 2	Rio das Velhas a jusante do Rio Jabuticatubas	-19,28	-44,01	631
BV160	Classe 2	Ribeirão das Neves próximo de sua foz no Ribeirão da Mata	-19,63	-44,04	719
BV161	Classe 2	Ribeirão Santo Antônio próximo de sua foz no Rio das Velhas	-18,72	-44,23	557
BV162	Classe 1	Rio Cipó a montante da foz do Rio Paraúna	-18,69	-43,99	568
SC03	Classe 2	Córrego Caeté a jusante do lançamento de esgoto de Caeté	-19,88	-43,67	910
SC10	Classe 3	Ribeirão do Onça a montante da ETE Onça	-19,82	-43,9	697
SC12	Classe 2	Ribeirão das Areias a montante do aterro sanitário de Ribeirão das Neves	-19,81	-44,04	777
SC13	Classe 2	Ribeirão das Areias a jusante do aterro sanitário de Ribeirão das Neves	-19,81	-44,03	757
SC14	Classe 2	Ribeirão Poderoso a jusante da ETE Cristina em Santa Luzia	-19,78	-43,91	763
SC16	Classe 3	Rio das Velhas a jusante do aterro sanitário de Santa Luzia	-19,72	-43,82	684
SC17	Classe 2	Ribeirão da Mata a montante da ETE Vespasiano	-19,69	-43,91	663
SC19	Classe 2	Ribeirão das Neves a montantedo aterro sanitário de Pedro Leopoldo.	-19,67	-44,05	726
SC21	Classe 2	Ribeirão da Mata a jusante da confluência com Ribeirão das Neves	-19,64	-44,01	707
SC22	Classe 2	Ribeirão da Mata a montante da ETE Matozinhos	-19,58	-44,08	749
SC23	Classe 2	Ribeirão da Mata a jusante da ETE Matozinhos	-19,6	-44,06	757
SC24	Classe 2	Ribeirão Jequitibá a Jusante da ETE Prudente de Moraes	-19,47	-44,17	664
SC25	Classe 2	Córrego do Diogo em Sete Lagoas	-19,47	-44,24	742
SC26	Classe 2	Ribeirão do Matadouro a jusante dos lançamentos de esgoto de Sete Lagoas	-19,45	-44,21	732
SC27	Classe 1	Ribeirão do Chiqueiro a montante dos lançamentos de esgoto de Gouvêa	-18,44	-43,75	1000
SC28	Classe 1	Ribeirão do Chiqueiro a jusante dos lançamentos de esgoto de Gouvêa	-18,51	-43,75	973
SC30	Classe 1	Rio Paraúna a jusante da Cidade de Presidente Juscelino	-18,63	-44,06	556
SC33	Classe 2	Rio Curumataí a jusante da ETE de Augusto de Lima	-18,1	-44,31	557
SC39	Classe 2	Córrego Matadouro a jusante da ETE de Corinto	-18,34	-44,41	519

Tabela III.1. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Cloreto total (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	0,50	1,51	0,66	0,76	1,00	0,84	0,25	0,91	0,23	0,80
AV010	0,49	1,22	0,58	0,73	0,86	0,76	0,22	0,87	-0,36	0,73
AV020	0,50	3,31	1,49	1,84	2,38	1,92	0,65	0,16	-0,14	1,80
AV060	0,30	1,27	0,44	0,50	0,71	0,61	0,26	1,34	1,19	0,57
AV070	0,30	5,54	0,31	0,50	0,50	0,77	1,11	3,66	12,62	0,53
AV080	0,30	0,82	0,42	0,50	0,57	0,51	0,13	0,42	-0,23	0,49
AV210	0,49	1,83	1,01	1,15	1,34	1,17	0,33	0,27	-0,28	1,12
AV250	0,30	2,75	0,39	0,75	0,95	0,88	0,68	1,72	2,23	0,70
AV300	3,51	13,70	4,31	5,71	6,65	5,93	2,13	2,06	5,35	5,64
AV320	16,30	116,00	28,80	36,80	45,60	43,33	23,05	1,56	2,28	38,52
AV340	0,78	2,76	0,95	1,55	1,85	1,52	0,58	0,56	-0,61	1,41
BV013	0,69	2,03	0,96	1,10	1,49	1,22	0,37	0,64	-0,65	1,17
BV035	0,95	2,80	1,23	1,49	1,81	1,54	0,42	1,01	1,19	1,49
BV037	0,68	2,59	0,91	1,22	1,51	1,26	0,43	1,08	1,79	1,19
BV062	4,18	12,90	5,54	7,62	9,07	7,68	2,46	0,43	-0,67	7,29
BV063	1,18	3,78	1,55	1,90	2,06	1,99	0,71	1,34	1,02	1,89
BV067	1,10	3,61	1,43	1,82	2,23	1,92	0,62	0,91	0,49	1,83
BV076	2,45	7,90	3,30	4,44	5,83	4,64	1,54	0,44	-0,71	4,39
BV083	2,90	16,40	6,31	10,70	11,95	9,76	3,77	-0,26	-0,96	8,84
BV105	4,17	25,30	8,77	15,70	18,63	14,45	6,25	-0,02	-1,26	12,88
BV130	4,01	35,50	11,43	16,10	17,91	15,84	7,45	0,85	0,75	14,05
BV133	0,73	3,11	1,11	1,27	1,88	1,58	0,71	1,06	-0,24	1,44
BV135	0,83	3,15	1,06	1,28	1,98	1,53	0,65	1,06	-0,07	1,42
BV136	0,30	2,92	1,20	1,31	1,76	1,47	0,51	0,71	1,59	1,37
BV137	4,01	25,60	8,93	12,40	20,08	13,70	6,61	0,15	-1,34	11,92
BV139	0,60	1,78	0,94	1,13	1,34	1,15	0,32	0,21	-0,57	1,10
BV140	4,96	24,50	9,01	15,25	18,88	14,36	5,81	0,03	-1,20	13,04
BV141	3,99	19,10	8,09	12,65	16,14	11,99	4,56	-0,18	-1,30	10,97
BV142	2,10	17,60	6,02	7,87	14,03	9,35	4,50	0,27	-1,22	8,16
BV143	0,40	2,48	0,72	0,95	1,19	1,04	0,49	1,44	1,87	0,95
BV144	0,40	2,46	0,86	1,03	1,29	1,12	0,44	1,22	2,02	1,04
BV145	0,72	2,09	0,99	1,10	1,29	1,16	0,33	1,29	1,45	1,12
BV146	1,52	12,40	3,34	4,86	9,01	6,25	3,35	0,53	-1,11	5,36
BV147	0,33	2,82	0,50	0,70	1,17	0,92	0,64	1,69	2,19	0,76
BV148	1,34	12,50	3,04	5,37	7,68	5,68	2,92	0,42	-0,65	4,86
BV149	1,25	9,72	3,10	5,44	8,49	5,73	2,77	0,07	-1,50	4,96
BV150	2,53	14,10	4,82	7,75	10,57	7,63	3,37	0,24	-1,12	6,83
BV151	1,44	12,50	3,63	5,30	9,38	6,31	3,24	0,48	-1,08	5,46
BV152	1,49	15,50	4,41	6,94	10,94	7,65	3,66	0,36	-0,98	6,70
BV153	4,58	26,00	9,66	14,40	21,33	15,27	6,54	0,12	-1,30	13,72
BV154	16,90	63,40	28,50	39,70	50,50	39,55	12,74	-0,04	-1,12	37,30
BV155	8,46	62,20	29,40	38,05	48,43	38,11	12,03	-0,24	-0,10	35,64
BV156	4,66	22,40	8,36	10,90	15,48	12,16	4,60	0,35	-0,73	11,27
BV160	2,56	18,80	8,58	10,49	14,51	10,94	3,97	-0,02	-0,61	10,07
BV161	1,61	9,97	2,52	3,43	7,21	4,89	2,75	0,50	-1,26	4,14
BV162	0,49	2,13	0,91	1,18	1,40	1,21	0,43	0,29	-0,57	1,13
SC03	6,50	24,00	10,50	13,45	14,98	13,48	3,85	0,57	0,67	12,93
SC10	16,70	59,60	24,80	36,75	44,13	35,30	11,71	0,08	-0,99	33,23
SC12	1,40	7,36	1,79	2,00	2,42	2,36	1,21	3,19	10,45	2,18
SC13	4,66	14,30	6,28	8,02	9,85	8,34	2,54	0,75	-0,33	7,98
SC14	22,20	42,30	26,05	28,01	30,88	29,28	5,39	1,02	0,44	28,82
SC16	5,18	25,00	9,53	15,00	21,32	15,25	6,33	0,04	-1,27	13,78
SC17	4,48	22,00	8,13	12,30	16,98	12,58	5,33	0,22	-1,05	11,36
SC19	4,91	17,50	8,26	10,57	14,83	10,96	3,92	-0,01	-1,32	10,19
SC21	2,36	12,70	4,48	6,83	9,74	7,15	2,86	0,25	-1,02	6,55
SC22	1,55	22,10	1,83	2,08	2,58	3,17	4,18	4,21	16,18	2,43
SC23	2,42	9,45	2,68	3,88	4,50	4,13	1,76	1,52	1,94	3,83
SC24	1,52	6,76	1,87	2,73	4,00	3,09	1,36	0,81	0,13	2,81
SC25	15,70	168,00	40,70	67,60	98,88	70,26	41,22	0,44	-0,58	56,64
SC26	9,87	72,70	20,70	37,40	52,05	37,09	18,46	0,05	-1,23	31,64
SC27	0,30	1,44	0,34	0,50	0,55	0,55	0,27	1,84	3,07	0,50
SC28	0,32	1,40	0,58	0,72	1,03	0,82	0,32	0,39	-0,96	0,75
SC30	0,46	1,62	0,79	0,96	1,20	0,97	0,30	0,16	-0,67	0,92
SC33	0,88	2,79	1,15	1,42	1,56	1,46	0,45	1,39	1,80	1,41
SC39	4,93	20,30	7,54	9,55	10,78	9,64	3,39	1,24	2,22	9,10

Tabela III.2. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}$)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	0,01	5,34	0,53	0,80	2,07	1,49	1,44	1,49	1,29	0,85
AV010	0,01	62,70	0,36	0,94	1,41	4,29	13,49	4,04	14,56	0,47
AV020	0,01	5,72	0,53	2,23	3,40	2,28	1,72	0,39	-0,85	0,88
AV060	0,01	5,34	0,01	1,81	2,59	1,69	1,39	0,53	0,14	0,38
AV070	0,01	35,30	0,71	2,31	3,20	3,51	7,24	3,99	14,67	0,75
AV080	0,01	8,29	0,56	1,57	2,58	2,08	2,17	1,81	2,76	0,79
AV210	0,01	5,34	0,20	2,67	4,27	2,31	1,86	0,06	-1,43	0,55
AV250	0,01	22,25	0,71	1,09	2,67	2,88	4,80	3,28	10,37	0,81
AV300	0,01	25,67	0,53	1,23	3,12	2,94	5,33	3,67	12,77	1,20
AV320	1,60	34,89	3,74	7,28	16,95	12,05	10,51	0,83	-0,72	7,61
AV340	0,01	9,19	1,05	1,47	3,43	2,26	2,19	1,48	2,32	0,70
BV013	0,01	13,74	1,04	3,06	4,94	3,70	3,60	1,35	1,29	1,28
BV035	0,01	8,01	0,82	1,23	3,20	2,06	2,00	1,48	1,78	0,79
BV037	0,00	7,33	0,80	2,14	4,01	2,60	2,04	0,53	-0,58	
BV062	0,00	20,83	0,44	1,85	4,17	3,37	4,53	2,59	7,27	
BV063	0,01	19,89	1,63	2,83	6,54	4,54	4,59	1,77	3,20	1,61
BV067	0,01	17,80	0,53	2,13	7,35	4,84	5,63	1,10	-0,01	0,83
BV076	0,80	30,17	2,67	3,84	5,78	5,61	6,29	2,82	7,94	3,83
BV083	0,00	15,49	2,19	4,80	7,59	5,07	3,89	0,81	0,23	
BV105	0,00	43,17	3,67	7,89	12,79	10,67	9,79	1,76	3,09	
BV130	1,23	26,21	4,39	6,14	10,68	8,44	6,59	1,52	1,55	6,43
BV133	0,01	8,37	2,10	3,56	4,92	3,54	2,37	0,32	-0,55	1,49
BV135	0,01	6,26	0,87	1,83	2,45	1,97	1,48	1,17	1,25	1,22
BV136	0,01	25,43	0,53	2,60	7,34	5,18	6,37	1,81	2,81	1,60
BV137	0,01	55,63	6,41	11,11	20,03	14,78	13,53	1,60	2,11	7,61
BV139	0,00	9,08	0,97	2,67	4,07	2,70	2,10	1,01	1,50	
BV140	0,01	18,25	2,70	4,00	5,53	5,04	4,56	1,63	1,99	2,33
BV141	1,87	1003,92	6,47	19,52	43,17	78,31	206,67	4,07	15,30	20,25
BV142	0,67	667,54	5,42	12,82	95,46	80,08	147,60	2,92	8,57	18,64
BV143	0,01	9,61	1,89	3,40	4,83	3,67	2,49	0,45	-0,32	1,54
BV144	0,01	17,80	2,01	5,87	7,39	5,94	4,35	1,01	0,80	3,52
BV145	0,01	21,13	1,67	2,55	3,54	3,43	4,18	3,38	11,74	1,30
BV146	0,01	611,43	4,42	11,84	145,99	81,53	141,30	2,46	6,19	13,70
BV147	0,00	26,70	0,80	1,87	3,74	3,25	5,47	3,69	13,08	
BV148	0,01	455,50	3,01	10,55	42,66	76,94	135,83	1,75	1,44	6,97
BV149	0,01	332,68	4,34	12,83	122,35	73,57	100,51	1,27	0,24	11,67
BV150	0,01	524,21	4,01	14,63	125,21	78,23	130,37	2,14	4,07	10,54
BV151	0,01	405,63	3,01	21,80	87,84	85,83	130,18	1,41	0,38	8,15
BV152	0,01	632,26	4,07	10,95	214,34	108,87	169,00	1,65	1,97	15,91
BV153	0,01	88,11	4,69	9,50	22,12	17,90	20,90	1,99	3,52	8,07
BV154	0,81	195,98	20,02	36,31	56,74	45,04	40,92	2,20	5,74	28,48
BV155	0,01	65,08	2,38	7,87	17,66	12,91	15,08	1,99	4,01	4,30
BV156	2,59	108,40	5,70	13,12	27,57	21,82	24,17	2,19	4,93	13,16
BV160	0,92	34,71	10,01	12,46	15,11	13,41	7,51	1,22	1,73	11,01
BV161	0,00	32,04	1,00	1,83	3,80	3,92	6,56	3,55	12,37	
BV162	0,01	8,72	1,12	2,49	4,54	3,14	2,60	0,76	-0,33	1,01
SC03	0,01	57,41	4,45	9,79	16,02	12,43	12,38	2,23	5,60	6,33
SC10	1,03	178,89	19,09	43,06	71,85	55,51	44,65	1,13	0,76	35,70
SC12	0,80	16,20	2,40	3,62	6,41	4,78	3,45	1,63	3,16	3,73
SC13	0,01	128,16	2,67	3,81	7,88	12,38	27,18	3,69	12,73	3,02
SC14	11,44	332,86	38,00	109,09	213,87	136,72	104,64	0,48	-1,03	88,66
SC16	0,88	63,48	6,87	12,93	20,47	18,27	17,55	1,45	1,00	11,24
SC17	0,53	20,47	5,34	7,43	11,78	9,13	5,21	0,78	-0,24	7,42
SC19	0,01	85,44	6,91	13,62	21,36	18,42	19,86	2,21	4,43	8,98
SC21	0,53	36,31	4,28	6,90	10,41	9,24	8,04	1,89	3,53	6,56
SC22	0,01	29,37	1,07	2,85	5,35	4,84	6,28	2,79	8,22	2,14
SC23	0,01	83,40	4,66	7,45	10,01	11,56	17,04	3,53	12,10	5,32
SC24	0,01	12,46	3,06	4,27	6,50	4,73	2,98	0,72	0,38	2,93
SC25	0,01	1134,75	9,79	32,04	44,43	86,78	236,74	4,11	15,29	18,57
SC26	10,30	1016,83	30,37	44,33	100,39	107,18	208,52	3,92	14,26	52,35
SC27	0,00	6,01	1,07	1,60	2,31	1,94	1,51	1,21	1,14	
SC28	0,01	14,69	1,34	2,40	4,29	3,55	3,73	1,76	2,32	1,53
SC30	0,01	7,63	1,23	2,76	4,16	2,74	2,01	0,34	-0,33	0,90
SC33	0,01	25,43	1,07	1,88	3,38	3,26	5,22	3,60	12,57	1,01
SC39	0,01	43,79	3,03	4,63	12,46	10,72	12,82	1,58	1,13	4,50

Tabela III.3. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	140	160000	3000	7000	13000	16692	33766	3,65	12,51	6274
AV010	80	30000	230	700	2300	3771	7026	2,62	6,53	929
AV020	700	90000	8000	17000	30000	23343	21228	1,52	2,21	14190
AV060	23	17000	170	385	1473	2166	4409	2,56	5,22	418
AV070	60	24000	163	1000	1625	3360	6099	2,31	4,26	858
AV080	30	17000	140	650	1625	1685	3494	3,80	13,80	522
AV210	213	160000	8350	14000	20750	27510	43231	2,56	5,06	11087
AV250	230	160000	1175	2900	12000	20229	44924	2,69	5,54	4219
AV300	24000	160000	63000	160000	160000	113682	54013	-0,51	-1,44	95363
AV320	2300	160000	8750	22000	30000	28827	34450	2,67	7,09	17269
AV340	22000	160000	50000	90000	160000	92636	51658	0,16	-1,43	75985
BV013	30	90000	348	1550	8000	8693	19015	3,55	12,24	1355
BV035	17000	160000	90000	160000	160000	124136	49721	-0,84	-0,96	108508
BV037	30	160000	5500	10200	22250	23520	35644	2,79	7,37	9777
BV062	1700	160000	50000	160000	160000	110232	63519	-0,67	-1,30	64237
BV063	3300	160000	13000	27000	53000	50877	55035	1,25	-0,04	27859
BV067	700	160000	4925	15000	24000	29114	45433	2,19	3,46	10215
BV076	2280	160000	107500	160000	160000	130195	51512	-1,36	0,26	102895
BV083	2300	160000	36000	160000	160000	113095	64176	-0,73	-1,32	72143
BV105	90	160000	160000	160000	160000	138550	47612	-1,95	2,20	97201
BV130	110	160000	5225	12000	30000	31845	45208	2,06	3,06	10950
BV133	500	90000	11500	13000	23500	18873	17920	2,74	8,47	12072
BV135	50	160000	183	650	2300	8948	33062	4,32	16,81	819
BV136	50	160000	300	650	6750	15299	37198	3,03	8,25	1391
BV137	300	160000	3350	7500	32250	32097	52039	1,93	2,03	9014
BV139	200	160000	7225	13000	24000	30011	44970	2,22	3,54	10978
BV140	23	17000	223	800	2950	2434	3872	2,55	6,45	725
BV141	23	30000	280	1550	5000	4141	6575	2,80	8,10	1061
BV142	23	50000	55	425	4250	4339	10478	3,75	13,42	514
BV143	23	24000	49	120	430	1396	4954	4,30	16,71	164
BV144	23	22000	163	400	2275	2176	4535	3,76	13,63	575
BV145	23	11000	80	360	1250	1241	2402	3,17	9,69	333
BV146	23	22000	140	1020	2150	3315	5855	2,18	3,45	749
BV147	30	160000	300	650	11500	18995	45410	2,68	5,47	1421
BV148	2	160000	110	475	2800	18881	45661	2,64	5,31	639
BV149	23	160000	248	500	3875	18421	45551	2,69	5,50	1166
BV150	2	50000	130	550	2275	3977	10376	3,94	14,61	504
BV151	2	160000	55	480	1250	11696	34416	3,68	12,76	467
BV152	23	160000	185	945	3000	8924	33022	4,34	16,92	755
BV153	3000	160000	19750	125000	160000	95409	68175	-0,24	-1,78	52362
BV154	7000	160000	160000	160000	160000	131045	55291	-1,49	0,37	102009
BV155	2800	160000	90000	160000	160000	124536	56330	-1,23	-0,08	87223
BV156	23	160000	133	1500	4500	20766	47804	2,33	3,77	1200
BV160	700	160000	90000	160000	160000	117441	55716	-0,84	-0,82	83270
BV161	23	30000	110	290	1925	2747	6399	3,52	12,02	470
BV162	23	3000	80	155	1000	648	911	1,58	1,31	224
SC03	23	160000	160000	160000	160000	138189	54889	-2,12	2,49	52979
SC10	90	160000	160000	160000	160000	135509	53011	-1,80	1,47	81690
SC12	40	50000	818	2300	7750	7645	11864	2,36	5,11	2284
SC13	30	160000	7900	22000	53000	43710	52957	1,31	0,37	11389
SC14	23	160000	160000	160000	160000	138215	54825	-2,12	2,49	61326
SC16	140	160000	28500	72000	160000	91129	65711	-0,04	-1,78	46130
SC17	280	160000	3350	19500	50000	33567	44194	2,00	3,20	11304
SC19	1100	160000	8750	29000	50000	51332	55389	1,18	-0,13	24958
SC21	1400	160000	36000	160000	160000	112945	64513	-0,74	-1,30	68012
SC22	280	160000	2225	6000	17000	19044	34073	3,24	10,42	6633
SC23	220	160000	12500	90000	160000	77101	64674	0,18	-1,61	31765
SC24	49	160000	50000	160000	160000	111111	62341	-0,67	-1,26	58510
SC25	170	160000	160000	160000	160000	136462	52279	-1,91	1,86	91143
SC26	80	160000	160000	160000	160000	125890	63013	-1,31	-0,25	68368
SC27	30	50000	140	300	1600	5307	12394	2,60	5,66	592
SC28	23	22000	818	1300	2200	3347	5586	2,41	4,46	1268
SC30	23	160000	568	2800	6750	11747	32898	4,14	15,75	1632
SC33	79	90000	115	600	1700	5722	18633	4,19	16,03	639
SC39	33	30000	185	500	1600	3683	7886	2,49	4,75	690

Tabela III.4. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm}$)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	67	121	86	99	109	97	16	-0,53	-0,85	95,52
AV010	22	57	36	43	48	43	9	-0,40	-0,51	41,64
AV020	37	76	46	50	59	53	9	0,60	0,13	52,04
AV060	16	78	20	21	23	24	12	3,82	13,78	22,68
AV070	34	91	53	69	79	65	16	-0,29	-1,02	63,11
AV080	32	74	46	58	68	56	12	-0,22	-1,18	54,73
AV210	39	82	45	55	63	55	11	0,40	-0,52	53,91
AV250	39	76	43	47	53	49	9	1,46	2,27	48,64
AV300	99	161	119	136	147	133	17	-0,29	-0,93	132,30
AV320	1237	2465	1548	1742	1921	1759	335	0,26	-0,75	1726,84
AV340	22	47	30	36	40	35	7	-0,10	-0,97	33,79
BV013	37	63	42	47	52	47	7	0,35	-0,73	46,80
BV035	44	86	53	64	77	64	13	0,02	-1,36	63,00
BV037	39	72	47	57	63	56	10	-0,15	-1,28	54,77
BV062	109	231	125	163	184	162	37	0,20	-1,00	157,96
BV063	48	139	69	84	94	83	23	0,46	-0,10	80,18
BV067	46	124	65	75	89	77	21	0,63	-0,01	74,62
BV076	75	184	99	115	130	115	23	0,78	1,19	113,00
BV083	76	248	124	178	201	168	49	-0,23	-1,00	159,80
BV105	109	331	152	247	282	223	70	-0,21	-1,44	210,85
BV130	121	408	248	292	337	286	62	-0,41	0,35	277,85
BV133	26	45	29	30	37	33	6	0,89	-0,58	32,49
BV135	31	68	45	50	57	51	9	0,01	-0,36	50,09
BV136	17	111	60	80	90	75	24	-0,61	-0,28	69,40
BV137	128	328	157	211	284	221	66	0,16	-1,54	211,13
BV139	40	80	47	55	62	56	10	0,32	-0,50	54,61
BV140	175	516	230	281	358	305	96	0,61	-0,54	290,98
BV141	124	278	159	209	243	205	45	-0,11	-1,34	199,20
BV142	114	275	165	199	228	192	42	-0,25	-0,76	186,82
BV143	11	79	24	46	54	42	18	-0,08	-0,70	37,22
BV144	170	311	223	270	295	257	45	-0,59	-1,00	252,40
BV145	14	122	38	76	101	72	36	-0,17	-1,36	59,65
BV146	51	195	93	133	166	130	42	-0,23	-1,23	121,73
BV147	24	167	54	80	103	79	36	0,18	-0,16	68,79
BV148	49	208	102	136	161	132	39	-0,32	-0,55	125,08
BV149	46	220	93	138	162	128	44	-0,28	-0,58	119,01
BV150	72	225	119	162	184	153	42	-0,35	-0,94	145,94
BV151	46	207	104	131	169	133	44	-0,52	-0,58	123,79
BV152	51	199	124	161	181	153	38	-0,94	0,30	146,33
BV153	126	349	176	251	297	239	70	-0,13	-1,29	227,89
BV154	299	696	440	585	626	531	119	-0,62	-0,95	515,61
BV155	162	603	381	500	554	468	108	-0,94	0,56	451,88
BV156	146	326	173	227	279	227	57	0,13	-1,26	220,27
BV160	102	335	208	240	293	243	54	-0,35	0,15	236,02
BV161	37	418	99	154	237	178	106	0,57	-0,56	144,67
BV162	14	128	34	79	95	69	34	-0,24	-1,29	57,45
SC03	110	327	175	208	259	214	55	0,22	-0,74	206,38
SC10	264	618	381	475	511	445	96	-0,31	-0,88	433,65
SC12	84	130	90	96	109	100	13	0,89	-0,24	99,51
SC13	141	295	165	192	215	193	33	1,02	1,71	190,35
SC14	430	650	462	475	520	493	53	1,24	1,24	490,59
SC16	125	345	182	259	293	239	66	-0,21	-1,29	229,27
SC17	112	406	245	265	316	271	61	-0,20	0,66	262,70
SC19	95	349	211	255	277	249	58	-0,43	0,34	240,66
SC21	97	286	175	194	235	204	48	0,00	-0,58	197,93
SC22	105	241	137	150	173	155	27	1,19	2,55	152,51
SC23	119	241	155	172	202	178	31	0,25	-0,76	175,04
SC24	120	255	145	169	184	169	33	0,79	0,32	165,57
SC25	242	1333	473	793	971	751	312	0,04	-0,98	676,60
SC26	231	1368	346	515	640	537	249	1,53	3,07	489,26
SC27	1	29	12	13	14	13	5	1,18	6,97	12,05
SC28	2	26	19	20	21	20	5	-2,48	8,27	18,23
SC30	15	79	27	50	56	44	17	-0,18	-0,74	40,27
SC33	17	86	37	48	62	49	18	0,12	-0,61	44,93
SC39	220	352	282	309	325	304	30	-0,78	0,74	302,43

Tabela III.5. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio(mg/L O₂)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	2	3	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,03
AV010	2	2	2	2	2	2	0			2,00
AV020	2	5	2	2	2	2	1	2,60	5,53	2,21
AV060	2	2	2	2	2	2	0			2,00
AV070	2	2	2	2	2	2	0			2,00
AV080	2	4	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,06
AV210	2	4	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,05
AV250	2	3	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,04
AV300	3	9	3	4	5	5	2	1,21	0,81	4,44
AV320	2	4	2	2	3	3	1	1,04	-0,15	2,52
AV340	2	16	2	3	5	4	3	2,84	8,76	3,51
BV013	2	5	2	2	2	2	1	4,36	17,05	2,08
BV035	2	4	2	2	3	3	1	1,15	0,06	2,50
BV037	2	8	2	2	2	2	1	4,09	15,40	2,24
BV062	4	29	7	11	13	11	6	1,23	1,19	9,85
BV063	2	6	2	2	2	2	1	2,62	6,10	2,30
BV067	2	3	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,02
BV076	2	14	4	5	7	6	3	1,17	1,00	5,09
BV083	3	30	6	7	12	9	6	2,06	4,99	7,93
BV105	2	25	5	8	14	10	6	0,85	0,29	8,41
BV130	2	11	4	5	6	5	2	1,17	1,35	4,79
BV133	2	6	2	2	2	2	1	4,36	17,05	2,10
BV135	2	12	2	2	2	2	2	4,36	17,04	2,17
BV136	2	2	2	2	2	2	0			2,00
BV137	2	13	4	5	7	5	3	1,18	1,37	4,83
BV139	2	4	2	2	2	2	0	4,27	16,50	2,07
BV140	2	7	2	2	2	3	1	2,12	3,10	2,38
BV141	2	10	2	2	5	4	2	1,24	0,57	3,24
BV142	2	10	2	2	3	3	2	2,43	5,76	2,75
BV143	2	2	2	2	2	2	0			2,00
BV144	2	3	2	2	2	2	0	2,92	6,65	2,04
BV145	2	2	2	2	2	2	0			2,00
BV146	2	5	2	2	2	3	1	1,95	2,40	2,36
BV147	2	3	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,04
BV148	2	7	2	2	3	3	1	2,28	4,07	2,51
BV149	2	8	2	2	3	3	2	1,58	1,28	2,73
BV150	2	5	2	2	3	3	1	1,58	2,05	2,41
BV151	2	7	2	2	3	3	1	1,91	3,68	2,53
BV152	2	4	2	3	3	3	1	0,36	-1,22	2,68
BV153	2	17	5	7	12	8	4	0,50	-0,88	7,04
BV154	2	41	10	18	27	19	11	0,39	-0,82	15,49
BV155	2	111	22	30	42	34	23	1,53	3,05	26,05
BV156	2	25	3	5	8	7	6	2,03	3,49	5,14
BV160	2	15	4	6	12	7	4	0,59	-1,18	6,28
BV161	2	6	2	2	2	3	1	1,98	2,70	2,37
BV162	2	3	2	2	2	2	0	4,24	16,30	2,05
SC03	2	134	12	22	33	29	28	2,59	7,11	20,48
SC10	5	54	11	19	30	21	13	0,76	-0,30	17,47
SC12	2	3	2	2	2	2	0	2,89	6,41	2,09
SC13	2	22	4	5	8	7	4	2,29	5,73	5,63
SC14	2	118	18	35	69	44	33	0,71	-0,46	29,36
SC16	4	26	6	8	11	9	5	2,09	5,05	8,41
SC17	2	11	4	5	6	5	2	0,87	0,07	4,82
SC19	3	33	4	8	17	12	9	0,94	-0,41	9,05
SC21	3	11	3	4	6	5	2	1,33	0,91	4,63
SC22	2	3	2	2	2	2	0	2,15	3,12	2,11
SC23	2	16	2	3	5	5	3	1,87	3,59	3,81
SC24	2	52	2	2	6	8	12	2,60	5,82	3,92
SC25	2	85	10	20	27	22	18	1,93	4,10	16,45
SC26	2	145	5	12	21	23	33	2,78	6,97	12,46
SC27	2	2	2	2	2	2	0			2,00
SC28	2	2	2	2	2	2	0			2,00
SC30	2	3	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,04
SC33	2	2	2	2	2	2	0	4,36	17,05	2,00
SC39	2	3	2	2	2	2	0	2,59	5,16	2,09

Tabela III.6. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Demanda Química de Oxigênio (mg/L O₂)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	5,00	13,00	5,00	7,70	10,00	7,73	2,70	0,48	-1,01	7,28
AV010	5,00	14,00	5,00	5,50	7,40	6,71	2,52	1,80	2,31	6,36
AV020	5,00	22,00	5,00	10,90	14,50	10,79	5,22	0,40	-0,99	9,51
AV060	5,00	16,00	5,00	6,60	12,00	8,39	3,71	0,59	-1,10	7,63
AV070	5,00	21,00	5,00	5,10	9,80	8,13	4,48	1,56	1,57	7,23
AV080	5,00	23,00	5,00	5,80	9,85	8,26	4,49	1,72	2,79	7,38
AV210	5,00	15,00	5,00	6,40	9,90	7,61	3,22	0,97	-0,39	7,03
AV250	5,00	34,00	5,00	5,00	8,50	7,93	6,26	3,42	11,38	6,83
AV300	5,00	31,00	8,15	14,50	16,00	13,48	6,67	0,84	0,51	11,87
AV320	5,00	42,00	8,33	12,50	21,75	15,31	8,93	1,16	1,16	13,05
AV340	5,00	27,00	10,00	12,00	17,00	13,25	5,67	0,46	-0,30	11,98
BV013	5,00	25,00	5,00	7,90	13,50	10,06	5,42	0,94	0,27	8,77
BV035	5,00	33,00	5,73	9,35	13,00	12,54	8,46	1,08	-0,15	10,24
BV037	5,00	29,00	5,00	8,25	12,25	10,13	6,63	1,62	1,77	8,59
BV062	17,00	58,00	26,75	33,50	42,50	34,59	10,68	0,10	-0,69	32,83
BV063	5,00	44,00	5,23	8,55	11,75	11,33	8,94	2,39	5,67	9,26
BV067	5,00	26,00	5,00	8,95	14,00	10,87	6,69	1,03	-0,06	9,15
BV076	5,00	30,00	14,25	21,50	25,00	19,51	7,67	-0,44	-0,95	17,49
BV083	14,00	53,00	19,25	27,00	33,75	28,91	11,88	0,78	-0,49	26,68
BV105	17,00	67,00	27,25	34,50	42,50	35,82	12,88	0,57	-0,28	33,55
BV130	9,90	83,00	17,00	19,50	24,75	23,31	14,61	3,07	9,81	20,78
BV133	5,00	29,00	8,65	14,00	17,75	14,00	6,66	0,51	-0,40	12,35
BV135	5,00	15,00	5,53	9,15	12,75	9,37	3,48	0,08	-1,44	8,69
BV136	5,00	95,00	5,78	9,75	14,00	14,75	18,72	3,58	12,43	10,44
BV137	6,30	113,00	22,25	27,00	36,75	32,01	20,52	2,65	8,24	27,52
BV139	5,00	21,00	5,00	5,60	11,00	9,14	5,88	1,17	-0,30	7,73
BV140	6,30	55,00	11,25	15,50	20,25	18,38	10,83	1,78	3,46	15,97
BV141	5,00	44,00	11,00	21,00	28,25	21,11	10,62	0,44	-0,82	18,32
BV142	5,00	43,00	14,25	18,00	24,00	19,72	8,84	0,65	0,26	17,64
BV143	5,00	31,00	5,00	8,65	19,00	12,60	8,68	0,89	-0,72	10,08
BV144	5,00	22,00	5,00	8,25	13,00	9,85	5,31	0,83	-0,36	8,58
BV145	5,00	29,00	5,00	7,75	15,00	11,12	7,54	1,09	-0,23	9,12
BV146	5,00	35,00	12,50	17,50	23,88	18,87	8,50	0,35	-0,84	16,81
BV147	5,00	27,00	5,80	11,50	18,75	13,51	7,64	0,46	-1,11	11,32
BV148	5,00	41,00	9,93	14,50	19,00	16,21	9,49	1,24	1,05	13,80
BV149	5,00	34,00	11,00	15,00	25,00	17,04	9,21	0,59	-0,90	14,54
BV150	5,00	42,00	9,68	17,50	25,75	19,44	10,68	0,55	-0,43	16,31
BV151	6,00	52,00	8,78	14,00	23,00	17,15	11,38	1,59	2,10	14,35
BV152	5,00	43,00	13,00	16,50	25,00	19,26	9,72	0,68	-0,29	16,79
BV153	9,40	67,00	23,25	34,50	42,00	35,15	16,05	0,37	-0,69	31,15
BV154	28,00	146,00	49,25	87,50	124,00	85,50	38,18	0,13	-1,37	76,19
BV155	28,00	149,00	61,75	90,50	112,25	88,68	32,06	-0,11	-0,71	81,79
BV156	7,50	158,00	16,25	21,50	28,50	35,66	37,86	2,08	3,24	24,89
BV160	17,00	91,00	23,00	28,00	38,75	35,27	18,21	1,65	2,09	31,82
BV161	5,00	70,00	8,13	12,90	21,00	16,01	13,65	2,76	8,30	12,66
BV162	5,00	87,00	7,65	11,00	24,50	19,38	18,15	2,34	6,04	14,09
SC03	28,00	167,00	46,25	65,50	90,25	71,73	34,84	0,90	0,46	63,84
SC10	32,00	147,00	52,00	81,00	110,50	81,68	33,09	0,17	-1,17	74,52
SC12	5,00	28,00	5,55	9,20	12,75	10,66	5,87	1,29	1,26	9,34
SC13	8,00	149,00	12,00	15,00	18,00	22,40	28,34	4,03	15,12	16,97
SC14	20,00	200,00	68,25	92,50	128,25	99,36	44,44	0,24	-0,57	87,75
SC16	13,00	99,00	25,00	37,50	48,00	40,09	21,64	1,07	0,73	34,84
SC17	6,10	63,00	15,00	18,50	24,00	22,60	13,66	1,89	2,96	19,68
SC19	21,00	114,00	30,25	35,50	45,75	44,27	24,95	1,74	2,09	39,33
SC21	9,00	56,00	16,50	21,00	30,25	24,95	11,87	1,07	0,35	22,50
SC22	5,00	37,00	7,50	12,00	14,75	12,34	6,75	1,99	5,45	10,89
SC23	5,00	34,00	11,50	18,00	22,50	17,54	7,91	0,26	-0,67	15,51
SC24	5,00	97,00	7,30	14,00	24,75	21,60	22,61	2,12	3,94	14,53
SC25	18,00	136,00	46,50	86,00	107,00	81,41	36,62	-0,05	-1,18	71,36
SC26	16,00	466,00	28,00	51,50	71,00	74,59	91,35	3,53	12,37	52,03
SC27	5,00	34,00	5,00	8,35	11,75	10,20	7,26	2,04	3,70	8,54
SC28	5,00	24,00	5,00	5,00	11,75	8,90	5,67	1,30	0,47	7,56
SC30	5,00	51,00	7,10	9,70	15,00	13,13	10,49	2,28	5,19	10,60
SC33	5,00	38,00	7,90	13,50	19,00	15,98	9,67	0,89	-0,16	13,28
SC39	5,00	37,00	6,60	8,60	14,00	12,58	8,56	1,42	1,14	10,41

Tabela III.7. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Feoftina-*a* (µg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	0,01	8,94	0,14	0,37	1,05	1,11	1,98	3,09	9,35	0,26
AV010	0,01	55,96	0,36	1,69	3,54	4,89	12,01	3,83	13,39	0,68
AV020	0,01	9,93	0,73	2,07	3,62	2,82	2,69	1,06	0,32	1,01
AV060	0,01	6,00	0,38	1,48	2,60	1,88	1,85	0,98	-0,22	0,71
AV070	0,01	11,51	0,15	0,81	1,90	2,14	3,01	1,76	2,27	0,42
AV080	0,01	18,16	0,43	1,71	7,40	4,23	5,23	1,39	0,89	0,99
AV210	0,03	18,08	0,47	1,03	4,47	3,06	4,27	2,22	4,94	1,10
AV250	0,01	5,54	0,36	0,80	1,42	1,30	1,53	1,76	2,16	0,42
AV300	0,01	5,09	0,06	0,43	0,75	0,64	1,05	3,50	12,07	0,20
AV320	0,01	2,62	0,28	0,50	1,19	0,76	0,66	1,30	0,95	0,47
AV340	0,01	21,82	0,18	0,51	1,81	2,03	4,60	3,77	13,38	0,41
BV013	0,01	29,37	0,42	1,20	2,91	3,55	6,79	2,94	7,62	0,97
BV035	0,01	9,64	0,62	1,57	2,93	2,23	2,39	1,71	2,50	0,86
BV037	0,01	13,82	1,00	1,68	3,48	2,97	3,61	1,92	2,71	1,09
BV062	0,01	34,66	0,20	0,53	0,74	2,27	7,28	4,18	15,69	0,30
BV063	0,08	19,45	0,98	2,45	3,88	3,72	4,62	2,21	4,39	1,83
BV067	0,12	14,02	1,31	2,45	4,68	3,43	3,29	1,71	2,96	1,90
BV076	0,01	3,07	0,34	0,47	1,14	0,89	0,88	1,30	0,66	0,42
BV083	0,01	7,34	0,81	2,02	5,52	3,09	2,46	0,41	-1,32	1,40
BV105	0,04	15,58	1,05	2,12	4,13	3,09	3,30	2,42	6,53	1,79
BV130	0,01	11,18	0,78	1,76	4,07	2,76	2,78	1,36	1,71	0,85
BV133	0,01	6,55	1,21	2,30	3,50	2,49	1,77	0,74	-0,37	1,53
BV135	0,01	8,16	0,32	1,18	3,37	2,13	2,20	1,15	0,61	0,70
BV136	0,01	15,75	0,21	0,75	1,66	1,99	3,76	2,83	7,03	0,37
BV137	0,86	30,94	1,54	2,57	5,48	4,80	6,49	3,23	10,20	3,04
BV139	0,01	6,68	0,45	0,85	2,59	1,80	1,89	1,29	0,68	0,75
BV140	0,00	14,15	0,73	2,13	3,58	3,06	3,52	1,90	3,06	
BV141	0,20	25,48	1,59	2,95	5,34	6,08	7,25	1,64	1,33	3,22
BV142	0,01	41,94	2,85	5,62	8,58	8,29	9,38	2,30	5,22	3,96
BV143	0,01	22,47	0,51	1,32	3,08	3,04	4,92	3,07	9,21	1,14
BV144	0,01	20,83	0,06	0,79	1,07	1,95	4,51	3,66	12,40	0,29
BV145	0,01	22,17	0,48	0,76	1,61	2,37	4,97	3,27	9,82	0,63
BV146	0,05	27,50	3,42	9,36	12,74	9,66	7,17	0,76	0,00	5,83
BV147	0,01	95,77	0,50	1,28	3,64	8,63	22,16	3,23	9,33	0,90
BV148	0,01	32,76	2,38	7,87	14,22	10,11	8,63	0,85	0,02	5,04
BV149	0,01	25,43	2,23	7,17	12,16	8,52	7,17	0,73	-0,42	3,49
BV150	0,63	41,89	2,08	5,02	7,44	8,13	9,92	2,21	4,12	4,74
BV151	0,01	34,87	1,55	12,66	18,66	11,77	10,15	0,53	-0,59	4,84
BV152	0,01	33,01	1,67	8,11	12,35	8,59	8,29	1,38	1,71	3,40
BV153	0,01	40,43	1,32	2,00	4,91	5,60	8,97	2,81	7,71	1,67
BV154	0,01	9,40	1,08	2,26	3,07	2,44	2,07	1,69	3,82	0,97
BV155	0,01	5,63	1,40	1,93	2,22	2,15	1,53	1,06	0,63	1,29
BV156	0,01	15,70	1,44	2,21	5,51	3,76	3,71	1,67	2,49	2,02
BV160	0,01	17,07	1,39	4,27	5,84	4,42	3,82	1,69	3,67	2,32
BV161	0,01	40,77	0,99	2,00	2,65	6,40	12,15	2,25	3,43	1,32
BV162	0,01	36,04	0,44	1,16	2,35	4,81	10,18	2,54	4,71	0,64
SC03	0,01	20,72	1,35	2,19	3,79	3,56	4,64	2,69	7,07	1,66
SC10	0,70	11,66	1,74	2,98	5,14	4,01	3,08	1,21	0,41	3,02
SC12	0,01	4,81	0,53	1,46	2,67	1,69	1,33	0,63	-0,50	0,94
SC13	0,01	8,91	0,67	1,04	3,44	2,42	2,43	1,29	0,86	1,13
SC14	0,01	21,74	3,44	5,46	15,43	8,61	7,34	0,53	-1,30	3,79
SC16	0,01	7,15	1,35	2,43	5,48	3,06	2,30	0,30	-1,29	1,15
SC17	0,01	16,09	1,19	2,94	4,74	3,95	4,17	1,71	2,17	1,59
SC19	0,13	26,59	2,11	3,14	8,93	6,81	7,41	1,34	0,52	3,64
SC21	0,01	14,85	1,23	1,82	3,05	2,88	3,26	2,51	6,33	1,51
SC22	0,01	7,86	0,12	0,88	2,39	1,57	1,95	1,77	3,01	0,40
SC23	0,65	8,69	1,86	2,82	4,47	3,31	1,96	0,90	0,62	2,73
SC24	0,01	18,86	0,32	0,86	1,33	1,94	4,19	3,63	11,83	0,51
SC25	0,01	5,74	0,32	1,25	2,36	1,63	1,57	1,06	0,42	0,57
SC26	0,26	49,66	1,53	2,86	6,20	7,82	12,34	2,36	4,72	3,19
SC27	0,01	8,46	0,54	0,81	1,98	1,74	2,13	2,07	3,51	0,79
SC28	0,01	22,06	0,90	2,00	2,94	3,73	5,41	2,37	4,80	1,12
SC30	0,01	32,19	0,52	1,52	2,62	3,36	6,83	3,73	12,90	0,96
SC33	0,01	83,01	0,30	1,18	2,04	5,95	18,27	3,93	13,65	0,83
SC39	0,01	6,54	0,81	1,38	2,21	1,71	1,47	1,77	3,61	0,84

Tabela III.8. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Fósforo total (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	0,01	0,33	0,02	0,02	0,05	0,05	0,07	2,93	8,49	0,03
AV010	0,01	0,34	0,02	0,02	0,07	0,07	0,09	1,70	1,54	0,03
AV020	0,02	0,15	0,02	0,04	0,05	0,04	0,03	2,12	4,76	0,04
AV060	0,01	0,14	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	2,49	5,20	0,02
AV070	0,01	0,17	0,02	0,04	0,08	0,06	0,05	0,95	-0,33	0,04
AV080	0,01	0,34	0,02	0,02	0,08	0,07	0,09	1,80	2,04	0,04
AV210	0,02	0,93	0,03	0,04	0,07	0,09	0,19	4,02	15,05	0,05
AV250	0,01	0,08	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	2,55	6,68	0,02
AV300	0,02	0,49	0,17	0,28	0,34	0,26	0,12	-0,01	-0,55	0,22
AV320	0,01	0,06	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	1,80	2,63	0,02
AV340	0,01	0,14	0,06	0,09	0,11	0,08	0,03	-0,30	-0,41	0,07
BV013	0,01	0,08	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	1,48	1,52	0,02
BV035	0,02	0,47	0,07	0,11	0,14	0,13	0,09	2,37	6,00	0,10
BV037	0,01	0,37	0,03	0,04	0,09	0,08	0,08	2,29	5,09	0,06
BV062	0,07	0,53	0,22	0,34	0,40	0,32	0,13	-0,23	-0,83	0,28
BV063	0,03	0,39	0,05	0,07	0,09	0,11	0,10	1,86	2,15	0,08
BV067	0,01	0,35	0,05	0,05	0,10	0,09	0,08	1,99	3,85	0,07
BV076	0,03	0,34	0,12	0,16	0,21	0,17	0,08	0,35	-0,24	0,14
BV083	0,04	0,79	0,21	0,31	0,67	0,41	0,24	0,21	-1,44	0,32
BV105	0,16	1,20	0,32	0,51	0,76	0,55	0,28	0,57	-0,64	0,48
BV130	0,04	0,30	0,13	0,18	0,27	0,19	0,08	-0,23	-1,32	0,17
BV133	0,01	0,42	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	3,82	13,93	0,04
BV135	0,01	0,08	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	1,41	1,55	0,03
BV136	0,01	0,05	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,92	0,34	0,02
BV137	0,03	0,80	0,16	0,30	0,43	0,34	0,23	0,58	-0,64	0,24
BV139	0,01	0,25	0,02	0,03	0,06	0,06	0,06	2,34	4,40	0,04
BV140	0,05	0,55	0,14	0,19	0,25	0,22	0,12	1,53	2,07	0,19
BV141	0,05	0,43	0,18	0,24	0,29	0,23	0,08	0,07	0,58	0,22
BV142	0,06	0,43	0,16	0,19	0,26	0,20	0,08	0,85	1,19	0,18
BV143	0,01	0,06	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	1,11	0,14	0,02
BV144	0,01	0,07	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,97	0,12	0,02
BV145	0,01	0,17	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	2,97	7,78	0,02
BV146	0,02	0,27	0,08	0,10	0,14	0,12	0,06	1,00	0,34	0,10
BV147	0,01	0,17	0,01	0,02	0,06	0,04	0,04	1,95	3,11	0,03
BV148	0,02	0,23	0,05	0,08	0,09	0,08	0,05	1,73	2,88	0,07
BV149	0,02	0,15	0,05	0,06	0,08	0,06	0,03	1,38	2,81	0,06
BV150	0,03	0,22	0,10	0,15	0,17	0,14	0,05	-0,25	-0,73	0,12
BV151	0,04	0,16	0,06	0,08	0,10	0,08	0,03	0,96	0,27	0,08
BV152	0,07	0,51	0,10	0,13	0,15	0,14	0,09	3,31	11,37	0,13
BV153	0,15	2,03	0,26	0,35	0,54	0,50	0,44	2,15	4,47	0,39
BV154	0,07	2,78	0,63	1,01	1,54	1,14	0,71	0,53	-0,42	0,85
BV155	0,08	2,31	0,56	0,94	1,20	0,95	0,56	0,51	-0,20	0,74
BV156	0,02	0,69	0,17	0,24	0,37	0,27	0,16	0,75	0,37	0,21
BV160	0,01	0,48	0,10	0,19	0,28	0,19	0,12	0,48	-0,24	0,15
BV161	0,02	0,23	0,06	0,10	0,13	0,10	0,05	0,70	0,83	0,09
BV162	0,01	0,18	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	2,77	6,52	0,02
SC03	0,38	2,29	0,55	0,79	0,91	0,85	0,43	1,76	3,18	0,77
SC10	0,09	1,34	0,36	0,56	0,89	0,62	0,36	0,33	-0,93	0,49
SC12	0,02	0,16	0,05	0,05	0,07	0,07	0,04	1,11	0,38	0,06
SC13	0,02	0,89	0,16	0,20	0,27	0,23	0,17	2,41	6,83	0,18
SC14	0,16	3,57	0,65	0,84	1,29	1,05	0,72	1,87	4,14	0,85
SC16	0,09	1,26	0,24	0,32	0,70	0,48	0,33	0,95	-0,14	0,37
SC17	0,05	0,35	0,15	0,18	0,26	0,19	0,09	0,17	-0,94	0,17
SC19	0,01	0,60	0,12	0,18	0,36	0,24	0,17	0,55	-0,67	0,16
SC21	0,04	0,30	0,16	0,22	0,24	0,19	0,07	-0,67	-0,26	0,18
SC22	0,02	0,20	0,03	0,05	0,07	0,06	0,05	1,61	1,69	0,05
SC23	0,02	0,24	0,11	0,15	0,19	0,15	0,06	-0,28	-0,56	0,13
SC24	0,02	0,62	0,09	0,15	0,28	0,21	0,16	0,93	-0,17	0,15
SC25	0,03	1,27	0,30	0,55	0,75	0,56	0,34	0,36	-0,87	0,43
SC26	0,02	1,08	0,26	0,37	0,79	0,49	0,34	0,39	-1,20	0,32
SC27	0,01	0,09	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	2,37	4,41	0,02
SC28	0,01	0,12	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	1,80	1,96	0,03
SC30	0,01	0,06	0,02	0,03	0,04	0,03	0,01	0,68	-0,25	0,02
SC33	0,01	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	1,16	0,00	0,02
SC39	0,02	0,26	0,03	0,05	0,09	0,08	0,07	1,93	2,93	0,06

Tabela III.9. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Nitrato (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	0,01	1,21	0,11	0,15	0,31	0,27	0,29	2,01	3,38	0,17
AV010	0,02	1,00	0,10	0,10	0,16	0,19	0,22	2,70	6,96	0,12
AV020	0,05	0,88	0,16	0,27	0,49	0,34	0,24	0,81	-0,24	0,26
AV060	0,01	0,60	0,07	0,12	0,23	0,17	0,15	1,42	1,18	0,11
AV070	0,02	1,42	0,08	0,15	0,35	0,29	0,34	2,04	3,47	0,17
AV080	0,03	0,99	0,08	0,13	0,26	0,19	0,20	2,97	9,48	0,13
AV210	0,04	0,94	0,16	0,21	0,31	0,30	0,24	1,50	1,09	0,23
AV250	0,01	1,42	0,12	0,20	0,39	0,32	0,33	2,04	3,87	0,20
AV300	0,07	2,86	0,25	0,54	0,88	0,76	0,77	1,69	1,93	0,48
AV320	0,18	9,90	0,40	1,17	1,95	1,84	2,26	2,31	5,08	1,01
AV340	0,07	2,79	0,13	0,17	0,32	0,38	0,58	3,28	10,55	0,23
BV013	0,03	0,70	0,13	0,20	0,36	0,28	0,20	0,96	-0,41	0,22
BV035	0,02	0,84	0,10	0,18	0,27	0,24	0,20	1,53	1,77	0,16
BV037	0,02	0,79	0,14	0,21	0,27	0,27	0,21	1,37	0,80	0,20
BV062	0,14	3,90	0,45	0,69	1,42	1,13	1,05	1,53	1,56	0,75
BV063	0,01	1,61	0,28	0,33	0,45	0,45	0,36	1,75	2,69	0,32
BV067	0,10	1,88	0,24	0,31	0,47	0,47	0,42	2,03	3,78	0,35
BV076	0,27	5,15	0,54	1,13	1,39	1,35	1,21	1,85	2,86	0,99
BV083	0,06	3,07	0,38	0,55	0,96	0,76	0,71	1,91	3,34	0,52
BV105	0,05	3,38	0,34	0,56	0,77	0,72	0,69	2,64	7,56	0,51
BV130	0,11	3,43	0,63	1,08	1,79	1,35	0,94	0,88	-0,24	1,02
BV133	0,03	0,58	0,11	0,18	0,34	0,23	0,16	0,80	-0,47	0,17
BV135	0,02	0,64	0,09	0,17	0,34	0,23	0,18	0,99	-0,11	0,16
BV136	0,04	4,02	0,09	0,16	0,24	0,38	0,82	3,96	14,59	0,17
BV137	0,05	4,00	0,45	0,74	1,17	1,02	0,98	1,68	2,27	0,62
BV139	0,08	1,14	0,22	0,26	0,42	0,36	0,29	1,60	1,78	0,27
BV140	0,03	9,16	0,96	2,16	3,30	2,43	2,06	1,51	2,68	1,46
BV141	0,04	7,37	1,27	1,97	3,07	2,36	1,63	1,19	1,73	1,68
BV142	0,21	7,09	1,19	2,28	3,76	2,66	1,87	0,74	-0,25	1,93
BV143	0,05	0,94	0,10	0,15	0,27	0,20	0,19	2,83	8,56	0,16
BV144	0,04	0,72	0,17	0,25	0,48	0,31	0,21	0,73	-0,86	0,24
BV145	0,03	0,73	0,09	0,11	0,21	0,17	0,16	2,07	4,18	0,12
BV146	0,22	5,70	0,67	1,09	1,69	1,48	1,27	1,83	3,24	1,09
BV147	0,04	0,83	0,10	0,15	0,30	0,22	0,18	1,78	3,26	0,16
BV148	0,12	4,35	0,63	0,97	1,74	1,25	0,98	1,41	2,18	0,88
BV149	0,12	4,46	0,54	0,99	1,38	1,15	0,93	1,97	4,79	0,83
BV150	0,35	5,15	0,68	1,56	2,88	1,88	1,38	0,85	-0,14	1,38
BV151	0,12	3,68	0,62	1,01	1,75	1,24	0,90	1,04	0,56	0,91
BV152	0,18	4,42	0,77	1,24	2,10	1,62	1,20	1,02	0,10	1,20
BV153	0,01	2,75	0,30	0,62	0,91	0,74	0,63	1,50	2,22	0,47
BV154	0,01	9,72	0,06	0,64	1,21	1,08	1,99	3,69	13,31	0,31
BV155	0,01	9,98	0,20	0,85	1,74	1,40	2,08	3,16	10,29	0,46
BV156	0,04	4,47	0,81	1,47	1,96	1,52	1,09	0,79	0,42	0,93
BV160	0,01	4,55	0,16	0,42	0,93	0,70	0,93	3,10	10,15	0,34
BV161	0,07	8,23	0,47	1,21	2,52	2,09	2,35	1,52	1,33	1,02
BV162	0,03	0,99	0,09	0,16	0,21	0,19	0,19	3,21	10,76	0,14
SC03	0,01	3,81	0,13	0,33	0,60	0,61	0,85	2,57	6,48	0,25
SC10	0,01	5,45	0,10	0,41	1,30	0,93	1,31	2,23	4,48	0,35
SC12	0,01	1,74	0,09	0,16	0,33	0,33	0,46	2,36	4,38	0,16
SC13	0,01	2,97	0,33	0,59	0,99	0,81	0,72	1,78	2,69	0,52
SC14	0,01	5,88	0,39	0,58	0,86	1,05	1,34	2,40	5,38	0,54
SC16	0,01	3,99	0,35	0,58	0,96	0,82	0,84	2,36	6,31	0,46
SC17	0,11	7,20	0,39	0,85	1,36	1,22	1,48	3,01	9,34	0,77
SC19	0,01	2,34	0,09	0,19	0,50	0,37	0,49	2,85	8,82	0,18
SC21	0,03	3,93	0,15	0,46	0,80	0,64	0,79	3,19	10,65	0,37
SC22	0,02	1,78	0,13	0,23	0,40	0,32	0,36	2,99	9,52	0,21
SC23	0,03	2,65	0,26	0,30	0,48	0,52	0,61	2,19	4,42	0,30
SC24	0,02	1,91	0,08	0,15	0,39	0,35	0,46	2,13	3,87	0,18
SC25	0,03	13,30	1,04	2,61	5,08	3,81	3,65	1,22	0,73	1,77
SC26	0,02	4,81	0,11	0,31	0,79	0,77	1,21	2,38	4,63	0,28
SC27	0,02	0,48	0,04	0,10	0,16	0,12	0,11	1,71	2,78	0,09
SC28	0,04	0,76	0,08	0,13	0,21	0,19	0,17	1,96	3,38	0,13
SC30	0,04	0,80	0,07	0,10	0,20	0,19	0,21	1,98	2,70	0,13
SC33	0,01	1,39	0,10	0,15	0,23	0,24	0,30	2,69	7,01	0,15
SC39	0,03	2,03	0,28	0,81	1,04	0,79	0,57	0,63	-0,36	0,54

Tabela III.10. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Oxigênio dissolvido (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	6,90	8,10	7,20	7,35	7,68	7,45	0,35	0,46	-1,01	7,44
AV010	7,00	8,70	7,33	7,50	8,00	7,71	0,49	0,71	-0,70	7,69
AV020	2,60	8,20	6,43	6,80	7,48	6,78	1,09	-2,32	7,00	6,65
AV060	6,20	8,40	7,13	7,55	8,08	7,56	0,56	-0,29	-0,40	7,54
AV070	6,90	8,60	7,53	8,00	8,18	7,86	0,48	-0,27	-0,86	7,85
AV080	7,00	8,60	7,35	7,70	8,08	7,73	0,47	0,22	-0,92	7,72
AV210	7,00	8,50	7,43	7,75	8,15	7,77	0,45	0,04	-1,05	7,76
AV250	6,90	8,60	7,73	8,00	8,30	8,00	0,41	-0,67	0,23	7,99
AV300	4,30	7,50	5,98	6,50	6,68	6,30	0,77	-1,16	1,29	6,25
AV320	5,70	7,30	6,23	6,50	6,80	6,52	0,38	-0,05	-0,42	6,51
AV340	5,10	8,30	6,85	7,40	7,70	7,20	0,85	-0,97	0,25	7,14
BV013	6,70	8,10	7,13	7,50	7,78	7,47	0,37	-0,03	-0,77	7,46
BV035	5,90	8,00	7,00	7,30	7,50	7,17	0,51	-0,99	0,19	7,15
BV037	7,40	8,80	7,90	8,10	8,35	8,12	0,38	0,15	-0,36	8,11
BV062	3,50	6,80	4,18	5,45	6,00	5,24	1,06	-0,37	-1,29	5,13
BV063	6,90	8,50	7,13	7,40	7,68	7,50	0,45	0,72	-0,40	7,49
BV067	6,40	8,70	6,93	7,25	7,90	7,42	0,62	0,59	-0,61	7,40
BV076	3,90	7,40	6,33	6,70	6,98	6,53	0,78	-1,86	3,81	6,48
BV083	4,30	7,40	6,00	6,40	6,88	6,29	0,79	-0,90	0,18	6,24
BV105	0,60	5,70	1,93	2,90	5,10	3,44	1,67	-0,05	-1,50	2,94
BV130	3,10	5,70	4,30	4,80	5,18	4,65	0,69	-0,52	-0,55	4,59
BV133	7,20	9,40	7,80	8,15	8,40	8,17	0,52	0,53	0,11	8,15
BV135	6,20	8,70	6,93	7,25	7,68	7,33	0,60	0,30	-0,35	7,31
BV136	6,50	9,00	7,05	7,65	8,28	7,73	0,76	0,03	-1,22	7,69
BV137	2,00	4,90	3,03	3,70	3,98	3,56	0,80	-0,40	-0,60	3,46
BV139	6,80	8,60	7,20	7,55	8,08	7,60	0,49	0,28	-0,97	7,59
BV140	5,50	7,80	6,13	6,45	6,90	6,56	0,55	0,39	-0,45	6,54
BV141	4,00	12,80	5,50	5,85	6,18	6,10	1,62	3,08	10,43	5,94
BV142	3,00	8,60	6,05	6,70	7,40	6,61	1,17	-1,12	1,93	6,48
BV143	6,80	8,50	7,10	7,35	7,60	7,40	0,41	0,61	0,27	7,39
BV144	5,20	9,40	6,73	7,50	8,18	7,51	0,93	-0,33	0,10	7,45
BV145	6,60	8,70	7,10	7,30	7,58	7,35	0,50	0,80	0,66	7,33
BV146	5,80	10,60	6,53	7,25	8,75	7,65	1,31	0,69	-0,73	7,54
BV147	4,40	8,80	6,80	7,10	7,70	7,08	0,87	-0,95	2,18	7,02
BV148	6,10	11,70	6,55	7,25	8,53	7,75	1,55	1,09	0,11	7,61
BV149	4,20	14,30	6,23	6,70	9,68	7,95	2,38	0,89	0,16	7,62
BV150	6,10	10,50	6,40	7,20	8,58	7,63	1,36	0,69	-0,75	7,52
BV151	5,90	12,20	6,63	7,45	8,70	7,90	1,73	0,98	0,00	7,73
BV152	4,30	12,70	6,50	7,50	9,70	8,17	2,19	0,24	-1,03	7,88
BV153	0,80	5,40	1,70	2,75	4,23	2,90	1,44	0,11	-1,39	2,50
BV154	0,50	6,70	1,30	1,80	4,53	2,70	1,87	0,69	-0,92	2,09
BV155	0,90	6,90	1,73	3,55	4,48	3,29	1,67	0,11	-0,77	2,78
BV156	0,50	5,40	3,35	4,50	4,88	3,98	1,34	-1,23	0,56	3,57
BV160	2,40	6,80	5,10	5,45	6,08	5,30	1,08	-0,98	0,42	5,17
BV161	2,30	7,10	4,55	6,15	6,48	5,56	1,32	-0,86	-0,33	5,37
BV162	6,20	8,00	6,63	6,95	7,40	6,99	0,48	0,14	-0,91	6,97
SC03	0,50	6,90	1,60	2,10	2,90	2,49	1,36	1,48	2,70	2,16
SC10	3,90	8,30	5,50	6,30	6,88	6,10	1,02	-0,20	-0,23	6,01
SC12	5,50	8,80	7,23	7,60	8,00	7,57	0,80	-1,02	0,99	7,52
SC13	4,00	7,70	5,68	6,25	7,10	6,28	1,00	-0,62	-0,08	6,19
SC14	5,10	7,40	5,83	6,55	6,80	6,41	0,71	-0,25	-1,05	6,37
SC16	0,90	5,10	2,03	3,05	3,48	2,80	1,16	-0,09	-0,84	2,51
SC17	2,60	6,60	4,13	5,25	5,83	4,99	1,11	-0,54	-0,58	4,84
SC19	0,50	6,00	3,23	4,95	5,48	4,22	1,59	-0,83	-0,53	3,72
SC21	3,30	7,00	5,38	5,95	6,40	5,69	1,01	-0,97	-0,11	5,58
SC22	4,90	8,20	6,20	6,55	7,40	6,69	0,80	-0,12	-0,45	6,64
SC23	4,40	7,50	6,03	6,35	6,78	6,36	0,76	-0,72	0,34	6,31
SC24	3,60	7,30	5,23	5,90	6,45	5,80	0,93	-0,29	-0,42	5,72
SC25	1,50	7,30	3,60	4,75	5,85	4,80	1,48	-0,21	-0,61	4,52
SC26	0,50	6,10	2,73	3,95	4,68	3,61	1,53	-0,50	-0,52	3,09
SC27	7,00	9,00	7,50	7,80	8,38	7,93	0,56	0,40	-0,83	7,91
SC28	6,70	8,70	7,20	7,25	7,80	7,50	0,51	0,67	-0,36	7,48
SC30	6,90	8,80	7,20	7,60	7,98	7,61	0,49	0,58	-0,39	7,59
SC33	5,10	7,90	6,50	6,90	7,30	6,86	0,65	-0,65	0,61	6,83
SC39	3,10	6,50	4,10	4,90	5,28	4,79	0,86	-0,02	-0,56	4,71

Tabela III.11. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro pH

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	6,80	7,90	7,03	7,40	7,78	7,40	0,37	-0,08	-1,48	7,39
AV010	6,20	7,50	6,40	6,75	7,20	6,84	0,43	0,21	-1,48	6,82
AV020	5,80	7,50	6,30	6,55	7,00	6,62	0,42	0,12	-0,74	6,61
AV060	5,80	7,50	6,10	6,50	6,88	6,48	0,46	0,25	-0,93	6,47
AV070	6,40	7,70	6,73	7,05	7,38	7,05	0,39	0,00	-1,00	7,04
AV080	6,30	7,60	6,60	6,80	7,28	6,91	0,43	0,22	-1,30	6,90
AV210	6,00	7,60	6,70	6,90	7,40	6,93	0,46	-0,37	-0,90	6,92
AV250	6,20	7,60	6,80	7,05	7,50	7,05	0,43	-0,37	-1,02	7,03
AV300	6,30	7,50	6,83	7,05	7,28	7,00	0,34	-0,52	-0,82	7,00
AV320	6,50	7,40	6,70	6,90	7,15	6,91	0,25	0,11	-1,06	6,90
AV340	5,70	7,10	6,20	6,55	7,00	6,53	0,43	-0,31	-1,22	6,51
BV013	6,00	7,80	6,70	6,80	7,20	6,85	0,44	-0,16	-0,37	6,84
BV035	5,80	7,50	6,50	6,90	7,28	6,87	0,46	-0,50	-0,64	6,86
BV037	6,20	7,60	6,70	7,10	7,48	7,04	0,46	-0,38	-1,13	7,02
BV062	6,30	7,50	6,53	6,70	7,28	6,86	0,38	0,09	-1,54	6,85
BV063	6,20	7,50	6,60	7,05	7,40	6,97	0,42	-0,27	-1,38	6,96
BV067	6,20	7,90	6,60	7,00	7,30	6,96	0,42	0,12	-0,68	6,95
BV076	6,10	7,60	6,63	7,00	7,30	6,95	0,40	-0,37	-0,96	6,94
BV083	6,40	7,40	6,65	6,85	7,38	6,95	0,34	0,19	-1,40	6,94
BV105	6,40	7,30	6,60	6,70	7,20	6,85	0,33	0,30	-1,63	6,85
BV130	6,60	7,60	6,70	7,05	7,40	7,07	0,35	0,13	-1,58	7,06
BV133	5,90	7,30	6,23	6,55	6,80	6,56	0,41	0,31	-1,08	6,55
BV135	5,80	7,60	6,40	6,75	7,20	6,78	0,49	-0,02	-1,11	6,76
BV136	5,60	7,90	6,60	6,95	7,30	6,95	0,57	-0,29	-0,34	6,93
BV137	6,20	7,40	6,60	6,85	7,20	6,88	0,36	0,04	-1,29	6,87
BV139	6,10	7,50	6,60	6,85	7,30	6,89	0,43	-0,11	-1,22	6,87
BV140	6,90	8,10	7,20	7,50	7,75	7,48	0,36	0,18	-1,13	7,47
BV141	6,70	9,20	6,80	7,10	7,50	7,26	0,56	1,79	3,85	7,24
BV142	6,30	8,90	6,80	7,20	7,50	7,29	0,63	1,03	0,70	7,26
BV143	5,80	8,00	6,40	6,70	7,25	6,80	0,59	0,22	-0,70	6,77
BV144	6,80	8,00	7,30	7,65	7,90	7,55	0,36	-0,45	-0,96	7,55
BV145	5,50	7,70	6,35	7,00	7,48	6,83	0,70	-0,37	-1,01	6,79
BV146	6,00	9,30	6,80	7,40	7,95	7,43	0,81	0,28	-0,45	7,39
BV147	5,70	7,60	6,53	7,00	7,20	6,90	0,49	-0,51	-0,30	6,89
BV148	6,10	9,60	6,90	7,60	8,38	7,67	1,01	0,38	-1,00	7,60
BV149	6,20	9,90	6,85	7,45	8,85	7,77	1,08	0,35	-1,23	7,70
BV150	6,10	9,00	6,80	7,30	7,80	7,38	0,75	0,55	-0,29	7,34
BV151	6,10	9,80	6,90	7,45	8,23	7,63	1,02	0,54	-0,73	7,57
BV152	6,00	9,50	6,90	7,70	8,60	7,71	0,94	-0,08	-0,94	7,66
BV153	6,40	7,40	6,60	6,70	7,28	6,89	0,36	0,15	-1,65	6,88
BV154	6,70	7,90	6,90	7,00	7,60	7,22	0,40	0,30	-1,58	7,21
BV155	6,70	7,50	7,00	7,10	7,30	7,12	0,23	0,15	-0,95	7,12
BV156	6,40	7,60	6,70	6,90	7,30	6,98	0,36	0,04	-1,43	6,97
BV160	6,30	7,80	6,80	6,90	7,48	7,08	0,40	0,05	-1,12	7,07
BV161	6,00	7,80	6,70	6,85	7,25	6,94	0,44	0,12	-0,44	6,92
BV162	5,60	7,90	6,60	6,95	7,25	6,90	0,59	-0,30	-0,47	6,88
SC03	6,40	7,20	6,70	6,85	6,98	6,85	0,20	-0,25	-0,30	6,85
SC10	6,90	8,00	7,20	7,35	7,68	7,40	0,31	0,22	-1,02	7,40
SC12	6,70	8,10	7,00	7,25	7,58	7,27	0,34	0,38	-0,43	7,26
SC13	6,60	7,80	6,90	7,15	7,40	7,15	0,30	0,39	-0,53	7,14
SC14	7,30	8,00	7,50	7,60	7,80	7,62	0,19	0,00	-0,80	7,62
SC16	6,40	7,40	6,60	6,75	7,28	6,88	0,35	0,30	-1,51	6,87
SC17	6,60	7,60	6,73	7,05	7,38	7,06	0,33	0,15	-1,53	7,06
SC19	6,20	7,60	6,80	7,00	7,40	7,05	0,39	-0,22	-0,89	7,04
SC21	6,40	7,90	6,80	7,20	7,58	7,17	0,43	-0,08	-1,28	7,16
SC22	6,60	7,70	6,80	7,10	7,40	7,09	0,34	-0,02	-1,36	7,08
SC23	6,50	7,60	6,65	7,05	7,38	7,03	0,37	-0,20	-1,44	7,02
SC24	6,40	7,60	6,80	6,90	7,18	6,99	0,29	0,36	-0,53	6,98
SC25	7,00	8,30	7,53	7,70	7,80	7,70	0,25	-0,44	1,69	7,70
SC26	7,00	8,00	7,33	7,60	7,70	7,53	0,26	-0,36	-0,79	7,53
SC27	5,40	7,30	5,70	6,10	6,45	6,11	0,49	0,44	-0,42	6,09
SC28	5,40	7,00	5,73	5,95	6,50	6,12	0,43	0,20	-1,17	6,10
SC30	5,80	8,00	6,60	6,95	7,55	7,00	0,63	0,00	-0,90	6,97
SC33	5,70	7,40	6,20	6,40	7,05	6,55	0,52	0,26	-1,23	6,53
SC39	6,30	7,60	6,80	7,00	7,40	7,03	0,36	-0,05	-1,07	7,02

Tabela III.12. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Sólidos dissolvidos totais (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	46,00	73,00	54,00	58,00	63,00	58,95	7,56	0,30	-0,79	58,48
AV010	27,00	48,00	32,00	35,00	38,00	35,27	4,91	0,52	0,06	34,94
AV020	32,00	59,00	43,25	46,50	49,75	46,59	6,37	-0,18	-0,03	46,14
AV060	21,00	53,00	26,00	27,50	30,75	30,14	7,52	1,99	3,30	29,40
AV070	36,00	61,00	44,00	49,50	56,50	49,00	8,26	-0,14	-1,23	48,28
AV080	31,00	85,00	38,50	47,50	52,75	47,18	11,80	1,24	2,37	45,86
AV210	33,00	58,00	36,25	40,50	47,50	42,41	7,39	0,65	-0,63	41,80
AV250	30,00	89,00	34,00	38,50	41,00	40,09	11,63	3,29	11,28	38,97
AV300	53,00	97,00	70,75	75,50	85,25	76,82	11,26	0,03	-0,52	75,98
AV320	946,00	2564,00	1316,75	1583,50	1877,00	1607,09	415,80	0,47	-0,46	1554,51
AV340	25,00	48,00	27,00	31,50	35,00	32,23	5,85	0,99	0,57	31,74
BV013	28,00	57,00	35,00	37,00	42,75	39,36	7,00	0,89	0,51	38,78
BV035	38,00	58,00	42,25	47,00	54,00	47,86	6,43	0,13	-1,43	47,43
BV037	26,00	61,00	39,25	42,00	46,50	43,00	7,59	0,27	0,32	42,32
BV062	67,00	441,00	81,00	99,50	119,75	115,55	73,92	3,82	14,11	104,75
BV063	31,00	81,00	52,50	60,00	64,50	59,36	11,19	-0,25	0,40	58,21
BV067	40,00	85,00	48,25	56,00	66,00	57,45	11,24	0,55	-0,29	56,39
BV076	60,00	103,00	73,25	81,00	90,75	81,68	12,66	0,04	-1,06	80,69
BV083	63,00	134,00	79,00	97,00	114,75	96,82	19,88	-0,01	-1,08	94,71
BV105	69,00	167,00	96,75	122,00	140,75	119,32	27,07	-0,13	-1,07	116,06
BV130	106,00	219,00	158,50	174,50	185,50	173,36	24,83	-0,50	0,67	171,43
BV133	23,00	61,00	34,50	41,50	46,50	41,77	9,17	0,23	-0,43	40,75
BV135	28,00	71,00	47,00	53,00	57,00	51,82	9,75	-0,35	0,47	50,80
BV136	35,00	146,00	54,25	63,50	75,75	68,00	22,24	1,80	4,34	65,04
BV137	58,00	165,00	106,25	123,50	150,00	122,64	27,74	-0,38	-0,58	119,09
BV139	32,00	293,00	36,50	43,50	48,25	53,86	52,62	4,25	16,40	45,80
BV140	132,00	304,00	157,00	183,00	227,75	195,05	48,06	0,63	-0,58	189,46
BV141	110,00	158,00	119,75	137,00	145,50	133,95	15,75	0,03	-1,35	133,02
BV142	99,00	155,00	114,75	130,50	140,00	127,41	16,16	-0,34	-0,99	126,34
BV143	27,00	53,00	32,25	39,00	45,75	38,91	7,48	-0,02	-1,16	38,17
BV144	119,00	208,00	149,00	178,00	183,00	167,27	23,90	-0,49	-0,82	165,45
BV145	31,00	83,00	38,50	49,00	67,25	53,41	16,65	0,37	-1,11	50,86
BV146	44,00	118,00	71,75	84,50	109,25	87,05	21,80	-0,17	-1,06	84,08
BV147	51,00	105,00	63,25	71,00	78,50	72,55	14,45	0,69	-0,34	71,19
BV148	57,00	120,00	81,00	91,50	106,00	92,23	17,70	-0,23	-0,93	90,42
BV149	58,00	127,00	74,00	83,00	107,75	88,77	19,10	0,24	-1,14	86,72
BV150	63,00	134,00	91,25	104,00	114,75	103,05	17,92	-0,54	-0,20	101,32
BV151	57,00	121,00	77,00	97,00	106,75	90,95	19,08	-0,29	-1,16	88,80
BV152	68,00	129,00	85,25	99,50	113,50	98,45	17,77	-0,09	-1,01	96,79
BV153	88,00	178,00	111,75	134,50	160,00	135,09	26,43	-0,09	-1,14	132,40
BV154	165,00	330,00	231,00	253,00	292,00	255,86	47,29	-0,31	-0,95	251,19
BV155	108,00	310,00	213,75	237,00	256,00	233,59	42,76	-0,79	1,50	228,89
BV156	94,00	180,00	115,00	137,50	147,50	133,91	20,70	0,10	-0,54	132,29
BV160	48,00	248,00	143,25	156,50	177,25	159,86	35,75	-0,52	3,41	154,46
BV161	78,00	212,00	92,00	125,00	154,75	129,05	41,80	0,66	-0,61	122,72
BV162	33,00	78,00	40,00	60,00	65,75	55,68	14,43	-0,18	-1,30	53,67
SC03	82,00	176,00	100,25	114,00	129,75	117,82	24,06	0,95	0,55	115,56
SC10	153,00	307,00	192,00	224,00	276,00	229,32	46,62	-0,15	-1,15	224,34
SC12	73,00	124,00	88,00	92,00	98,50	92,68	11,88	0,60	0,59	91,94
SC13	104,00	198,00	120,50	128,50	138,25	131,23	20,58	1,44	2,73	129,78
SC14	219,00	269,00	227,25	233,00	251,25	239,09	15,94	0,74	-0,83	238,58
SC16	95,00	179,00	112,50	128,00	157,75	132,82	24,60	0,29	-1,17	130,57
SC17	133,00	205,00	147,25	166,50	180,50	165,14	20,15	0,21	-1,12	163,92
SC19	114,00	203,00	142,25	157,50	172,00	157,05	23,14	-0,03	-0,66	155,30
SC21	103,00	189,00	121,50	132,50	146,75	136,45	21,63	0,56	-0,18	134,80
SC22	78,00	146,00	93,50	100,00	110,75	103,27	14,98	1,02	1,15	102,26
SC23	86,00	154,00	104,75	112,00	128,25	116,00	16,39	0,59	-0,25	114,88
SC24	75,00	144,00	97,00	104,00	117,25	106,50	16,35	0,21	-0,01	105,24
SC25	171,00	674,00	252,25	390,50	544,25	397,55	164,43	0,18	-1,29	361,46
SC26	146,00	922,00	188,25	252,50	300,75	279,05	156,61	3,05	10,03	253,35
SC27	7,00	68,00	18,75	21,00	23,00	22,73	10,72	3,25	11,72	21,10
SC28	13,00	47,00	23,00	27,00	30,50	27,68	6,90	0,92	1,67	26,85
SC30	26,00	53,00	33,00	37,00	45,00	38,86	7,98	0,35	-1,05	38,06
SC33	36,00	154,00	44,00	46,50	53,50	52,86	23,11	3,76	13,70	50,17
SC39	166,00	222,00	176,50	187,50	201,25	190,14	15,69	0,45	-0,81	189,50

Tabela III.13. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Sólidos suspensos totais (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	1,00	829,00	7,75	24,00	123,00	103,27	184,47	2,89	8,23	26,88
AV010	2,00	527,00	8,00	17,00	105,00	88,41	136,16	1,88	2,74	27,05
AV020	1,00	881,00	10,50	29,00	115,25	101,59	184,49	3,40	11,53	30,52
AV060	1,00	203,00	9,25	15,00	47,75	36,27	49,90	2,19	4,08	16,54
AV070	3,00	1259,00	16,25	76,00	194,75	181,77	283,62	2,63	6,86	57,97
AV080	1,00	1600,00	23,50	116,50	315,00	299,86	421,47	1,85	2,47	98,65
AV210	2,00	543,00	13,50	34,00	96,75	98,09	142,85	2,12	3,43	39,52
AV250	2,00	621,00	6,50	14,50	30,00	71,14	147,85	2,69	6,38	18,09
AV300	0,00	74,00	4,00	9,00	15,50	14,36	18,01	2,06	3,57	
AV320	2,00	110,00	20,50	38,50	66,75	45,91	32,64	0,60	-0,78	31,80
AV340	1,00	37,00	6,25	14,50	24,75	15,91	10,95	0,29	-1,16	10,74
BV013	4,00	330,00	9,50	25,00	123,75	75,41	92,24	1,41	1,10	30,46
BV035	3,00	2431,00	17,25	34,00	130,50	266,05	585,70	2,82	6,82	50,67
BV037	2,00	1651,00	18,25	40,00	119,50	176,82	362,57	3,19	9,73	47,31
BV062	11,00	364,00	20,50	26,50	35,75	46,95	71,60	3,93	14,50	31,37
BV063	2,00	1404,00	23,25	57,50	200,25	255,45	402,35	1,79	1,83	71,43
BV067	2,00	1141,00	23,00	41,50	216,25	227,32	345,19	1,64	1,23	61,18
BV076	2,00	97,00	14,25	17,00	36,00	29,59	27,23	1,33	0,43	19,54
BV083	13,00	2414,00	37,50	89,00	258,00	306,68	593,37	2,77	6,30	104,86
BV105	11,00	986,00	35,75	65,50	111,25	191,59	274,91	1,81	1,85	85,42
BV130	4,00	2868,00	32,50	58,50	97,25	198,55	585,39	4,30	16,66	60,21
BV133	2,00	97,00	6,25	11,50	28,75	20,77	23,23	1,92	3,25	11,91
BV135	2,00	67,00	6,75	14,00	26,75	19,00	16,80	1,39	1,33	12,40
BV136	1,00	2164,00	3,25	8,00	27,75	138,77	460,80	3,90	14,03	11,57
BV137	35,00	2516,00	49,75	82,50	288,25	300,05	533,07	3,29	10,68	130,15
BV139	1,00	1185,00	10,75	30,50	81,50	107,05	249,47	3,71	12,95	27,23
BV140	6,00	672,00	26,25	49,00	111,50	105,27	148,88	2,65	6,95	51,74
BV141	10,00	1133,00	33,00	78,50	279,25	200,68	266,19	2,11	4,31	90,97
BV142	6,00	1110,00	42,75	146,00	470,00	316,36	332,30	1,11	0,26	147,35
BV143	1,00	268,00	4,25	11,50	51,50	46,50	71,72	1,82	2,26	13,79
BV144	2,00	245,00	9,00	13,00	54,25	42,09	59,96	2,14	3,95	19,25
BV145	1,00	183,00	5,00	9,00	18,75	20,55	37,30	3,74	13,39	9,66
BV146	7,00	412,00	21,00	57,50	128,25	106,18	119,54	1,52	1,13	57,46
BV147	3,00	432,00	7,25	20,00	95,75	76,64	117,04	1,84	2,27	24,65
BV148	10,00	500,00	22,00	42,00	69,75	84,59	116,91	2,44	5,26	46,35
BV149	8,00	230,00	20,75	27,50	45,75	45,82	49,15	2,60	6,54	32,28
BV150	1,00	912,00	31,25	76,00	220,50	166,09	213,21	2,12	4,38	70,89
BV151	7,00	361,00	19,00	43,50	75,25	73,00	82,03	2,18	4,51	44,70
BV152	13,00	725,00	37,00	73,00	222,00	158,00	187,90	1,90	2,82	86,43
BV153	30,00	1474,00	65,50	82,50	151,25	233,95	363,39	2,43	4,80	115,02
BV154	13,00	107,00	37,25	45,50	73,75	56,55	27,46	0,53	-0,95	49,79
BV155	11,00	315,00	53,75	67,00	106,50	88,36	66,59	2,14	4,38	70,93
BV156	12,00	2937,00	47,25	128,00	474,00	399,00	647,30	2,79	7,92	151,61
BV160	24,00	3056,00	44,75	76,50	177,50	278,86	632,46	3,84	13,93	102,26
BV161	3,00	1281,00	12,00	18,00	111,75	140,32	281,67	3,10	9,44	35,01
BV162	1,00	902,00	6,50	14,50	38,00	78,91	191,73	3,65	12,55	18,39
SC03	12,00	112,00	18,00	23,00	40,25	31,64	23,42	2,03	3,99	25,99
SC10	12,00	140,00	28,75	43,00	78,50	56,68	38,21	0,88	-0,45	44,88
SC12	1,00	44,00	5,25	9,50	19,00	14,32	12,31	1,11	-0,05	9,63
SC13	1,00	6846,00	14,25	26,00	40,25	345,18	1419,00	4,36	17,02	28,76
SC14	12,00	251,00	30,00	47,50	76,50	67,77	62,20	1,86	2,60	48,81
SC16	25,00	1420,00	42,50	114,00	271,00	268,64	381,86	1,88	2,28	119,77
SC17	10,00	2138,00	33,00	62,00	87,00	164,68	434,90	4,23	16,27	60,56
SC19	8,00	2268,00	81,50	130,50	189,25	290,77	496,66	3,06	8,84	133,24
SC21	2,00	1556,00	26,25	47,50	87,50	149,59	320,84	3,82	13,81	56,11
SC22	2,00	264,00	10,50	14,50	26,00	34,45	54,73	3,36	11,15	18,11
SC23	2,00	242,00	21,25	33,00	49,75	51,64	56,29	2,10	3,83	31,96
SC24	3,00	150,00	12,50	18,00	31,75	26,77	31,30	2,84	8,23	16,86
SC25	7,00	172,00	38,00	48,50	82,00	64,86	45,02	0,95	-0,14	49,77
SC26	1,00	511,00	11,50	29,50	65,25	69,77	119,88	2,78	6,71	25,63
SC27	1,00	66,00	2,25	8,00	10,00	9,55	13,15	3,53	12,49	5,41
SC28	1,00	94,00	3,25	6,50	10,50	11,73	18,88	3,73	13,43	6,53
SC30	1,00	235,00	9,50	15,50	21,50	38,41	61,31	2,38	4,40	15,61
SC33	1,00	429,00	5,25	9,00	19,50	33,86	87,95	4,10	15,53	10,25
SC39	2,00	58,00	6,50	8,50	15,50	13,55	13,35	2,15	3,88	9,64

Tabela III.14. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Sólidos totais (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	61,00	891,00	68,00	93,50	174,25	162,18	183,48	2,97	8,65	116,91
AV010	33,00	559,00	45,75	56,00	136,75	123,64	134,92	1,89	2,79	81,35
AV020	49,00	933,00	62,00	75,00	169,25	148,14	184,81	3,45	11,83	103,15
AV060	28,00	233,00	35,00	45,00	75,00	66,41	50,64	2,06	3,65	54,40
AV070	56,00	1297,00	71,00	122,50	238,25	230,77	280,15	2,66	6,96	148,36
AV080	51,00	1642,00	78,75	155,00	351,50	347,05	425,50	1,85	2,39	193,39
AV210	42,00	578,00	55,25	90,00	136,50	140,50	142,14	2,12	3,44	100,91
AV250	36,00	666,00	44,00	52,50	64,50	111,23	154,09	2,58	5,59	70,05
AV300	67,00	147,00	77,25	88,00	97,25	91,05	19,95	1,15	0,98	89,09
AV320	1056,00	2602,00	1350,75	1606,00	1900,00	1652,91	411,48	0,53	-0,51	1603,49
AV340	28,00	81,00	37,50	48,50	55,00	48,14	12,98	0,64	-0,03	46,46
BV013	34,00	372,00	43,25	66,00	170,75	114,77	94,47	1,33	0,88	85,66
BV035	47,00	2482,00	65,00	85,50	173,25	313,91	586,91	2,82	6,82	135,38
BV037	38,00	1706,00	56,50	85,50	174,25	219,82	364,42	3,21	9,86	116,58
BV062	100,00	538,00	111,50	127,00	147,00	162,50	109,87	2,68	5,74	143,43
BV063	50,00	1450,00	88,50	115,50	248,25	314,73	401,62	1,76	1,71	174,37
BV067	53,00	1184,00	86,50	101,50	264,00	284,77	341,95	1,65	1,24	165,48
BV076	66,00	187,00	95,25	103,00	127,75	111,23	27,83	0,95	0,59	108,04
BV083	120,00	2478,00	139,00	191,50	348,25	403,50	582,90	2,80	6,38	251,70
BV105	150,00	1108,00	167,00	185,00	251,50	310,91	262,85	1,92	2,37	247,62
BV130	117,00	3034,00	212,50	239,00	260,50	371,91	583,95	4,29	16,64	267,14
BV133	35,00	142,00	44,25	53,00	73,50	62,50	26,36	1,49	1,79	58,11
BV135	51,00	116,00	56,00	68,50	82,75	70,73	17,15	0,94	0,22	68,84
BV136	54,00	2310,00	67,25	73,00	83,75	206,64	478,78	3,89	14,00	96,06
BV137	145,00	2574,00	193,25	211,50	375,00	422,68	515,37	3,33	10,90	302,21
BV139	40,00	1478,00	52,50	75,00	124,50	160,91	298,94	3,90	14,17	91,78
BV140	182,00	848,00	231,50	250,50	309,50	300,32	138,28	2,85	8,40	280,74
BV141	152,00	1273,00	176,50	222,00	391,50	334,64	260,90	2,25	5,01	274,38
BV142	149,00	1224,00	185,50	271,50	570,25	443,77	324,32	1,15	0,33	347,91
BV143	32,00	311,00	44,50	54,00	83,25	85,14	71,30	1,90	2,67	67,21
BV144	150,00	380,00	185,50	194,50	217,50	209,36	52,91	2,02	3,69	204,10
BV145	44,00	216,00	54,25	63,00	83,00	73,86	35,30	2,90	9,08	68,64
BV146	94,00	490,00	119,00	149,00	212,00	193,23	108,73	1,58	1,34	171,39
BV147	66,00	522,00	75,25	96,00	169,00	149,18	122,93	1,85	2,42	118,34
BV148	89,00	557,00	126,00	142,50	159,75	176,82	107,07	2,40	5,18	157,50
BV149	97,00	293,00	104,00	130,00	141,75	134,59	42,60	2,40	6,18	129,68
BV150	115,00	1010,00	142,25	195,50	321,00	269,14	207,10	2,27	4,99	221,82
BV151	105,00	421,00	129,00	143,00	171,25	163,95	70,28	2,40	5,65	153,91
BV152	125,00	800,00	140,50	179,00	302,75	256,45	181,29	1,98	3,05	216,05
BV153	164,00	1562,00	207,75	229,50	266,00	369,05	355,11	2,44	4,76	287,77
BV154	218,00	437,00	266,00	302,00	353,25	312,41	60,83	0,35	-0,91	306,59
BV155	221,00	508,00	282,00	313,00	351,00	321,95	61,19	1,05	1,83	316,57
BV156	160,00	3100,00	195,75	274,50	595,00	532,91	647,75	2,87	8,37	355,47
BV160	156,00	3304,00	195,25	226,50	332,75	438,73	654,07	3,82	13,78	297,53
BV161	102,00	1422,00	131,50	162,50	242,50	269,36	286,79	3,04	9,08	203,04
BV162	43,00	980,00	63,00	75,50	98,75	134,50	194,69	3,75	13,24	92,42
SC03	103,00	287,00	124,00	138,00	163,75	149,45	40,07	1,76	3,72	145,04
SC10	196,00	419,00	235,00	280,00	325,75	286,00	57,44	0,28	-0,60	280,25
SC12	84,00	138,00	94,00	103,50	119,75	106,95	15,14	0,43	-0,87	105,91
SC13	110,00	7044,00	138,25	154,00	180,50	476,36	1433,70	4,36	17,02	189,65
SC14	248,00	500,00	261,50	287,00	310,25	306,86	71,09	1,75	2,03	300,17
SC16	134,00	1540,00	187,25	235,00	390,75	401,45	375,79	1,92	2,41	302,23
SC17	172,00	2314,00	200,00	217,00	237,25	329,82	437,40	4,23	16,25	254,22
SC19	184,00	2404,00	237,50	287,50	346,25	447,82	491,96	3,05	8,78	338,25
SC21	133,00	1703,00	154,25	194,50	238,50	286,00	324,84	3,77	13,50	223,19
SC22	97,00	359,00	110,25	118,00	151,00	137,73	53,27	3,20	10,61	131,38
SC23	117,00	359,00	133,50	148,00	181,25	167,59	55,45	2,06	4,09	160,76
SC24	94,00	268,00	106,00	121,50	142,75	133,27	38,81	1,99	4,17	128,88
SC25	208,00	747,00	330,75	452,50	578,00	462,41	175,06	0,20	-1,17	427,54
SC26	171,00	1271,00	223,00	271,00	353,00	348,77	230,15	2,95	8,93	307,19
SC27	19,00	134,00	23,00	27,00	31,50	32,09	22,89	3,98	14,87	28,74
SC28	19,00	141,00	30,00	32,00	40,00	39,36	24,19	3,34	11,25	35,52
SC30	38,00	266,00	46,00	53,50	68,25	77,27	62,16	2,35	4,24	64,13
SC33	45,00	583,00	51,25	56,50	64,75	86,68	109,71	4,19	16,05	67,61
SC39	177,00	230,00	191,00	204,50	214,75	203,68	15,18	0,02	-1,12	203,11

Tabela III.15. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Temperatura da água (°C)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	19,00	26,80	20,85	22,95	25,13	23,15	2,26	-0,13	-1,25	23,04
AV010	16,80	28,40	21,05	22,65	24,60	22,84	2,69	-0,12	-0,12	22,68
AV020	17,00	30,90	21,63	24,40	25,75	23,87	3,03	-0,08	0,09	23,67
AV060	18,40	33,20	21,50	23,50	25,40	23,66	3,39	0,80	0,71	23,43
AV070	18,30	31,00	21,55	23,20	24,20	23,15	2,70	0,87	1,28	23,00
AV080	18,50	32,20	21,28	23,50	25,15	23,40	3,09	0,83	0,87	23,21
AV210	19,20	29,10	21,15	23,50	24,83	23,16	2,56	0,16	-0,47	23,02
AV250	18,90	30,30	20,63	22,30	24,28	22,71	2,88	1,05	0,77	22,54
AV300	15,70	25,30	18,90	21,25	22,50	20,66	2,77	-0,49	-0,72	20,46
AV320	18,70	30,10	23,10	24,30	26,33	24,46	2,91	-0,08	-0,63	24,28
AV340	16,80	28,40	21,00	22,90	24,58	22,62	3,12	-0,23	-0,51	22,39
BV013	18,40	27,00	20,23	22,60	23,98	22,47	2,48	0,26	-0,88	22,33
BV035	17,20	27,30	19,68	22,00	23,48	21,64	2,51	0,03	-0,55	21,49
BV037	17,60	28,60	19,85	22,40	23,53	22,10	2,52	0,21	0,22	21,96
BV062	18,50	29,70	22,40	23,40	24,43	23,46	2,75	0,44	0,07	23,30
BV063	17,10	26,80	21,48	22,90	24,25	22,59	2,53	-0,49	-0,45	22,44
BV067	19,80	28,80	23,73	24,35	26,08	24,60	2,41	-0,26	-0,41	24,47
BV076	19,60	28,60	22,75	24,40	25,85	24,25	2,31	-0,20	-0,48	24,14
BV083	16,10	26,30	20,70	22,55	24,80	22,36	2,69	-0,67	-0,38	22,19
BV105	19,20	26,40	21,83	23,75	24,80	23,21	2,05	-0,38	-0,97	23,12
BV130	17,70	27,20	21,93	23,70	25,78	23,45	2,80	-0,66	-0,46	23,28
BV133	14,50	24,40	18,55	21,65	23,48	21,00	2,85	-0,67	-0,73	20,79
BV135	18,70	27,80	21,83	24,00	26,35	23,92	2,68	-0,32	-1,04	23,76
BV136	17,60	28,00	22,45	24,10	24,98	23,32	2,75	-0,73	-0,30	23,14
BV137	20,50	27,90	23,93	25,40	26,50	24,92	2,07	-0,66	-0,46	24,83
BV139	18,30	29,30	21,65	22,95	24,65	22,89	2,83	0,17	-0,31	22,71
BV140	18,70	31,40	22,85	25,30	26,00	24,81	2,87	-0,02	0,08	24,64
BV141	22,60	30,20	25,10	27,15	28,50	26,72	2,25	-0,37	-1,00	26,63
BV142	19,60	30,10	23,90	25,75	26,75	25,15	2,52	-0,54	-0,29	25,02
BV143	19,70	30,10	24,70	26,00	27,05	25,76	2,24	-0,55	0,74	25,66
BV144	23,30	30,30	25,13	26,75	27,65	26,49	1,67	0,20	-0,46	26,43
BV145	22,90	32,00	25,25	27,50	29,55	27,26	2,85	0,02	-1,20	27,11
BV146	21,60	31,40	24,80	26,65	28,75	26,50	2,70	-0,15	-0,87	26,36
BV147	16,20	28,40	21,58	24,00	25,60	23,47	3,10	-0,58	-0,35	23,25
BV148	22,50	30,80	24,65	27,80	29,30	27,08	2,52	-0,29	-1,34	26,96
BV149	24,20	31,80	26,35	28,50	30,10	28,26	2,24	-0,17	-1,08	28,17
BV150	21,30	30,90	24,50	26,80	27,50	26,42	2,49	-0,17	-0,48	26,30
BV151	20,20	29,80	25,50	26,55	27,45	26,24	2,36	-0,86	0,36	26,12
BV152	23,30	32,40	25,95	28,20	30,08	27,92	2,54	-0,22	-0,89	27,80
BV153	20,40	27,40	22,95	24,55	26,60	24,51	2,17	-0,31	-1,13	24,42
BV154	20,10	29,40	23,30	24,80	27,53	25,26	2,55	-0,17	-0,98	25,13
BV155	18,00	28,10	20,60	23,20	24,58	22,84	2,65	-0,16	-0,83	22,68
BV156	19,20	27,90	23,85	25,65	26,83	25,04	2,19	-0,91	0,30	24,94
BV160	17,60	29,70	22,18	24,10	25,85	23,83	2,97	-0,28	-0,43	23,64
BV161	17,40	26,50	21,28	23,85	24,53	22,75	2,59	-0,73	-0,71	22,60
BV162	20,00	29,80	24,40	26,15	27,70	25,86	2,49	-0,50	-0,32	25,73
SC03	15,80	29,20	20,35	22,50	23,88	22,20	3,24	0,22	-0,36	21,96
SC10	18,30	27,90	22,58	24,65	26,10	24,33	2,43	-0,60	-0,28	24,20
SC12	18,00	31,60	21,43	24,85	28,55	24,66	4,23	-0,14	-1,14	24,29
SC13	18,30	31,20	21,88	26,05	28,50	25,28	4,10	-0,27	-1,17	24,93
SC14	21,10	30,70	24,05	25,55	27,78	25,59	2,52	-0,02	-0,70	25,46
SC16	20,80	28,00	23,90	24,90	26,68	24,90	2,06	-0,39	-0,86	24,81
SC17	15,90	25,50	20,90	22,25	24,48	22,09	2,67	-0,69	-0,44	21,92
SC19	18,50	28,90	21,98	22,95	24,98	23,17	2,44	0,06	-0,13	23,04
SC21	18,50	30,90	22,95	24,65	26,30	24,19	2,94	-0,11	-0,24	24,01
SC22	17,20	28,60	21,38	22,05	24,50	22,40	2,82	0,12	-0,27	22,22
SC23	17,90	28,00	20,60	22,55	24,85	22,40	2,70	-0,10	-0,76	22,24
SC24	18,30	27,10	21,13	23,75	25,08	23,19	2,36	-0,30	-0,95	23,06
SC25	23,80	30,90	25,08	25,75	27,18	26,37	1,76	1,10	0,48	26,31
SC26	19,80	28,60	22,45	25,00	26,08	24,52	2,64	-0,26	-0,98	24,37
SC27	12,80	22,20	18,45	20,10	21,10	19,23	2,53	-1,13	0,26	19,04
SC28	14,30	27,60	18,88	20,80	21,45	20,30	2,94	-0,01	0,40	20,08
SC30	20,80	30,30	25,55	26,70	28,83	26,90	2,30	-0,49	0,18	26,79
SC33	20,60	28,00	23,85	25,15	26,45	24,68	2,30	-0,68	-0,79	24,57
SC39	17,90	25,90	23,08	23,75	25,03	23,28	2,38	-1,08	0,12	23,15

Tabela III.16. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio das Velhas relativa ao parâmetro Turbidez (UNT)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
AV007	2,32	596,00	3,70	11,42	61,33	57,29	125,03	3,63	12,72	15,04
AV010	3,75	407,00	6,44	12,90	34,75	66,19	107,86	1,90	2,56	20,51
AV020	7,87	866,00	12,63	29,15	48,93	85,90	179,65	3,72	13,21	34,07
AV060	4,24	192,00	7,28	12,50	28,30	36,44	53,55	1,95	2,48	16,73
AV070	6,42	1364,00	18,53	49,00	154,50	184,77	357,32	2,69	5,62	57,79
AV080	6,53	1882,00	25,50	64,35	249,00	266,00	483,09	2,53	5,11	81,25
AV210	4,54	545,00	10,50	29,60	118,40	81,18	117,70	2,78	8,14	35,90
AV250	0,92	436,00	5,82	13,90	36,05	48,27	93,46	3,27	10,56	15,34
AV300	3,01	41,10	4,43	6,74	12,15	12,03	11,75	1,54	0,94	8,34
AV320	1,71	60,20	3,37	4,43	9,70	9,04	12,62	3,11	9,49	5,55
AV340	4,10	99,80	5,04	9,86	26,95	21,13	25,56	2,06	3,32	12,38
BV013	3,47	771,00	7,12	19,35	83,25	81,09	163,80	3,42	11,41	25,20
BV035	6,87	1404,00	17,55	27,45	103,38	171,79	366,76	2,73	5,80	45,86
BV037	5,99	647,00	11,43	32,45	131,25	98,12	142,60	2,63	7,22	40,01
BV062	6,11	674,00	10,14	16,10	25,03	72,70	171,49	2,88	6,52	21,82
BV063	5,40	910,00	17,70	42,65	147,00	191,24	277,30	1,57	1,00	59,30
BV067	3,71	946,00	10,52	29,10	148,25	172,05	254,81	1,73	1,96	47,63
BV076	4,61	134,00	6,71	13,70	25,85	21,29	26,88	3,32	11,13	14,09
BV083	10,10	1770,00	24,15	55,40	108,50	236,29	441,47	2,41	4,70	71,63
BV105	10,40	998,00	27,85	36,65	87,58	154,91	261,30	2,19	3,55	60,38
BV130	11,70	3084,00	26,83	38,15	76,40	197,33	632,53	4,31	16,72	51,65
BV133	4,89	131,00	6,55	13,10	25,10	25,83	31,78	2,08	3,57	15,05
BV135	3,84	103,00	5,50	13,25	24,48	19,68	22,00	2,55	6,74	12,73
BV136	2,02	2596,00	4,05	5,62	22,95	171,86	559,91	3,76	13,10	12,39
BV137	7,94	3100,00	22,95	41,15	184,25	260,97	649,70	3,81	13,63	64,09
BV139	3,60	1028,00	10,73	23,80	65,65	89,79	213,24	3,88	14,08	28,42
BV140	5,45	637,00	13,23	23,85	82,65	87,89	147,23	2,61	6,33	35,03
BV141	3,93	878,00	12,33	30,80	188,75	137,72	216,83	2,15	4,08	42,19
BV142	7,57	1006,00	21,05	42,65	325,25	185,23	255,74	1,73	2,45	67,02
BV143	2,39	132,00	6,01	10,19	42,75	33,94	43,64	1,26	-0,12	14,70
BV144	2,67	398,00	6,00	8,94	30,38	60,38	107,31	2,07	3,10	16,21
BV145	1,68	122,00	2,87	4,48	14,27	16,29	28,04	2,73	6,87	6,72
BV146	4,89	398,00	16,33	40,10	101,48	97,15	122,39	1,58	1,07	45,09
BV147	2,35	620,00	8,44	28,00	77,98	94,48	168,03	2,34	4,13	29,02
BV148	3,54	454,00	18,08	26,05	78,73	78,92	113,26	2,15	3,74	35,56
BV149	10,10	269,00	16,20	35,05	49,55	53,26	66,66	2,43	4,72	33,27
BV150	4,23	820,00	20,48	42,85	163,50	144,48	193,34	2,08	4,24	57,99
BV151	4,83	349,00	15,05	35,75	92,83	81,97	103,56	1,61	1,21	38,85
BV152	5,31	556,00	21,45	39,65	144,75	121,33	157,26	1,77	2,10	53,16
BV153	10,20	1510,00	17,93	45,65	162,53	188,26	358,86	2,70	6,43	58,54
BV154	11,30	64,20	18,93	26,25	38,58	31,70	15,49	0,74	-0,56	28,20
BV155	5,01	271,00	33,68	45,70	56,60	62,80	60,08	2,57	5,60	46,99
BV156	7,88	1820,00	21,23	71,05	150,75	231,36	423,00	2,71	6,73	71,21
BV160	24,00	2445,00	42,65	77,40	123,25	230,13	504,69	3,84	13,90	93,15
BV161	3,07	1694,00	6,44	12,95	29,70	167,98	392,17	2,96	8,07	23,46
BV162	1,67	964,00	3,34	7,38	27,15	78,95	203,99	3,71	13,15	12,76
SC03	9,15	60,00	17,95	25,00	30,18	27,40	13,45	1,17	0,55	24,59
SC10	7,59	93,90	15,85	25,45	37,38	30,51	20,10	1,50	2,19	25,14
SC12	4,33	56,60	5,93	7,94	11,05	11,09	10,64	3,52	12,29	8,92
SC13	6,05	4656,00	13,58	18,35	33,38	236,00	964,72	4,36	17,03	25,52
SC14	7,68	198,00	19,98	24,65	58,63	46,28	45,77	2,04	3,65	32,38
SC16	10,60	1054,00	24,65	63,30	187,53	187,63	287,58	2,02	2,97	71,28
SC17	9,07	2280,00	30,60	41,05	78,35	163,77	465,93	4,24	16,35	51,44
SC19	9,48	3908,00	39,93	83,25	170,25	339,06	814,55	3,82	13,79	101,60
SC21	16,80	1504,00	31,08	43,35	78,45	142,03	310,63	3,83	13,83	57,75
SC22	4,89	243,00	7,28	13,55	29,48	30,43	50,40	3,43	11,49	15,87
SC23	5,95	324,00	12,23	21,60	39,90	49,02	76,13	2,71	6,28	25,01
SC24	6,19	106,00	7,27	12,15	15,63	18,69	21,06	3,23	10,50	13,62
SC25	6,27	98,10	10,85	15,65	36,55	27,00	23,91	1,45	1,33	19,29
SC26	5,40	815,00	11,78	14,70	24,45	60,48	167,18	4,17	15,87	20,23
SC27	1,21	53,30	2,67	3,82	5,15	6,17	10,44	4,15	15,87	3,96
SC28	2,76	203,00	3,98	5,47	8,55	16,27	41,35	4,17	15,91	6,89
SC30	2,52	125,00	6,32	8,94	33,55	29,45	37,07	1,46	0,65	14,29
SC33	3,27	445,00	6,23	10,80	27,85	39,94	91,23	3,96	14,68	15,08
SC39	4,37	85,00	7,18	9,38	10,58	16,47	21,45	2,55	5,01	10,80

Tabela III.19. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos quatro grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise espacial dos dados de frequência de amostragem trimestral da bacia do rio das Velhas.

Parâmetros	Grupo 1						Parâmetros	Grupo 2				
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6		Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl _T	0,521	0,375	0,060	0,194	-0,046	-0,454	Cl _T	0,923	0,116	0,159	0,019	0,093
Clor- <i>a</i>	0,079	-0,016	0,910	-0,070	0,156	-0,065	Clor- <i>a</i>	-0,307	0,460	-0,723	0,280	-0,100
Col.term.	0,031	-0,105	-0,097	0,836	0,119	0,045	Col.term.	0,236	0,194	-0,063	0,758	-0,192
CE	0,967	0,032	0,120	0,022	0,012	-0,178	CE	0,932	0,096	0,272	-0,130	0,182
DBO	0,357	0,512	-0,397	-0,023	-0,063	0,360	DBO	0,596	0,485	0,090	-0,299	-0,070
DQO	0,366	0,532	-0,162	-0,373	-0,602	0,112	DQO	0,722	0,448	-0,283	-0,052	-0,068
Feft- <i>a</i>	-0,203	0,029	0,083	-0,075	0,897	-0,022	Feft- <i>a</i>	0,155	0,103	0,321	-0,306	0,866
P _T	-0,014	0,092	0,052	0,849	0,125	0,037	P _T	0,614	-0,069	-0,078	-0,486	-0,245
N-NO ₃ ⁻	0,047	0,818	-0,247	-0,202	-0,284	0,302	N-NO ₃ ⁻	0,109	0,073	0,754	-0,129	-0,045
OD	0,337	-0,302	0,777	0,174	-0,106	0,082	OD	-0,492	0,024	-0,182	0,671	0,065
pH	-0,178	0,071	0,029	-0,142	0,003	0,940	pH	0,596	0,115	0,394	0,080	-0,124
SDT	0,977	0,011	0,150	-0,014	-0,109	-0,120	SDT	0,973	-0,006	0,135	-0,020	0,144
SST	-0,221	0,435	0,471	-0,501	0,120	-0,031	SST	0,060	0,782	0,051	0,118	0,242
ST	0,972	0,047	0,191	-0,055	-0,101	-0,125	ST	0,939	0,186	0,140	0,010	0,196
T _{H2O}	-0,342	-0,362	0,134	-0,393	-0,540	0,100	T _{H2O}	0,235	0,009	-0,175	0,085	0,839
Turb	0,454	-0,532	-0,196	-0,045	-0,041	0,277	Turb	0,068	0,828	-0,484	0,293	-0,052
Variabilidade (%)	24,9	14,9	12,7	12,3	9,3	8,2	Variabilidade (%)	33,9	15,2	11,4	10,4	10,2
% acumulada	24,9	39,8	52,5	64,8	74,1	82,4	% acumulada	33,9	49,2	60,6	71,0	81,2

Parâmetros	Grupo 3					Parâmetros	Grupo 4				
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5		Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl _T	0,906	0,026	0,236	0,566	0,067	Cl _T	0,945	0,154	-0,102	-0,013	0,172
Clor- <i>a</i>	0,468	-0,476	0,514	0,058	-0,097	Clor- <i>a</i>	0,678	-0,099	0,324	-0,211	-0,381
Col.term.	-0,385	-0,146	-0,918	-0,181	0,347	Col.term.	-0,034	0,067	-0,179	0,194	0,801
CE	0,677	0,223	0,412	0,724	0,246	CE	0,974	0,145	-0,026	0,177	0,146
DBO	0,592	-0,061	0,026	0,189	0,607	DBO	0,164	0,761	-0,059	0,269	0,205
DQO	0,857	0,014	0,385	0,453	0,296	DQO	0,188	0,851	0,289	-0,030	-0,187
Feft- <i>a</i>	-0,122	0,146	-0,268	-0,245	0,811	Feft- <i>a</i>	0,279	0,266	0,860	0,086	-0,353
P _T	0,340	0,142	0,881	0,530	-0,059	P _T	-0,118	0,667	-0,248	-0,213	0,223
N-NO ₃ ⁻	-0,332	0,581	-0,210	0,099	0,035	N-NO ₃ ⁻	0,094	-0,012	-0,057	0,890	0,221
OD	-0,398	0,639	-0,186	-0,299	0,139	OD	-0,089	-0,722	0,257	0,258	-0,458
pH	0,110	0,934	0,183	-0,037	0,014	pH	0,834	-0,080	0,090	0,451	-0,172
SDT	0,580	-0,077	0,135	0,867	-0,171	SDT	0,965	0,055	0,014	0,106	0,094
SST	0,956	-0,002	0,477	0,610	-0,123	SST	0,112	0,181	0,908	0,073	-0,625
ST	0,937	-0,020	0,429	0,720	-0,144	ST	0,767	0,167	0,652	0,128	-0,375
T _{H2O}	-0,190	-0,581	-0,166	0,014	-0,596	T _{H2O}	0,035	-0,656	0,391	-0,146	0,179
Turb	0,749	0,016	0,598	0,767	-0,113	Turb	0,036	0,112	0,897	0,065	-0,703
Variabilidade (%)	30,0	15,6	12,6	11,3	10,6	Variabilidade (%)	31,5	21,3	10,8	9,2	8,0
% acumulada	30,0	45,7	58,3	69,6	80,1	% acumulada	31,5	52,7	63,5	72,7	80,8

Tabela III.19. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos quatro grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise espacial dos dados de frequência de amostragem trimestral da bacia do rio das Velhas. (continuação)

Grupo 5					Grupo 6					
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl _T	0,890	-0,182	0,106	-0,076	Cl _T	0,487	0,372	0,853	0,404	-0,359
Clor- <i>a</i>	-0,042	-0,324	-0,475	0,469	Clor- <i>a</i>	0,917	0,363	0,776	0,707	0,173
Col.term.	0,218	-0,314	0,552	0,287	Col.term.	0,368	-0,335	-0,272	0,380	0,219
CE	0,934	-0,298	0,031	-0,230	CE	0,558	0,358	0,929	0,466	0,000
DBO	0,626	0,087	0,410	0,005	DBO	0,181	-0,430	0,369	0,384	0,199
DQO	0,873	0,087	0,098	0,097	DQO	0,904	0,450	0,780	0,545	0,175
Feft- <i>a</i>	-0,194	0,085	-0,076	0,717	Feft- <i>a</i>	0,036	-0,396	-0,343	0,203	-0,290
P _T	0,397	-0,053	-0,284	-0,604	P _T	-0,236	-0,283	-0,337	0,273	0,211
N-NO ₃ ⁻	-0,374	-0,039	0,599	0,037	N-NO ₃ ⁻	0,077	0,293	-0,014	0,049	0,842
OD	-0,708	-0,021	-0,038	0,528	OD	0,249	0,826	0,109	0,397	0,283
pH	-0,244	-0,447	0,332	0,218	pH	0,240	0,858	0,214	0,392	0,292
SDT	0,873	-0,307	-0,138	-0,269	SDT	0,753	0,065	0,869	0,384	0,127
SST	-0,101	0,900	0,015	0,146	SST	0,928	0,439	0,754	0,636	0,188
ST	0,612	0,537	-0,097	-0,089	ST	0,928	0,436	0,758	0,634	0,188
T _{H2O}	-0,333	-0,194	-0,564	-0,051	T _{H2O}	-0,252	-0,848	-0,409	-0,317	0,210
Turb	-0,281	0,895	-0,001	0,007	Turb	0,928	0,437	0,754	0,637	0,190
Variabilidade (%)	34,0	14,2	11,7	9,6	Variabilidade (%)	20,5	20,0	18,5	10,1	8,4
% acumulada	34,0	48,3	60,0	69,6	% acumulada	20,5	40,5	59,0	69,1	77,4

Grupo 7					Grupo 8				
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Cl _T	-0,111	0,828	0,210	-0,037	Cl _T	-0,313	0,554	-0,122	0,605
Clor- <i>a</i>	-0,006	0,170	0,405	0,739	Clor- <i>a</i>	0,150	0,354	-0,391	0,214
Col.term.	0,746	0,349	-0,195	-0,243	Col.term.	0,157	0,482	0,216	-0,302
CE	-0,137	0,859	0,228	-0,248	CE	-0,424	0,299	0,081	0,782
DBO	0,524	0,599	-0,174	-0,164	DBO	0,141	0,714	0,143	0,170
DQO	0,837	0,374	-0,105	-0,076	DQO	0,604	0,691	-0,070	0,223
Feft- <i>a</i>	0,154	-0,072	0,271	0,833	Feft- <i>a</i>	0,212	-0,142	-0,495	-0,163
P _T	0,234	0,770	-0,073	-0,189	P _T	-0,265	0,719	-0,123	0,031
N-NO ₃ ⁻	-0,256	0,342	0,577	-0,138	N-NO ₃ ⁻	-0,019	-0,200	0,619	0,000
OD	-0,465	-0,200	0,782	0,469	OD	0,103	-0,728	0,382	-0,239
pH	0,005	0,353	0,837	0,243	pH	-0,171	-0,209	0,713	0,037
SDT	-0,058	0,754	0,238	-0,160	SDT	0,095	-0,003	0,064	0,897
SST	0,875	-0,056	-0,189	-0,025	SST	0,964	0,100	-0,014	-0,140
ST	0,878	0,019	-0,167	-0,041	ST	0,971	0,099	-0,010	-0,082
T _{H2O}	0,287	-0,251	-0,067	0,357	T _{H2O}	0,296	-0,088	-0,490	-0,395
Turb	0,792	-0,141	-0,221	0,111	Turb	0,930	0,070	-0,014	-0,122
Variabilidade (%)	26,0	22,8	10,6	9,4	Variabilidade (%)	20,9	18,1	12,3	15,2
% acumulada	26,0	48,9	59,4	68,8	% acumulada	20,9	39,1	51,3	66,5

Tabela III.19. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos quatro grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise espacial dos dados de frequência de amostragem trimestral da bacia do rio das Velhas. (continuação)

Grupo 9					Grupo 10				
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Cl _T	0,719	-0,198	0,499	0,016	Cl _T	0,857	-0,129	0,192	-0,106
Clor- <i>a</i>	-0,138	-0,107	0,467	-0,217	Clor- <i>a</i>	0,258	-0,168	0,496	-0,071
Col.term.	0,285	-0,012	-0,016	0,367	Col.term.	0,010	-0,107	-0,174	0,421
CE	0,473	-0,223	0,833	0,105	CE	0,912	-0,274	0,082	0,045
DBO	0,823	-0,070	0,131	0,019	DBO	0,351	0,043	0,726	0,192
DQO	0,773	0,254	0,139	-0,133	DQO	-0,069	0,687	0,517	-0,227
Feft- <i>a</i>	-0,119	0,383	0,136	-0,397	Feft- <i>a</i>	0,047	0,102	0,740	0,065
P _T	0,767	-0,190	0,354	-0,061	P _T	0,274	0,618	0,046	0,093
N-NO ₃ ⁻	0,320	0,058	-0,001	0,466	N-NO ₃ ⁻	0,695	-0,081	-0,080	-0,134
OD	-0,613	0,132	-0,439	0,248	OD	0,454	-0,218	0,578	-0,086
pH	-0,081	-0,082	0,328	0,789	pH	0,436	-0,186	0,664	0,128
SDT	0,212	0,001	0,775	0,131	SDT	0,857	-0,050	0,099	0,049
SST	-0,081	0,914	-0,041	0,068	SST	-0,418	0,871	0,062	-0,063
ST	-0,045	0,905	0,086	0,088	ST	-0,315	0,897	0,078	-0,059
T _{H2O}	-0,094	0,363	-0,271	-0,274	T _{H2O}	-0,128	0,102	0,090	0,887
Turb	-0,073	0,890	0,012	-0,001	Turb	-0,499	0,843	0,086	-0,071
Variabilidade (%)	20,9	18,0	18,2	10,0	Variabilidade (%)	25,4	22,1	18,2	7,8
% acumulada	20,9	38,8	57,0	67,0	% acumulada	25,4	47,4	65,6	73,5

Grupo 11				
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Cl _T	-0,095	0,799	0,000	-0,195
Clor- <i>a</i>	-0,034	0,454	-0,068	-0,466
Col.term.	0,371	0,002	0,480	-0,235
CE	-0,186	0,895	-0,209	0,176
DBO	0,099	0,096	0,387	-0,129
DQO	0,464	0,120	-0,126	-0,354
Feft- <i>a</i>	0,237	-0,067	-0,126	-0,423
P _T	0,551	0,076	0,263	-0,027
N-NO ₃ ⁻	-0,061	0,321	0,279	0,449
OD	-0,068	-0,633	0,470	0,390
pH	0,030	0,233	0,019	0,746
SDT	0,009	0,882	-0,264	0,049
SST	0,951	-0,111	0,025	0,050
ST	0,936	0,025	-0,015	0,057
T _{H2O}	0,189	0,175	-0,699	-0,133
Turb	0,899	-0,092	-0,029	0,009
Variabilidade (%)	21,9	18,2	10,5	11,4
% acumulada	21,9	40,1	50,6	62,0

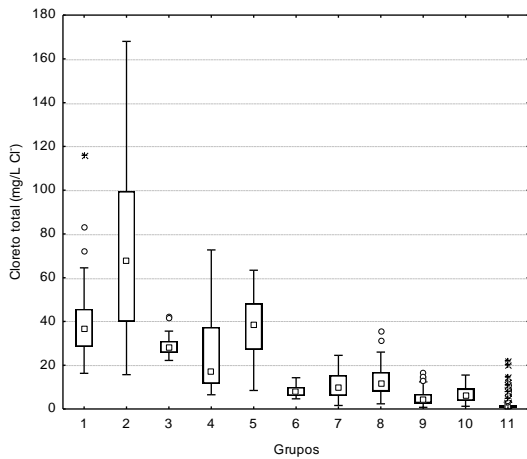
Negrito - Correlações moderadas (valor absoluto entre 0,50 - 0,75)

Negrito e sublinhado - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

Tabela III.20. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência trimestral da bacia do rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster.

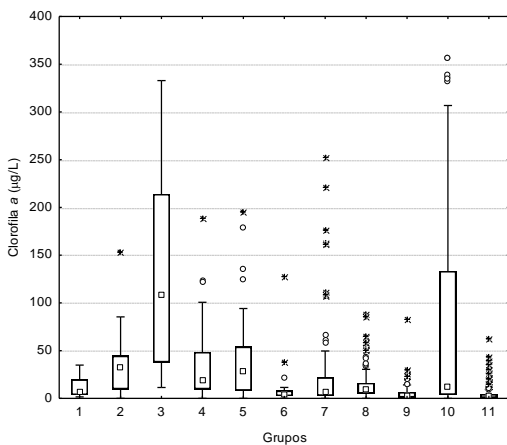
Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

Cloreto total (mg/L)



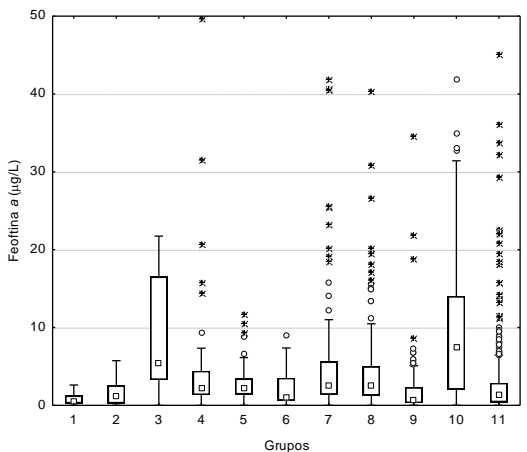
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
↓											1
=	=										2
=	↑	=									3
↑	=	=	↑								4
↑	↑	=	↑	↑							5
↑	↑	↑	↑	↑	↑						6
↑	↑	↑	↑	↑	=	↑					7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑				8
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			9
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑		10
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	11

Clorofila a (µg/L)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
↓											1
=	=										2
↓	=	↑									3
=	=	↑	↑								4
=	↑	↑	↑	↑							5
=	↑	↑	↑	↑	↑						6
=	↑	↑	↑	↑	↑	↑					7
↑	↑	↑	↑	↑	=	↑	↑				8
=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			9
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		10
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	11

Feoftina a (µg/L)

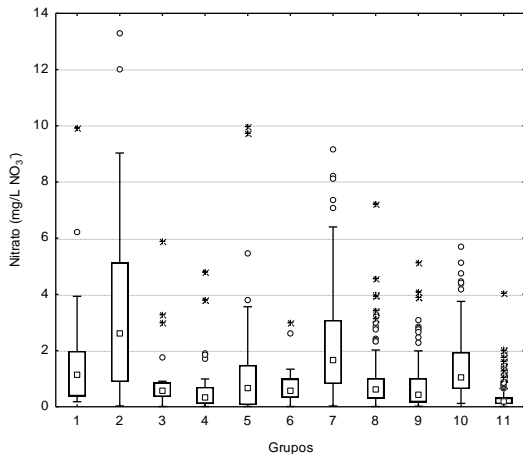


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
↓											1
=	=										2
↓	↑	↑									3
↓	=	=	↑								4
=	=	=	↑	↑							5
↓	=	=	↑	↑	↑						6
↓	=	=	↑	↑	↑	↑					7
↓	=	=	↑	↑	↑	↑	↑				8
=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			9
↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		10
=	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	11

Tabela III.20. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência trimestral da bacia do rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster. (continuação)

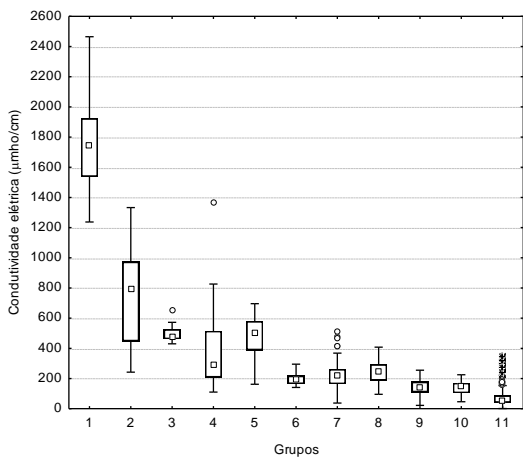
Box-plot das concentrações dos Resultados do teste de comparações múltiplas

Nitrato (mg/L NO_3^-)



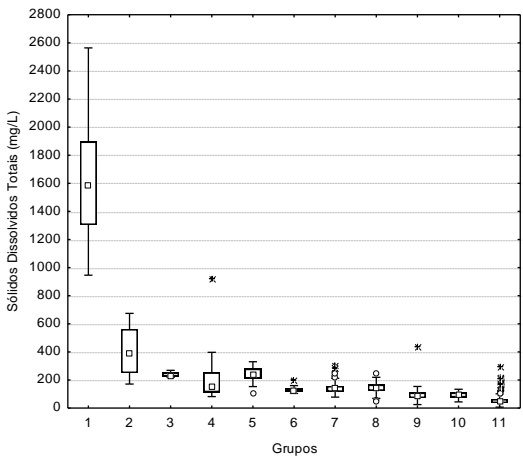
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
↓	=	=	↓	↓	=	=	↓	↓	=	↓	1
=	↓	=	=	↓	=	=	=	↓	=	↓	2
=	↑	↓	=	=	=	↑	=	=	=	↓	3
↑	↑	=	↓	=	=	↑	=	=	↑	=	4
=	=	=	=	↓	↓	=	=	=	=	↓	5
=	=	↓	=	↓	↓	↓	↓	=	=	↓	6
=	=	=	=	=	↓	↓	↓	↓	=	↓	7
=	↑	=	=	=	=	↑	↓	↓	↓	↓	8
=	↑	=	=	=	=	↑	=	↓	↓	↓	9
=	=	↑	=	=	=	↑	↓	↓	↑	↓	10
↑	↑	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	11

Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm}$)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
↓	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
↑	↓	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
↑	↑	↓	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3
↑	↑	=	↓	↓	↓	↓	=	↓	↓	↓	4
↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	5
↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	=	↓	↓	↓	6
↑	↑	↑	=	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7
↑	↑	↑	=	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	8
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	9
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	↓	↓	10
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	11

Sólidos dissolvidos totais (mg/L)

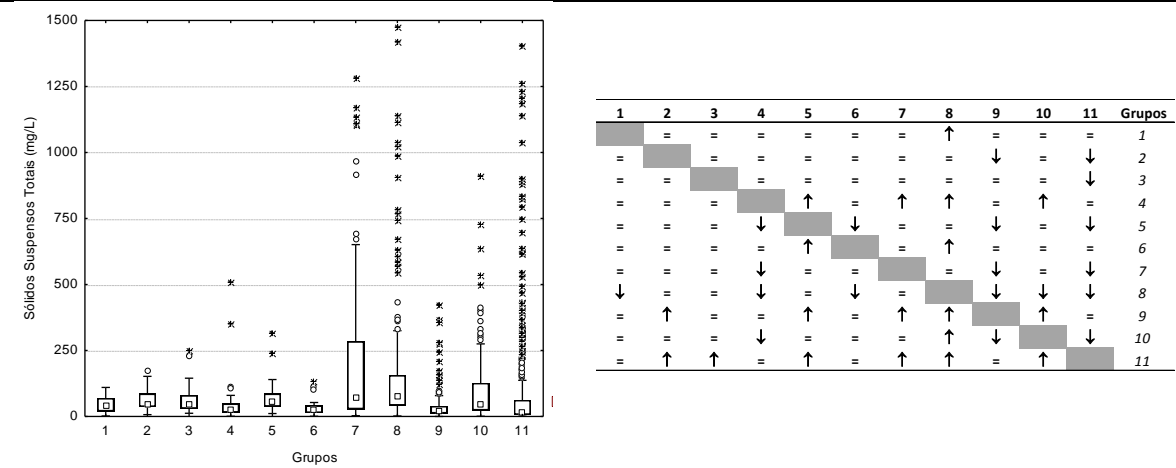


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1
↑	↓	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2
↑	↑	↓	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3
↑	↑	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4
↑	↑	↑	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5
↑	↑	↑	=	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6
↑	↑	↑	=	↑	=	↓	↓	↓	↓	↓	7
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	8
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	9
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	↓	↓	10
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	11

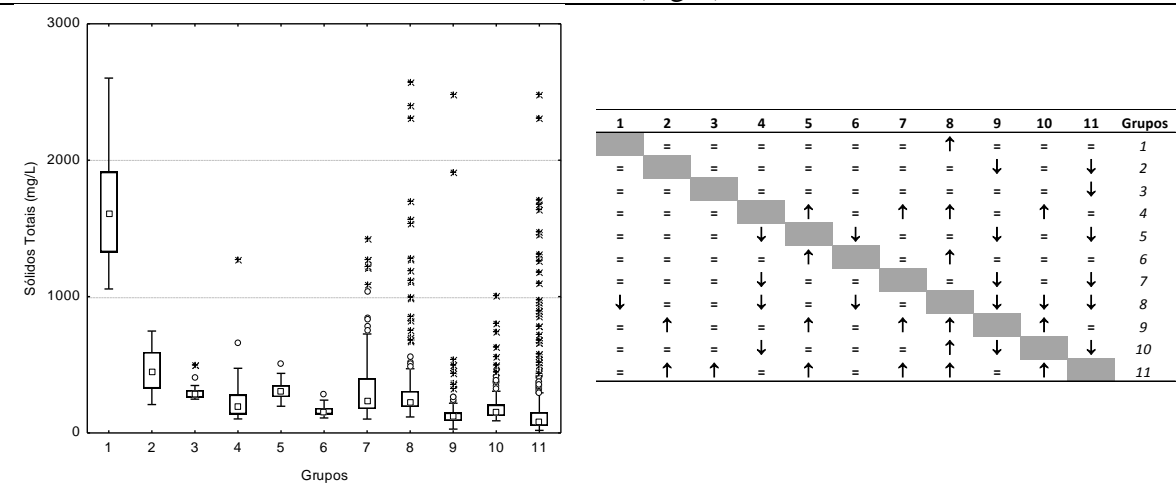
Tabela III.20. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência trimestral da bacia do rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster. (continuação)

Box-plot das concentrações dos Resultados do teste de comparações múltiplas

Sólidos suspensos totais (mg/L)



Sólidos totais (mg/L)



Turbidez (UNT)

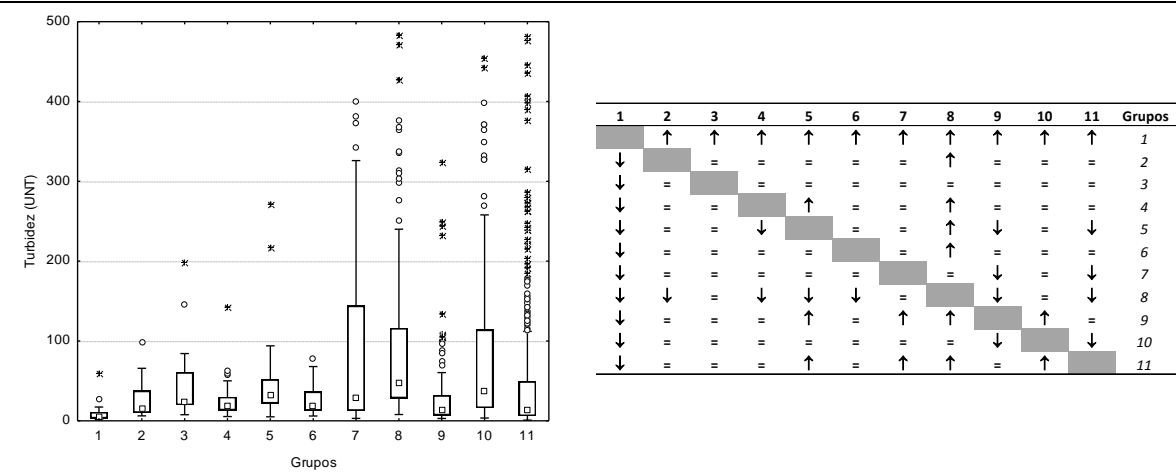
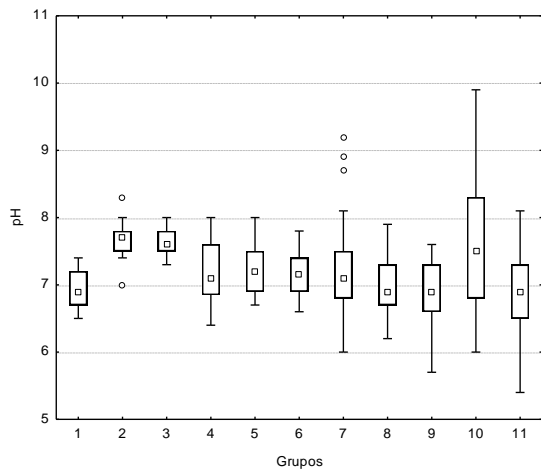


Tabela III.20. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência trimestral da bacia do rio das Velhas, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster. (continuação)

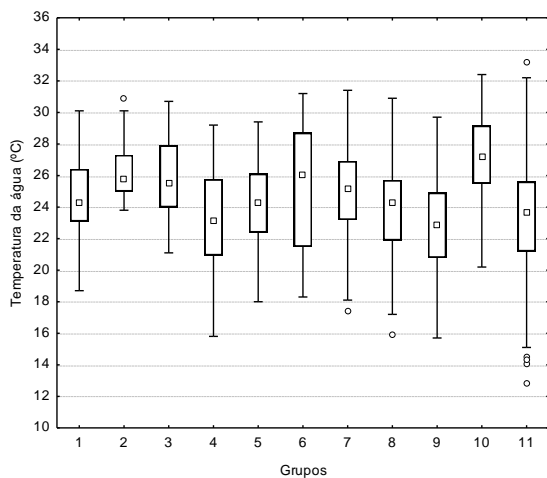
Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

pH

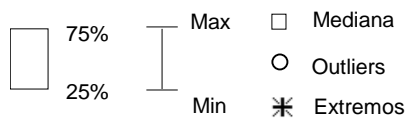


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
1	↑	=	=	↑	=	=	=	=	=	=	1
↓	2	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	=	↓	2
↓	=	3	↓	↓	=	↓	↓	↓	=	↓	3
=	↑	↑	4	↓	=	=	↓	↓	=	↓	4
=	↑	↑	=	5	=	=	=	↓	=	↓	5
=	↑	↑	=	=	6	=	=	=	=	=	6
=	↑	↑	=	=	=	7	=	=	=	↓	7
=	↑	↑	↑	↑	=	↑	8	↓	↑	=	8
=	↑	↑	↑	↑	=	↑	=	9	↑	=	9
=	=	=	=	=	=	=	↓	↓	10	↓	10
=	↑	↑	↑	↑	=	↑	=	=	↑	11	11

Temperatura da água (°C)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grupos
1	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	1
=	2	=	↓	↓	=	=	↓	↓	=	↓	2
=	↑	3	↓	=	=	=	=	↓	↑	=	3
=	↑	=	4	↓	=	=	=	↓	↑	=	4
=	↑	=	=	5	=	=	=	↓	↑	=	5
=	=	=	=	=	6	=	=	↓	↑	=	6
=	↑	=	=	=	=	7	↓	↓	↑	↓	7
=	↑	↑	=	=	=	↑	8	↓	↑	=	8
↓	=	↑	↓	↓	=	↑	↑	9	↑	=	9
=	↑	=	=	=	=	↑	=	↓	10	↓	10
=	↑	=	=	=	=	↑	=	=	↑	11	11



= Grupo em negrito (acima) não se difere significativamente do grupo em itálico (à direita)
 ↑ Grupo em negrito (acima) significativamente maior que o grupo em itálico (coluna à direita)
 ↓ Grupo em negrito (acima) significativamente menor que o grupo em itálico (coluna à direita)

Quadro III.2. Limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008 para parâmetros monitorados em estações na bacia do rio das Velhas

Parâmetro	Unidade	Classe de enquadramento				
		1	2	3	4	Especial
Alcalinidade de bicarbonato	-	-	-	-	-	-
Alcalinidade total	-	-	-	-	-	-
Alumínio dissolvido	mg/L Al	0,1	0,1	0,2	-	-
Amônia	-	-	-	-	-	-
Arsênio Dissolvido	-	-	-	-	-	-
Arsênio total	mg/L As	0,01	0,01	0,033	-	-
Bário total	mg/L Ba	0,7	0,7	1,0	-	-
Boro total	mg/L B	0,5	0,5	0,75	-	-
Cádmio total	mg/L Cd	0,001	0,001	0,01	-	-
Cálcio total	-	-	-	-	-	-
Chumbo total	mg/L Pb	0,01	0,01	0,033	-	-
Cianeto livre	mg/L CN	0,005	0,005	0,022	-	-
Cianeto total	-	-	-	-	-	-
Cloreto total	mg/L Cl	250	250	250	-	-
Clorofila a	µg/L	10	30	60	-	-
Cobre dissolvido	mg/L Cu	0,009	0,009	0,013	-	-
Coliformes termotolerantes	org/100 mL	200	1000	4000	-	-
Coliformes totais	-	-	-	-	-	-
Condutividade elétrica in loco	-	-	-	-	-	-
Condutividade elétrica laboratório	-	-	-	-	-	-
Cor verdadeira	mgPt/L	nível natural	75	75	-	-
Cromo total	mg/L Cr	0,05	0,05	0,05	-	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O ₂	3	5	10	-	-
Demanda Química de Oxigênio	-	-	-	-	-	-
Densidade de cianobactérias	cel/mL	20000	50000	100000	-	-
Dureza de cálcio	-	-	-	-	-	-
Dureza de magnésio	-	-	-	-	-	-
Dureza total	-	-	-	-	-	-
Estreptococos fecais	-	-	-	-	-	-
Fenóis totais	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,003	0,003	0,01	0,5	-
Feoftina a	-	-	-	-	-	-
Ferro dissolvido	mg/L Fe	0,3	0,3	5,0	-	-
Ferro total	-	-	-	-	-	-
Fósforo total	mg/L P	0,1	0,1	0,15	-	-
Magnésio total	-	-	-	-	-	-
Manganês total	mg/L Mn	0,1	0,1	0,5	-	-
Merúrio total	mg/L Hg	0,0002	0,0002	0,002	-	-
Microcistina	-	-	-	-	-	-
Níquel total	mg/L Ni	0,025	0,025	0,025	-	-
Nitrato	mg/L N	10,0	10,0	10,0	-	-
Nitrito	mg/L N	1	1	1	-	-

-Não há limite preconizado pela legislação

Quadro III.2. Limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008 para parâmetros monitorados em estações na bacia do rio das Velhas (continuação)

Parâmetro	Unidade	Classe de enquadramento				
		1	2	3	4	Especial
Nitrogênio amoniacal total pH ≤7,5	mg/L N	3,7	3,7	13,3	-	-
Nitrogênio amoniacal total 7,5 < pH < 8,0	mg/L N	2	2	5,6	-	-
Nitrogênio amoniacal total 8,0 < pH < 8,5	mg/L N	1	1	2,2	-	-
Nitrogênio amoniacal total pH ≥ 8,5	mg/L N	0,5	0,5	1	-	-
Nitrogênio orgânico	-	-	-	-	-	-
Óleos e graxas	-	0	0	0	-	-
Oxigênio dissolvido	mg/L O ₂	6	5	4	2	-
pH in loco máximo	-	9	9	9	9	-
pH in loco mínimo	-	6	6	6	6	-
pH laboratório	-	-	-	-	-	-
Potássio dissolvido	-	-	-	-	-	-
Profundidade	-	-	-	-	-	-
Saxitoxina	-	-	-	-	-	-
Selênio total	mg/L Se	0,01	0,01	0,05	-	-
Sódio dissolvido	-	-	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos totais	mg/L	500	500	500	-	-
Sólidos em Suspensão totais	mg/L	50	100	100	-	-
Sólidos sedimentáveis	-	-	-	-	-	-
Sólidos totais	-	-	-	-	-	-
Substâncias Tensoativas	mg/L LAS	0,5	0,5	0,5	-	-
Sulfato total	mg/L SO ₄	250	250	250	-	-
Sulfeto	mg/L S	0,002	0,002	0,3	-	-
Temperatura da água	-	-	-	-	-	-
Temperatura do ar	-	-	-	-	-	-
Turbidez	UNT	40	100	100	-	-
Zinco total	mg/L Zn	0,18	0,18	5	-	-

-Não há limite preconizado pela legislação

APÊNDICE IV

Tabelas com resultados relacionados ao Capítulo 5, sub-capítulo 5.3:

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO
DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO PARAÓPEBA
UTILIZANDO DADOS DE FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM TRIMESTRAL**

Quadro IV.1. Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba

Estação	Classe de Enquadramento	Descrição	Latitude	Longitude	Altitude
BP022	Classe 2	Rio Paraopeba a montante de Cristiano Otoni, próximo de sua nascente	-20,84	-43,8	1002
BP024	Classe 1	Rio Brumado a montante de sua foz no rio Camapuã, a jusante de Entre Rios de Minas	-20,65	-44,06	861
BP026	Classe 1	Rio Camapuã na cidade de Jeceaba	-20,56	-43,99	852
BP027	Classe 2	Rio Paraopeba a jusante da cidade de Jeceaba, logo após a foz do Rio Camapuã	-20,51	-43,98	849
BP029	Classe 2	Rio Paraopeba na cidade de Belo Vale	-20,41	-44,03	803
BP032	Classe 1	Rio Macaúbas a jusante de Bonfim, a montante de sua foz no rio Paraopeba	-20,32	-44,15	786
BP036	Classe 2	Rio Paraopeba na localidade de Melo Franco	-20,2	-44,12	761
BP066	Classe 2	Rio Veloso a jusante de Itaiuiuçu	-20,17	-44,38	818
BP068	Classe 2	Rio Paraopeba no local denominado Fecho do Funil	-20,1	-44,21	736
BP069	Classe 1	Ribeirão Serra Azul em Juatuba	-19,95	-44,34	726
BP070	Classe 2	Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas	-20,04	-44,25	740
BP071	Classe 3	Rio Betim próximo de sua foz no Rio Paraopeba, em Betim	-19,97	-44,27	759
BP072	Classe 2	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim, na divisa dos municípios de Betim e Juatuba	-19,94	-44,31	711
BP073	Classe 2	Riacho das Pedras ou Ribeirão das Areias em Betim, a montante de sua foz no rio Betim	-19,96	-44,2	812
BP074	Classe 1	Ribeirão Macacos na cidade de Cachoeira da Prata a montante de sua foz no rio Paraopeba	-19,52	-44,46	709
BP075	Classe 2	Córrego Pintado a jusante da Represa da REGAP.	-19,99	-44,1	813
BP076	Classe 2	Ribeirão São João próximo de sua foz no Rio Paraopeba, na cidade de Paraopeba	-19,43	-44,52	676
BP078	Classe 2	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Pardo em Pompéu	-19,17	-44,71	653
BP079	Classe 1	Rio Paraopeba a montante da foz do Rio Pequeri, em São Braz do Suaçuí	-20,6	-43,91	909
BP080	Classe 2	Rio Maranhão próximo de sua foz no Rio Paraopeba, a jusante da cidade de Congonhas	-20,51	-43,9	841
BP081	Classe 2	Ribeirão Ibirité a jusante do município de Ibirité.	-20	-44,09	807
BP082	Classe 2	Rio Paraopeba na localidade de São José, em Esmeraldas	-19,67	-44,48	698
BP083	Classe 2	Rio Paraopeba logo após a foz do Ribeirão São João em Paraopeba	-19,37	-44,53	674
BP084	Classe 2	Rio Maranhão na localidade de Gagé próximo a Conselheiro Lafaiete	-20,6	-43,8	896
BP085	Classe 2	Ribeirão Ibirité a jusante da Represa de Ibirité.	-20,03	-44,12	778
BP086	Classe 2	Ribeirão Sarzedo próximo de sua foz no Rio Paraopeba em Mário Campos	-20,05	-44,19	735
BP088	Classe 1	Rio Betim a jusante do Reservatório de Vargem das Flores em Betim	-19,91	-44,17	819
BP090	Classe 2	Ribeirão Grande a montante de sua foz no rio Paraopeba em Esmeraldas	-19,81	-44,39	710
BP092	Classe 1	Ribeirão Casa Branca à montante da confluência com o Ribeirão Catarina em Casa Branca (Brumadinho)	-20,11	-44,06	890
BP094	Classe 1	Ribeirão Catarina à montante da confluência com o Ribeirão Casa Branca em Casa Branca (Brumadinho)	-20,12	-44,04	907
BP096	Classe 2	Rio Manso próximo de sua confluência com o rio Paraopeba em Brumadinho	-20,14	-44,22	761
BP098	Classe 2	Ribeirão do Cedro próximo de sua foz no rio Paraopeba em Caetanópolis	-19,3	-44,48	682
BP099	Classe 2	Rio Paraopeba a montante de sua foz na barragem de Três Marias	-18,85	-44,79	585

Tabela IV.1. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Cloreto total (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,33	3,88	1,23	1,32	1,82	1,58	0,69	1,48	3,00	1,44
BP024	0,30	2,21	0,59	0,83	1,31	0,95	0,50	0,62	-0,29	0,82
BP026	0,30	2,22	0,67	0,90	1,64	1,08	0,57	0,50	-0,95	0,93
BP027	1,15	8,54	2,55	3,77	5,51	4,16	2,05	0,53	-0,64	3,64
BP029	1,62	7,07	2,00	3,33	4,43	3,49	1,57	0,79	-0,16	3,17
BP032	0,30	2,26	0,64	0,90	1,10	0,95	0,46	0,96	0,86	0,84
BP036	1,16	5,81	2,14	2,94	3,86	3,09	1,13	0,45	-0,50	2,88
BP066	0,54	4,68	0,91	1,10	1,42	1,30	0,79	3,22	11,21	1,16
BP068	1,14	4,71	2,05	2,94	3,64	2,85	1,01	0,08	-0,98	2,66
BP069	1,04	6,66	3,09	3,63	4,31	3,71	1,22	0,36	0,33	3,49
BP070	1,60	8,10	2,73	3,30	4,70	3,80	1,66	1,16	0,75	3,49
BP071	3,77	64,10	29,33	34,30	45,40	34,90	14,87	-0,27	-0,26	30,04
BP072	2,07	8,73	3,26	4,11	5,86	4,73	1,84	0,74	-0,49	4,40
BP073	5,10	82,10	39,03	46,80	55,23	45,64	18,53	-0,37	-0,12	39,76
BP074	1,13	6,19	1,69	1,98	2,67	2,32	1,06	2,15	4,88	2,15
BP076	2,11	13,20	2,86	4,23	5,69	4,78	2,65	1,59	2,37	4,22
BP078	1,89	7,66	3,02	4,22	5,43	4,34	1,51	0,44	-0,70	4,08
BP079	0,30	2,29	0,63	0,87	1,17	1,01	0,55	1,01	-0,04	0,88
BP080	1,98	24,30	6,15	9,19	12,88	10,04	5,24	0,77	0,22	8,67
BP082	0,91	9,47	2,41	3,73	5,55	4,00	2,23	0,56	-0,37	3,34
BP083	2,02	8,65	3,16	4,10	5,69	4,61	1,90	0,62	-0,78	4,24
BP084	2,14	11,90	3,77	4,85	6,53	5,76	2,78	0,94	-0,31	5,17
BP086	2,30	39,40	15,05	18,80	23,63	20,09	9,40	0,29	-0,20	17,01
BP088	4,55	16,50	7,81	8,65	10,20	8,95	2,46	0,88	1,80	8,62
BP090	1,90	6,75	2,60	3,38	4,15	3,51	1,14	0,95	0,73	3,34
BP092	0,34	1,76	0,59	0,66	0,91	0,78	0,33	1,19	1,45	0,72
BP094	0,30	1,26	0,38	0,50	0,59	0,59	0,29	1,17	0,04	0,53
BP096	1,06	2,66	1,41	1,82	1,93	1,74	0,44	0,25	-0,72	1,68
BP098	4,09	230,00	8,57	13,30	37,30	34,71	49,09	2,76	7,78	18,26
BP099	1,76	7,10	2,55	3,20	4,19	3,64	1,44	0,95	0,14	3,38

Tabela IV.2. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Clorofila a ($\mu\text{g/L}$).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,01	10,68	1,43	2,54	3,52	2,71	2,13	2,00	5,61	1,47
BP024	0,01	16,02	0,74	1,49	2,33	2,22	3,14	3,48	12,62	0,70
BP026	0,01	7,12	0,77	2,07	2,63	2,14	1,85	0,95	0,37	0,65
BP027	0,01	7,56	1,01	2,76	4,54	2,95	2,20	0,39	-0,95	1,45
BP029	0,01	6,68	1,50	1,82	3,87	2,73	1,92	0,58	-0,71	1,45
BP032	0,01	8,01	0,01	0,82	1,42	1,16	1,63	3,06	10,29	0,25
BP036	0,01	10,52	2,23	4,24	5,28	3,84	2,53	0,45	0,28	1,61
BP066	0,01	6,10	0,78	1,21	1,65	1,52	1,28	2,14	4,86	1,00
BP068	0,01	16,46	2,03	2,82	5,41	3,79	3,46	2,09	5,49	1,48
BP069	0,01	22,70	1,46	2,45	7,48	4,74	4,99	1,92	4,33	1,96
BP070	0,01	15,20	2,20	3,36	5,25	4,57	3,74	1,23	0,97	2,21
BP071	0,82	195,80	9,14	13,80	27,52	30,49	43,02	2,61	6,72	13,85
BP072	0,01	18,69	1,34	3,17	6,59	4,65	4,85	1,60	2,13	1,35
BP073	0,01	723,33	14,19	35,85	80,61	75,19	144,32	3,90	14,71	21,99
BP074	0,01	16,02	1,87	4,90	6,41	5,10	4,19	0,93	0,34	1,94
BP076	0,01	37,38	0,01	4,35	6,79	5,55	7,46	3,14	10,95	0,80
BP078	0,01	231,67	3,72	7,19	23,14	25,34	48,62	3,35	11,22	4,37
BP079	0,01	14,24	0,01	1,54	2,35	2,38	3,39	2,34	4,94	0,40
BP080	0,53	50,94	2,85	4,89	7,87	8,48	11,41	2,71	6,57	4,88
BP082	0,01	165,12	1,87	3,48	7,65	13,14	33,27	4,02	15,24	3,41
BP083	0,01	116,15	2,62	3,97	7,16	10,67	22,90	4,05	15,77	2,00
BP084	0,01	10,77	1,72	3,85	5,53	4,14	2,90	0,73	-0,27	2,58
BP086	0,53	153,34	4,10	8,46	16,08	21,57	36,14	2,61	6,00	8,26
BP088	0,01	33,11	1,87	6,25	13,44	9,51	9,14	1,05	0,04	4,40
BP090	0,01	30,26	2,23	4,00	7,51	6,28	7,25	1,93	3,36	1,39
BP092	0,01	2,97	0,80	1,15	1,60	1,14	0,65	0,39	0,82	0,70
BP094	0,01	7,30	0,80	1,42	2,67	2,13	1,90	1,38	0,96	1,26
BP096	0,01	32,04	1,87	2,51	4,63	5,01	6,94	2,83	7,80	2,38
BP098	0,01	39,07	0,56	1,26	1,97	3,40	7,96	3,93	14,60	0,65
BP099	0,01	308,96	2,82	5,70	19,30	24,65	62,08	4,15	16,13	5,71

Tabela IV.3. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Coliformes termotolerantes (NMP/100mL).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	23	160000	8000	17000	50000	39945	49676	1,66	1,41	14764
BP024	23	160000	15250	30000	90000	49384	50519	1,17	0,14	19670
BP026	1400	160000	4950	13000	24000	22474	32345	3,31	11,30	11676
BP027	110	160000	5000	9500	16250	28184	46034	2,17	3,30	8819
BP029	60	50000	1200	5000	20500	12248	14789	1,39	0,99	3850
BP032	60	30000	700	1300	6000	5171	7848	1,97	2,96	1655
BP036	50	50000	490	2300	3875	4873	10014	3,82	14,24	1385
BP066	130	50000	2650	8000	24000	13150	13236	1,12	0,45	5820
BP068	1300	30000	3900	7900	8000	7896	6402	1,83	3,77	5810
BP069	50	160000	20750	70000	160000	75800	61259	0,32	-1,49	32954
BP070	120	35000	3000	7950	14000	10859	9464	0,99	0,07	6378
BP071	1400	160000	8000	126000	160000	89854	72515	-0,14	-1,88	38746
BP072	280	160000	1625	6500	23500	26874	45217	2,16	3,47	7231
BP073	2200	160000	160000	160000	160000	142300	47492	-2,38	3,85	108030
BP074	1400	160000	16250	50000	90000	60558	52216	0,86	-0,48	35115
BP076	79	50000	688	1700	3350	5625	11190	3,00	8,28	1648
BP078	30	90000	133	315	1850	4618	17835	4,56	18,89	456
BP079	30	160000	650	1700	5000	12129	32800	3,88	14,33	1851
BP080	170	160000	13500	35000	125000	66664	61082	0,61	-1,27	31152
BP082	2	17000	403	1400	5500	3806	5116	1,58	1,26	1061
BP083	23	24000	268	1100	2475	2866	5102	3,05	9,48	795
BP084	70	160000	4575	13000	35000	34765	46944	1,66	1,56	11749
BP086	1300	160000	32250	52000	109000	75346	56190	0,40	-1,18	44440
BP088	2	50000	23	23	155	3305	10912	3,60	11,96	68
BP090	60	160000	595	1800	8000	18261	43613	2,82	6,31	2142
BP092	23	13000	130	225	1375	1493	3022	2,89	7,50	396
BP094	23	17000	50	170	479	1318	3546	3,79	13,69	215
BP096	70	160000	9475	30000	90500	54505	55962	0,88	-0,61	15979
BP098	90	90000	650	1500	10250	11334	20945	2,47	5,90	2195
BP099	2	28000	105	800	3650	3717	6498	2,59	6,31	618

Tabela IV.4. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm}$).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	34,8	52,6	40,3	41,5	45,2	42,9	4,4	0,79	0,04	42,7
BP024	16,1	44,9	30,1	33,3	35,3	32,5	5,8	-0,60	1,15	31,9
BP026	31,0	47,2	35,4	36,6	39,9	37,5	4,1	0,45	-0,26	37,3
BP027	49,2	119,0	60,2	71,0	86,9	73,5	17,2	0,63	-0,09	71,6
BP029	45,8	106,0	56,2	63,6	77,7	67,5	14,1	0,79	0,20	66,1
BP032	21,8	37,9	27,4	28,9	31,7	29,4	3,9	0,27	-0,27	29,1
BP036	45,1	86,0	53,5	59,6	68,5	61,0	10,9	0,40	-0,65	60,1
BP066	35,8	60,2	41,1	44,2	47,8	45,6	6,0	0,92	0,13	45,3
BP068	41,6	84,8	50,4	55,2	66,7	58,5	10,6	0,46	-0,37	57,5
BP069	36,3	293,0	135,0	194,5	238,0	178,8	67,3	-0,55	-0,55	160,2
BP070	48,8	113,0	57,9	64,0	79,5	68,5	15,7	1,06	0,77	66,9
BP071	93,7	604,0	367,8	401,5	468,3	390,6	122,7	-0,87	0,40	362,1
BP072	55,9	135,0	64,1	74,0	95,4	79,3	19,1	0,90	0,66	77,2
BP073	180,0	655,0	425,5	474,0	543,5	451,4	117,7	-0,77	-0,04	431,9
BP074	40,2	123,0	69,2	75,2	83,7	77,7	17,7	0,89	1,64	75,8
BP076	56,0	166,0	112,0	123,5	132,5	120,0	23,7	-1,08	1,63	117,0
BP078	55,8	112,0	72,4	76,8	91,3	81,2	14,8	0,38	-0,71	79,8
BP079	31,0	54,6	39,9	42,8	45,9	43,1	5,5	0,21	-0,12	42,7
BP080	77,2	240,0	113,8	138,5	185,5	148,7	46,8	0,22	-1,00	141,2
BP082	39,4	117,0	58,6	70,7	93,6	75,3	19,4	0,13	-0,86	72,7
BP083	56,4	119,0	72,4	75,4	91,8	81,1	14,5	0,51	-0,06	79,8
BP084	68,2	202,0	99,1	115,5	140,3	120,7	35,2	0,68	-0,16	115,8
BP086	149,0	345,0	196,8	226,5	262,0	231,9	47,8	0,55	-0,27	227,1
BP088	110,0	182,0	135,5	143,5	156,5	145,6	16,7	0,19	-0,17	144,6
BP090	50,7	112,0	78,7	87,1	96,3	86,8	16,0	-0,42	-0,31	85,2
BP092	22,4	32,2	25,5	27,4	28,6	27,3	2,5	0,18	-0,50	27,2
BP094	20,2	31,3	21,1	22,2	24,7	23,0	2,8	1,37	1,50	22,9
BP096	38,1	54,1	40,3	44,0	48,2	44,5	4,7	0,23	-1,16	44,2
BP098	119,0	1483,0	187,8	273,0	561,5	407,4	329,5	1,64	2,37	312,6
BP099	50,1	105,0	62,7	72,8	86,1	74,7	15,3	0,30	-1,05	73,1

Tabela IV.5. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Cor verdadeira (mg Pl/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	10	65	18	27	49	33	18	0,35	-1,31	27
BP024	10	427	18	47	105	82	101	2,21	4,38	45
BP026	10	676	16	33	108	92	139	3,15	10,29	46
BP027	10	503	16	31	110	91	117	2,11	4,24	45
BP029	10	429	16	37	107	90	114	2,02	3,21	46
BP032	5	906	17	47	98	127	206	2,55	6,19	49
BP036	10	766	16	27	84	103	171	2,79	7,37	44
BP066	10	428	14	26	68	75	110	2,32	4,22	37
BP068	10	466	13	28	65	76	122	2,57	5,26	36
BP069	10	938	22	26	42	70	182	4,52	18,64	32
BP070	10	628	17	29	82	85	137	2,85	7,90	40
BP071	10	1536	27	40	124	134	300	4,23	16,87	57
BP072	10	818	23	43	114	109	172	3,07	9,40	53
BP073	10	936	27	51	83	98	181	4,14	16,36	53
BP074	7	1704	20	43	177	176	345	3,61	13,08	59
BP076	10	1244	20	27	330	209	291	2,00	4,15	69
BP078	10	481	17	31	89	86	127	2,30	4,15	40
BP079	10	267	20	42	94	70	70	1,42	0,96	43
BP080	10	456	16	25	152	109	140	1,31	0,21	46
BP082	6	1086	18	32	122	118	225	3,38	11,41	44
BP083	7	1052	16	32	107	113	216	3,48	12,03	43
BP084	10	315	21	28	112	78	78	1,49	1,64	48
BP086	15	514	18	34	48	61	100	3,88	14,50	37
BP088	5	411	10	12	22	46	102	3,00	7,21	17
BP090	8	938	21	50	144	128	201	2,93	8,51	57
BP092	5	70	10	11	17	18	16	2,27	4,28	14
BP094	5	63	10	11	16	17	14	2,60	5,54	13
BP096	10	100	11	22	60	36	28	0,75	-0,73	26
BP098	10	728	24	44	83	113	181	2,35	4,23	50
BP099	6	842	15	26	68	99	186	3,02	8,63	36

Tabela IV.6. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O₂).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0			2,0
BP024	2,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	2,34	3,59	2,1
BP026	2,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	3,88	14,03	2,0
BP027	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	2,27	4,49	2,1
BP029	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	3,03	7,23	2,1
BP032	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0			2,0
BP036	2,0	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	4,59	19,04	2,0
BP066	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0			2,0
BP068	2,0	2,6	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	4,48	18,05	2,0
BP069	2,0	22,0	3,1	4,6	6,4	6,3	5,3	1,93	2,84	4,8
BP070	2,0	3,1	2,0	2,0	2,0	2,1	0,3	3,03	7,20	2,1
BP071	3,3	40,0	4,1	9,1	22,5	14,4	11,6	0,76	-0,81	10,1
BP072	2,0	3,5	2,0	2,0	2,0	2,2	0,4	2,46	4,75	2,1
BP073	4,0	138,1	18,8	28,5	40,8	36,1	28,4	2,04	4,49	27,9
BP074	2,0	6,0	2,0	2,0	2,4	2,4	0,9	2,94	8,60	2,3
BP076	2,0	3,5	2,0	2,0	2,0	2,1	0,4	2,62	5,36	2,1
BP078	2,0	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	4,59	19,04	2,0
BP079	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	4,59	19,04	2,0
BP080	2,0	6,2	3,0	3,5	4,4	3,7	1,1	0,57	-0,29	3,5
BP082	2,0	3,2	2,0	2,0	2,0	2,1	0,2	4,59	19,04	2,0
BP083	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0			2,0
BP084	2,0	11,0	2,4	3,2	5,1	4,3	2,7	1,22	0,10	3,7
BP086	2,0	86,0	3,1	4,3	6,6	8,7	16,5	4,27	17,11	5,0
BP088	2,0	4,1	2,0	2,0	2,0	2,2	0,6	2,52	5,00	2,2
BP090	2,0	2,6	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	4,59	19,04	2,0
BP092	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0			2,0
BP094	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0			2,0
BP096	2,0	3,9	2,0	2,1	2,8	2,4	0,6	1,07	-0,04	2,4
BP098	2,0	12,0	2,0	4,0	5,0	4,3	2,4	1,48	2,56	3,7
BP099	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	4,48	18,05	2,0

Tabela IV.7. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Demanda Química de Oxigênio (mg/L O₂).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	5,0	22,0	5,0	7,4	10,6	9,4	5,5	1,27	0,30	8,2
BP024	5,0	27,0	8,1	10,4	17,3	13,0	6,7	0,69	-0,79	11,3
BP026	5,0	32,0	6,7	7,6	13,8	11,2	7,2	1,61	1,99	9,5
BP027	5,0	36,0	7,6	9,6	14,0	12,3	7,6	1,83	2,93	10,7
BP029	5,0	28,0	6,8	12,0	17,0	12,8	6,9	0,61	-0,57	11,0
BP032	5,0	27,0	5,0	11,0	17,5	12,1	6,8	0,62	-0,81	10,3
BP036	5,0	52,0	5,9	11,5	16,5	13,9	10,6	2,08	4,83	11,1
BP066	5,0	24,0	5,0	9,2	13,0	10,4	5,7	0,92	0,03	9,1
BP068	5,0	28,0	5,1	9,3	16,0	11,3	6,7	1,02	0,09	9,6
BP069	9,1	58,0	16,5	25,0	39,0	28,8	14,1	0,53	-0,89	25,4
BP070	5,0	34,0	5,7	10,5	16,8	12,2	7,3	1,17	1,25	10,4
BP071	29,0	123,0	35,8	49,5	60,8	54,4	23,9	1,20	1,01	50,0
BP072	5,0	47,0	7,3	10,5	18,0	15,0	11,0	1,41	1,20	11,9
BP073	31,0	273,0	78,0	107,5	137,5	118,3	62,7	1,06	0,30	103,6
BP074	5,0	42,0	9,1	12,5	19,8	15,2	9,2	1,13	1,02	12,7
BP076	5,0	43,0	8,4	10,5	15,5	14,6	10,8	1,50	0,97	11,8
BP078	5,0	35,0	6,6	11,0	16,8	13,5	8,4	1,12	0,36	11,3
BP079	5,0	26,0	5,9	7,6	16,3	11,2	6,7	0,93	-0,40	9,5
BP080	5,0	36,0	12,3	15,5	21,8	16,9	6,9	0,81	0,60	15,4
BP082	5,0	28,0	5,7	8,9	16,3	11,1	6,5	1,02	0,01	9,5
BP083	5,0	41,0	8,2	13,0	22,5	15,7	9,9	0,96	0,24	12,8
BP084	5,0	35,0	13,3	15,0	26,3	18,8	8,1	0,36	-1,01	16,9
BP086	9,6	168,0	17,0	23,5	30,0	30,8	31,5	3,72	13,46	24,5
BP088	10,0	64,0	14,3	18,0	26,8	22,6	12,6	1,82	3,11	20,1
BP090	5,0	43,0	5,2	8,3	18,3	12,5	9,7	1,58	1,99	9,8
BP092	5,0	20,0	5,0	5,0	8,3	7,2	4,1	2,11	3,39	6,4
BP094	5,0	18,0	5,0	5,0	8,1	6,9	3,5	1,92	2,87	6,3
BP096	5,0	22,0	8,3	10,0	14,5	11,7	4,7	0,63	-0,58	10,8
BP098	5,0	48,0	9,9	14,0	21,5	17,7	11,5	1,31	0,96	14,6
BP099	5,0	25,0	7,4	12,0	14,0	12,0	5,7	0,60	-0,49	10,6

Tabela IV.8. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Ferro dissolvido (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,080	1,110	0,179	0,252	0,371	0,302	0,207	2,43	7,01	0,255
BP024	0,090	1,810	0,152	0,195	0,318	0,318	0,358	3,19	9,97	0,234
BP026	0,090	0,860	0,169	0,225	0,293	0,286	0,191	1,68	2,01	0,240
BP027	0,080	1,160	0,130	0,186	0,299	0,273	0,255	2,45	5,30	0,208
BP029	0,060	0,600	0,158	0,231	0,300	0,245	0,125	0,99	0,80	0,214
BP032	0,080	0,830	0,178	0,225	0,359	0,301	0,191	1,22	0,83	0,249
BP036	0,090	0,500	0,159	0,233	0,312	0,246	0,114	0,76	-0,17	0,221
BP066	0,110	1,150	0,176	0,248	0,322	0,308	0,237	2,42	5,43	0,254
BP068	0,049	0,870	0,139	0,190	0,246	0,218	0,162	2,79	8,74	0,181
BP069	0,050	0,430	0,137	0,219	0,266	0,211	0,101	0,47	-0,43	0,185
BP070	0,070	1,570	0,150	0,204	0,284	0,273	0,286	3,83	14,65	0,212
BP071	0,047	0,750	0,129	0,201	0,320	0,257	0,178	1,37	1,24	0,206
BP072	0,109	0,615	0,181	0,238	0,331	0,272	0,124	0,94	0,35	0,247
BP073	0,060	0,755	0,108	0,195	0,302	0,241	0,168	1,35	1,56	0,191
BP074	0,050	1,460	0,177	0,236	0,451	0,346	0,300	2,19	5,30	0,260
BP076	0,040	1,140	0,078	0,117	0,205	0,197	0,227	3,01	9,49	0,135
BP078	0,040	0,528	0,074	0,120	0,201	0,156	0,113	1,68	2,73	0,125
BP079	0,110	0,940	0,182	0,267	0,313	0,304	0,182	1,89	3,91	0,264
BP080	0,070	0,610	0,137	0,193	0,256	0,212	0,113	1,70	4,02	0,187
BP082	0,080	0,511	0,150	0,188	0,245	0,216	0,109	1,46	1,42	0,194
BP083	0,063	0,278	0,088	0,130	0,196	0,138	0,058	0,70	-0,62	0,127
BP084	0,100	0,964	0,183	0,295	0,469	0,356	0,209	1,04	0,82	0,301
BP086	0,030	0,763	0,159	0,256	0,357	0,272	0,158	1,11	1,64	0,225
BP088	0,030	0,260	0,036	0,097	0,149	0,106	0,070	0,57	-0,65	0,082
BP090	0,080	1,330	0,138	0,215	0,380	0,322	0,286	2,08	4,14	0,243
BP092	0,030	0,180	0,047	0,071	0,092	0,074	0,034	1,10	1,60	0,067
BP094	0,031	0,320	0,072	0,088	0,116	0,106	0,059	2,18	5,02	0,094
BP096	0,050	0,790	0,086	0,136	0,335	0,230	0,184	1,33	1,40	0,171
BP098	0,040	1,140	0,087	0,111	0,184	0,205	0,245	2,79	7,13	0,141
BP099	0,030	0,443	0,068	0,098	0,170	0,140	0,113	1,36	0,92	0,104

Tabela IV.9. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Fósforo total (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,02	0,08	0,02	0,04	0,04	0,04	0,02	0,93	0,71	0,03
BP024	0,02	0,09	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	1,26	0,77	0,04
BP026	0,01	0,20	0,02	0,03	0,06	0,05	0,05	1,53	1,00	0,04
BP027	0,02	0,15	0,05	0,06	0,09	0,07	0,03	0,77	-0,11	0,06
BP029	0,01	0,14	0,03	0,06	0,10	0,07	0,04	0,45	-1,00	0,05
BP032	0,01	0,17	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	2,80	7,67	0,03
BP036	0,01	0,12	0,03	0,05	0,07	0,05	0,03	0,61	-0,33	0,05
BP066	0,01	0,12	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	2,14	4,32	0,03
BP068	0,01	0,12	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03	1,27	0,33	0,04
BP069	0,10	2,24	0,30	0,47	0,96	0,70	0,58	1,25	0,61	0,49
BP070	0,02	0,29	0,04	0,05	0,07	0,07	0,06	2,44	6,27	0,06
BP071	0,02	3,06	0,56	0,93	1,11	0,98	0,66	1,37	2,05	0,73
BP072	0,01	0,27	0,08	0,10	0,14	0,11	0,06	0,73	0,66	0,09
BP073	0,13	5,94	0,65	1,07	1,48	1,27	1,15	2,70	8,62	0,89
BP074	0,02	0,30	0,05	0,08	0,09	0,09	0,07	1,63	2,03	0,07
BP076	0,01	0,12	0,03	0,05	0,07	0,05	0,03	0,54	-0,67	0,05
BP078	0,01	0,35	0,05	0,07	0,10	0,11	0,10	1,61	1,25	0,07
BP079	0,01	0,16	0,02	0,03	0,05	0,04	0,03	2,19	5,39	0,03
BP080	0,06	0,40	0,10	0,15	0,19	0,16	0,08	1,44	2,08	0,14
BP082	0,02	0,30	0,03	0,08	0,11	0,10	0,07	1,43	1,18	0,07
BP083	0,02	0,22	0,07	0,07	0,11	0,09	0,05	1,30	1,13	0,08
BP084	0,06	0,60	0,10	0,15	0,23	0,20	0,15	1,36	0,76	0,16
BP086	0,05	2,29	0,09	0,13	0,18	0,22	0,43	4,48	18,41	0,14
BP088	0,01	0,28	0,03	0,06	0,06	0,07	0,07	2,34	4,67	0,05
BP090	0,02	0,13	0,05	0,06	0,10	0,07	0,03	0,53	-0,98	0,06
BP092	0,01	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	1,00	0,85	0,02
BP094	0,01	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	1,14	0,29	0,02
BP096	0,02	0,13	0,02	0,05	0,08	0,06	0,03	0,45	-0,88	0,05
BP098	0,06	0,96	0,13	0,19	0,33	0,29	0,25	1,38	0,70	0,21
BP099	0,01	0,30	0,02	0,02	0,04	0,05	0,07	2,73	6,80	0,03

Tabela IV.10. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Manganês total (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,056	0,188	0,076	0,092	0,111	0,099	0,030	1,24	1,58	0,095
BP024	0,063	0,502	0,081	0,102	0,130	0,135	0,101	2,42	5,42	0,114
BP026	0,055	0,581	0,068	0,097	0,173	0,148	0,125	2,08	4,05	0,115
BP027	0,021	1,555	0,270	0,337	0,480	0,441	0,332	2,16	4,34	0,345
BP029	0,113	1,875	0,183	0,290	0,422	0,402	0,372	2,65	7,47	0,309
BP032	0,021	0,155	0,046	0,052	0,082	0,064	0,035	1,25	0,74	0,056
BP036	0,093	1,037	0,173	0,233	0,361	0,330	0,242	1,50	1,34	0,265
BP066	0,054	0,259	0,082	0,105	0,133	0,114	0,049	1,52	2,17	0,105
BP068	0,081	1,521	0,144	0,184	0,288	0,299	0,313	2,77	7,59	0,219
BP069	0,030	0,313	0,092	0,132	0,185	0,147	0,074	0,59	-0,45	0,127
BP070	0,073	0,849	0,130	0,192	0,314	0,277	0,224	1,40	0,74	0,210
BP071	0,074	0,430	0,175	0,202	0,241	0,215	0,079	1,05	1,22	0,201
BP072	0,066	1,195	0,092	0,126	0,224	0,291	0,346	1,65	1,17	0,175
BP073	0,120	0,439	0,192	0,213	0,239	0,221	0,059	1,88	5,19	0,214
BP074	0,039	0,111	0,052	0,063	0,075	0,067	0,019	0,90	-0,09	0,064
BP076	0,028	0,903	0,067	0,079	0,087	0,115	0,168	4,27	17,10	0,082
BP078	0,022	1,299	0,071	0,118	0,295	0,278	0,326	1,77	2,21	0,156
BP079	0,086	0,713	0,122	0,157	0,248	0,196	0,127	2,80	8,75	0,171
BP080	0,440	2,752	0,681	0,990	1,268	1,043	0,482	1,72	4,01	0,953
BP082	0,043	1,139	0,067	0,099	0,171	0,183	0,242	2,99	8,28	0,120
BP083	0,038	0,882	0,084	0,131	0,233	0,212	0,223	2,15	3,63	0,146
BP084	0,447	2,455	1,335	1,579	1,958	1,585	0,511	-0,40	-0,19	1,478
BP086	0,111	1,052	0,259	0,313	0,390	0,366	0,201	1,99	4,02	0,326
BP088	0,023	1,097	0,157	0,256	0,375	0,341	0,274	1,34	0,96	0,244
BP090	0,040	0,744	0,067	0,076	0,096	0,114	0,138	4,02	15,40	0,088
BP092	0,008	0,046	0,018	0,025	0,030	0,025	0,009	0,27	-0,37	0,023
BP094	0,013	0,059	0,021	0,026	0,036	0,028	0,010	1,05	0,88	0,027
BP096	0,039	0,223	0,069	0,088	0,116	0,099	0,046	1,14	0,69	0,090
BP098	0,065	0,762	0,122	0,146	0,183	0,209	0,176	2,05	3,01	0,166
BP099	0,014	0,716	0,025	0,042	0,058	0,116	0,193	2,23	3,32	0,052

Tabela IV.11. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Nitrato (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,01	2,98	0,10	0,14	0,43	0,36	0,60	3,54	12,66	0,17
BP024	0,02	1,91	0,06	0,13	0,32	0,27	0,39	3,18	10,61	0,14
BP026	0,06	0,79	0,12	0,21	0,40	0,27	0,20	1,03	0,06	0,21
BP027	0,04	1,24	0,25	0,59	0,77	0,53	0,32	0,27	-0,92	0,41
BP029	0,10	1,07	0,31	0,66	0,82	0,56	0,30	-0,07	-1,42	0,46
BP032	0,01	0,68	0,09	0,16	0,32	0,23	0,20	1,02	-0,37	0,15
BP036	0,10	1,51	0,27	0,59	0,78	0,59	0,37	0,58	-0,16	0,46
BP066	0,01	1,12	0,18	0,45	0,90	0,53	0,37	0,17	-1,49	0,34
BP068	0,05	1,21	0,21	0,49	0,76	0,51	0,32	0,25	-0,84	0,38
BP069	0,03	0,88	0,07	0,14	0,21	0,20	0,22	2,03	3,19	0,13
BP070	0,03	1,32	0,21	0,56	0,83	0,56	0,37	0,30	-0,92	0,40
BP071	0,01	8,61	0,08	0,39	1,62	1,51	2,32	1,72	1,84	0,36
BP072	0,06	1,40	0,35	0,58	0,77	0,58	0,34	0,54	-0,22	0,46
BP073	0,03	1,60	0,14	0,36	0,65	0,46	0,43	1,27	0,87	0,27
BP074	0,02	2,72	0,08	0,14	0,38	0,31	0,53	3,89	14,89	0,15
BP076	0,03	1,61	0,17	0,23	0,38	0,36	0,36	2,07	4,09	0,24
BP078	0,04	3,06	0,41	0,58	1,01	0,87	0,71	1,45	1,61	0,62
BP079	0,01	1,00	0,08	0,21	0,32	0,27	0,26	1,55	1,75	0,15
BP080	0,14	2,59	0,32	0,91	1,41	0,98	0,67	0,76	0,11	0,73
BP082	0,03	1,96	0,17	0,56	1,30	0,78	0,65	0,48	-1,26	0,46
BP083	0,08	2,71	0,32	0,66	0,99	0,80	0,63	1,40	1,53	0,59
BP084	0,01	2,12	0,08	0,20	0,38	0,35	0,47	2,46	6,01	0,17
BP086	0,14	3,24	0,40	1,23	2,20	1,41	1,06	0,28	-1,35	0,90
BP088	0,02	1,03	0,16	0,28	0,50	0,38	0,30	1,00	-0,22	0,27
BP090	0,03	4,61	0,20	0,53	1,11	0,86	1,01	2,25	5,43	0,45
BP092	0,02	0,56	0,10	0,21	0,29	0,23	0,16	0,74	-0,44	0,17
BP094	0,01	0,58	0,08	0,14	0,28	0,20	0,16	1,03	0,06	0,14
BP096	0,04	2,39	0,12	0,27	0,45	0,39	0,48	3,14	10,33	0,24
BP098	0,05	9,40	0,62	0,97	2,66	2,00	2,18	1,84	3,22	1,08
BP099	0,03	2,48	0,26	0,44	0,66	0,59	0,54	2,06	4,19	0,41

Tabela IV.12. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Nitrogênio amoniacal total (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,10	0,31	0,10	0,15	0,20	0,16	0,06	0,80	-0,29	0,15
BP024	0,10	0,28	0,10	0,12	0,18	0,15	0,06	1,05	-0,33	0,14
BP026	0,10	0,23	0,10	0,10	0,10	0,11	0,03	2,54	5,40	0,11
BP027	0,10	0,93	0,10	0,17	0,30	0,25	0,21	1,84	2,94	0,19
BP029	0,10	0,33	0,10	0,10	0,16	0,13	0,06	1,97	3,53	0,12
BP032	0,10	0,23	0,10	0,10	0,10	0,12	0,03	2,30	4,14	0,11
BP036	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,11	0,02	3,46	11,63	0,11
BP066	0,10	0,50	0,10	0,12	0,19	0,17	0,10	2,11	4,13	0,15
BP068	0,10	0,22	0,10	0,10	0,11	0,12	0,03	1,86	2,38	0,11
BP069	0,10	1,70	0,21	0,62	0,94	0,62	0,43	0,54	-0,39	0,45
BP070	0,10	0,59	0,10	0,13	0,20	0,18	0,12	2,11	3,92	0,16
BP071	1,29	21,40	7,13	10,00	15,20	10,77	5,95	0,02	-1,00	8,42
BP072	0,10	0,90	0,26	0,46	0,63	0,47	0,22	0,18	-1,07	0,41
BP073	1,88	21,20	7,82	11,70	16,00	11,31	5,42	-0,14	-1,10	9,56
BP074	0,10	0,87	0,10	0,18	0,30	0,22	0,16	2,55	7,40	0,18
BP076	0,10	0,43	0,10	0,10	0,18	0,16	0,11	1,64	1,07	0,14
BP078	0,10	0,25	0,10	0,10	0,13	0,12	0,04	2,05	3,69	0,12
BP079	0,10	0,23	0,10	0,10	0,10	0,11	0,03	3,28	10,63	0,11
BP080	0,10	2,71	0,33	0,82	1,28	0,89	0,64	0,85	0,52	0,63
BP082	0,10	0,38	0,10	0,12	0,20	0,16	0,07	1,31	1,21	0,14
BP083	0,10	0,30	0,10	0,10	0,12	0,12	0,05	2,52	5,66	0,12
BP084	0,11	6,06	1,04	1,77	3,17	2,28	1,72	0,82	-0,51	1,57
BP086	0,16	4,95	0,46	0,68	1,08	0,97	0,98	2,78	8,45	0,69
BP088	0,10	0,86	0,19	0,41	0,49	0,36	0,21	0,45	-0,44	0,30
BP090	0,10	0,32	0,10	0,11	0,22	0,16	0,07	0,87	-0,77	0,14
BP092	0,10	0,18	0,10	0,10	0,10	0,10	0,02	4,59	19,04	0,10
BP094	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	2,41	4,01	0,10
BP096	0,10	0,47	0,10	0,15	0,28	0,20	0,12	0,93	-0,40	0,17
BP098	0,10	13,60	0,18	0,58	3,20	2,39	3,54	1,94	2,87	0,72
BP099	0,10	0,23	0,10	0,10	0,15	0,13	0,04	1,35	0,43	0,12

Tabela IV.13. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Nitrogênio orgânico (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	0,10	0,69	0,20	0,32	0,46	0,34	0,17	0,41	-0,84	0,30
BP024	0,10	1,46	0,17	0,22	0,42	0,35	0,32	2,05	3,90	0,26
BP026	0,10	0,74	0,19	0,24	0,33	0,31	0,19	1,20	0,21	0,26
BP027	0,10	0,84	0,23	0,42	0,59	0,44	0,24	0,23	-1,10	0,36
BP029	0,10	0,78	0,34	0,43	0,54	0,44	0,19	0,13	-0,48	0,39
BP032	0,10	0,80	0,17	0,26	0,32	0,28	0,16	1,45	2,40	0,24
BP036	0,10	1,00	0,27	0,38	0,58	0,41	0,22	0,71	0,15	0,34
BP066	0,10	0,73	0,23	0,37	0,47	0,36	0,17	0,21	-0,70	0,31
BP068	0,10	0,75	0,21	0,31	0,51	0,36	0,18	0,49	-0,91	0,31
BP069	0,26	3,12	0,55	0,73	1,06	0,96	0,70	1,80	2,55	0,78
BP070	0,10	0,89	0,30	0,40	0,53	0,42	0,20	0,55	-0,09	0,36
BP071	0,54	3,63	1,00	1,51	1,75	1,61	0,81	1,04	0,12	1,44
BP072	0,13	1,28	0,32	0,47	0,58	0,47	0,25	1,30	2,46	0,41
BP073	0,10	11,00	1,16	2,05	2,96	2,51	2,28	2,21	5,54	1,65
BP074	0,10	0,70	0,22	0,40	0,52	0,38	0,18	-0,17	-1,14	0,32
BP076	0,10	1,10	0,30	0,41	0,63	0,48	0,26	0,71	-0,31	0,41
BP078	0,10	1,22	0,34	0,52	0,73	0,55	0,29	0,55	-0,41	0,47
BP079	0,10	0,89	0,23	0,31	0,51	0,37	0,20	0,87	0,23	0,31
BP080	0,10	1,12	0,50	0,57	0,75	0,58	0,26	-0,26	-0,37	0,49
BP082	0,15	0,90	0,28	0,47	0,65	0,49	0,25	0,24	-1,20	0,41
BP083	0,30	1,10	0,40	0,52	0,63	0,55	0,20	1,07	0,83	0,52
BP084	0,10	1,39	0,33	0,57	0,70	0,56	0,30	0,57	0,50	0,46
BP086	0,10	3,55	0,54	0,93	1,05	0,94	0,65	2,60	8,44	0,77
BP088	0,10	2,25	0,39	0,51	0,82	0,63	0,44	1,97	5,09	0,50
BP090	0,10	1,03	0,25	0,51	0,67	0,48	0,25	0,19	-0,86	0,40
BP092	0,10	1,00	0,10	0,17	0,33	0,25	0,22	1,90	3,21	0,19
BP094	0,10	0,47	0,10	0,17	0,32	0,21	0,12	0,73	-0,91	0,18
BP096	0,10	1,01	0,15	0,29	0,40	0,33	0,21	1,41	2,25	0,27
BP098	0,15	1,64	0,47	0,59	0,90	0,70	0,35	0,74	0,18	0,61
BP099	0,10	0,89	0,26	0,39	0,60	0,41	0,21	0,31	-0,70	0,35

Tabela IV.14. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Oxigênio dissolvido (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	6,2	7,9	6,5	6,9	7,3	6,9	0,4	0,32	-0,85	6,9
BP024	6,7	8,7	7,2	7,6	8,0	7,6	0,6	0,18	-1,08	7,6
BP026	6,5	8,5	7,0	7,3	8,0	7,5	0,6	0,14	-1,27	7,4
BP027	6,3	8,3	6,7	7,0	7,2	7,0	0,5	0,79	0,42	7,0
BP029	6,5	8,8	7,3	7,7	8,1	7,6	0,6	-0,06	-0,81	7,6
BP032	6,5	8,6	6,9	7,4	8,0	7,5	0,6	0,30	-1,04	7,4
BP036	6,8	8,7	7,2	7,7	8,2	7,7	0,6	0,00	-1,23	7,7
BP066	6,2	8,1	6,8	7,1	7,4	7,1	0,5	0,19	-0,81	7,1
BP068	6,5	8,6	7,2	7,6	7,9	7,6	0,6	-0,13	-0,90	7,5
P069	0,8	7,3	1,5	3,4	5,3	3,4	2,0	0,22	-1,25	2,7
BP070	6,0	8,2	6,7	7,1	7,7	7,2	0,6	0,14	-1,15	7,1
BP071	0,2	6,2	0,7	1,8	2,8	2,2	1,7	0,96	0,33	1,5
BP072	3,7	8,8	7,1	7,5	8,0	7,4	1,1	-1,53	3,76	7,3
BP073	0,5	5,7	1,3	1,9	2,7	2,2	1,3	1,09	0,69	1,9
BP074	6,5	8,3	7,1	7,4	7,8	7,4	0,5	0,00	-0,88	7,4
BP076	5,6	8,0	6,4	6,8	7,1	6,8	0,7	0,07	-0,76	6,7
BP078	5,9	9,5	6,6	7,1	7,7	7,2	0,9	0,58	-0,28	7,1
BP079	6,1	8,5	6,9	7,5	8,1	7,5	0,7	-0,25	-0,94	7,5
BP080	4,7	7,4	5,4	5,8	6,2	5,8	0,7	0,64	0,04	5,8
BP082	4,9	9,2	6,5	6,9	7,5	6,9	0,8	0,20	1,12	6,8
BP083	5,3	8,4	6,7	7,2	7,5	7,1	0,7	-0,43	-0,17	7,1
BP084	0,9	5,1	2,1	3,0	3,7	3,0	1,1	0,33	-0,66	2,7
BP086	3,8	7,4	5,3	5,6	6,2	5,6	0,9	-0,35	-0,05	5,5
BP088	5,9	8,1	6,6	7,0	7,6	7,0	0,6	0,08	-1,09	7,0
BP090	5,7	8,4	6,7	7,1	7,6	7,1	0,7	-0,01	-0,40	7,1
BP092	6,9	8,5	7,4	7,7	8,0	7,7	0,5	0,10	-0,88	7,7
BP094	7,1	9,4	7,6	7,9	8,6	8,1	0,6	0,44	-0,67	8,0
BP096	5,8	8,0	6,8	7,0	7,5	7,1	0,5	-0,32	-0,36	7,1
BP098	2,3	7,9	3,8	4,5	5,4	4,6	1,2	0,57	0,46	4,4
BP099	5,6	8,4	6,9	7,4	7,6	7,3	0,7	-0,84	0,73	7,2

Tabela IV.15. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro pH.

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	5,8	6,8	5,9	6,3	6,4	6,3	0,3	0,19	-1,16	6,2
BP024	5,8	7,1	6,1	6,4	6,6	6,4	0,4	0,46	-0,66	6,4
BP026	6,0	7,2	6,2	6,6	6,9	6,6	0,4	0,03	-1,44	6,6
BP027	5,9	7,3	6,3	6,6	6,9	6,6	0,4	0,10	-1,19	6,6
BP029	6,1	7,4	6,5	6,7	7,1	6,8	0,4	0,28	-1,06	6,8
BP032	5,7	7,2	6,1	6,5	6,7	6,4	0,4	0,28	-1,02	6,4
BP036	6,2	7,4	6,5	6,8	7,0	6,8	0,4	-0,11	-1,25	6,8
BP066	5,9	7,2	6,1	6,6	6,8	6,5	0,4	-0,05	-1,25	6,5
BP068	6,1	7,4	6,4	6,9	7,2	6,8	0,4	-0,31	-1,33	6,8
BP069	6,5	7,6	6,8	7,0	7,3	7,0	0,3	-0,02	-1,17	7,0
BP070	6,1	7,4	6,4	6,9	7,2	6,8	0,4	-0,11	-1,44	6,8
BP071	6,5	7,4	6,7	6,9	7,2	7,0	0,3	0,11	-1,32	6,9
BP072	6,1	7,5	6,4	6,8	7,1	6,8	0,4	0,00	-1,11	6,8
BP073	6,7	8,5	6,8	7,1	7,3	7,1	0,4	1,75	4,32	7,1
BP074	6,2	8,5	6,8	7,3	7,7	7,3	0,6	-0,05	-0,57	7,3
BP076	6,4	7,7	6,6	7,1	7,4	7,1	0,4	-0,15	-1,24	7,1
BP078	6,4	8,2	6,6	7,2	7,4	7,1	0,5	0,15	-1,00	7,1
BP079	6,0	7,3	6,3	6,5	6,8	6,5	0,4	0,60	-0,82	6,5
BP080	6,2	7,5	6,4	6,7	6,8	6,7	0,3	0,48	-0,40	6,7
BP082	6,0	7,4	6,5	6,9	7,1	6,8	0,4	-0,35	-1,11	6,8
BP083	6,2	7,6	6,5	7,1	7,4	7,0	0,5	-0,39	-1,33	6,9
BP084	6,0	7,0	6,3	6,5	6,7	6,5	0,3	0,14	-0,85	6,5
BP086	6,1	7,4	6,6	7,0	7,2	6,9	0,3	-0,49	-0,84	6,9
BP088	6,1	7,7	6,5	6,8	7,2	6,8	0,5	0,28	-1,13	6,8
BP090	6,2	7,7	6,5	6,7	7,0	6,8	0,4	0,60	-0,49	6,8
BP092	5,8	7,4	6,0	6,3	6,8	6,4	0,5	0,43	-0,83	6,4
BP094	5,7	7,1	6,1	6,4	6,8	6,4	0,4	0,18	-1,21	6,4
BP096	5,9	7,7	6,3	6,7	6,8	6,6	0,5	0,30	-0,45	6,6
BP098	6,2	7,6	6,6	7,0	7,1	6,9	0,4	-0,31	-0,66	6,9
BP099	6,2	8,1	6,7	7,1	7,3	7,0	0,4	0,28	0,00	7,0

Tabela IV.16. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Sólidos suspensos totais (mg/L)

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	1	61	8	12	15	14	12	2,33	6,09	10
BP024	6	785	24	36	81	97	164	3,16	10,04	44
BP026	9	583	18	37	104	99	147	2,07	3,30	44
BP027	3	732	29	46	82	120	194	2,49	4,92	53
BP029	4	499	29	51	101	107	133	1,73	1,71	56
BP032	14	319	25	31	72	63	71	2,27	4,85	41
BP036	17	491	42	63	110	122	141	1,67	1,33	73
BP066	1	296	4	10	27	38	73	2,73	6,16	11
BP068	3	435	26	44	74	87	111	1,98	2,83	45
BP069	5	292	12	22	36	38	57	3,61	13,04	23
BP070	3	487	20	43	78	98	133	1,97	2,73	45
BP071	4	2239	29	40	47	185	506	3,32	9,64	44
BP072	1	1432	11	33	69	144	310	3,20	9,90	33
BP073	8	782	63	83	123	159	188	2,01	3,17	96
BP074	5	254	26	36	50	57	59	2,03	3,27	38
BP076	13	630	47	81	114	112	122	3,20	10,54	80
BP078	2	498	29	45	81	100	130	2,02	2,98	51
BP079	2	313	16	45	74	72	86	1,68	1,72	35
BP080	3	861	26	45	73	100	176	3,47	11,83	47
BP082	3	691	16	33	67	81	141	3,43	11,75	34
BP083	21	482	45	54	90	85	93	3,29	11,02	64
BP084	4	82	10	19	44	29	22	0,89	-0,37	21
BP086	2	492	12	21	44	54	98	3,69	13,50	25
BP088	1	322	13	25	41	40	61	4,02	15,74	22
BP090	5	465	19	40	74	72	100	2,82	7,71	40
BP092	1	38	2	6	10	8	9	2,04	3,83	5
BP094	1	24	3	6	10	7	6	1,31	1,14	5
BP096	1	65	4	8	15	11	13	3,15	10,82	7
BP098	1	187	14	31	43	39	41	2,41	5,51	24
BP099	2	405	6	9	22	51	102	2,45	4,74	14

Tabela IV.17. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Sólidos totais (mg/L).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	44	103	51	55	60	59	14	2,02	3,49	58
BP024	43	848	51	72	120	136	170	3,15	10,06	92
BP026	36	652	57	77	151	141	153	2,09	3,49	96
BP027	58	801	89	99	145	178	196	2,50	4,99	129
BP029	53	562	85	103	155	162	137	1,72	1,65	126
BP032	39	395	57	70	121	107	82	2,07	4,05	88
BP036	49	594	83	107	186	175	149	1,70	1,60	135
BP066	28	361	44	49	64	78	79	2,72	6,23	61
BP068	43	495	78	91	119	137	114	2,03	3,00	109
BP069	61	417	117	155	174	153	66	2,39	7,81	142
BP070	49	546	81	96	152	154	135	1,95	2,70	119
BP071	166	2474	234	246	256	389	503	3,39	10,28	287
BP072	53	1554	73	89	150	213	322	3,19	9,91	126
BP073	208	947	297	323	388	383	174	1,85	2,92	355
BP074	79	437	97	126	161	150	79	2,26	5,14	136
BP076	103	705	148	185	232	223	126	2,48	6,51	200
BP078	66	642	98	112	169	173	145	2,22	3,96	139
BP079	42	362	54	80	126	115	91	1,60	1,48	90
BP080	74	944	126	141	165	193	172	3,51	12,20	161
BP082	50	777	78	107	131	149	147	3,28	11,02	116
BP083	63	704	108	124	158	159	122	3,69	13,65	138
BP084	75	156	87	106	119	105	23	0,46	-0,73	103
BP086	105	652	155	183	203	201	103	3,50	12,77	186
BP088	67	417	100	119	137	129	64	3,78	14,51	121
BP090	76	541	101	130	177	173	115	2,04	3,36	149
BP092	26	64	29	32	41	35	10	1,41	1,29	34
BP094	24	47	26	29	31	30	6	1,44	0,97	30
BP096	33	110	45	50	59	53	15	2,13	5,88	51
BP098	96	937	168	215	337	285	188	1,84	3,53	240
BP099	55	481	70	80	90	121	119	2,37	4,05	93

Tabela IV.18. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Temperatura da água (°C).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	18,6	27,0	20,1	21,6	22,3	21,6	2,0	1,19	1,39	21,5
BP024	17,0	29,9	20,1	23,4	24,8	23,2	3,2	0,09	-0,55	22,9
BP026	17,5	27,5	20,5	22,6	23,8	22,4	2,7	0,03	-0,53	22,2
BP027	18,0	28,5	21,2	23,2	24,2	22,9	2,6	0,01	-0,38	22,8
BP029	19,5	33,0	22,1	25,4	26,4	25,0	3,4	0,55	-0,13	24,7
BP032	18,8	29,2	21,1	24,0	24,8	23,4	2,7	0,06	-0,54	23,2
BP036	19,7	27,4	22,1	24,3	25,9	24,0	2,4	-0,15	-1,14	23,8
BP066	19,8	27,9	21,3	24,4	25,4	23,7	2,4	-0,14	-1,16	23,6
BP068	17,8	30,2	22,4	24,6	26,7	24,5	2,9	-0,20	-0,38	24,3
BP069	20,2	35,2	22,8	25,7	28,3	25,9	3,6	0,48	0,02	25,6
BP070	20,0	30,6	22,4	24,9	26,6	25,0	3,0	0,08	-0,91	24,8
BP071	20,4	29,9	22,9	25,0	26,8	24,9	2,7	0,06	-1,03	24,7
BP072	18,8	30,5	22,9	24,8	27,4	25,0	3,3	-0,27	-0,92	24,8
BP073	19,9	30,7	22,7	24,5	26,4	24,4	2,6	0,08	-0,21	24,3
BP074	20,6	32,3	23,8	26,4	30,0	26,6	3,6	-0,08	-1,12	26,4
BP076	18,0	30,5	22,5	25,4	27,9	25,2	3,2	-0,41	-0,69	25,0
BP078	21,4	31,0	24,3	26,8	29,1	26,7	3,0	-0,33	-1,05	26,5
BP079	18,3	31,2	20,9	23,6	24,6	23,4	3,4	0,62	-0,03	23,2
BP080	19,1	30,7	22,3	24,4	25,2	24,1	2,8	0,30	-0,03	24,0
BP082	20,4	30,5	23,9	25,3	26,7	25,1	2,6	-0,15	-0,53	25,0
BP083	20,5	30,9	22,7	25,8	27,9	25,4	2,9	-0,01	-1,13	25,3
BP084	19,1	30,6	20,6	23,6	24,9	23,3	2,9	0,46	-0,21	23,1
BP086	19,3	29,4	21,9	24,6	27,0	24,6	2,8	-0,04	-1,15	24,4
BP088	21,0	27,5	23,2	24,5	25,3	24,3	1,8	-0,01	-0,71	24,3
BP090	18,7	30,6	22,0	24,3	27,0	24,3	3,3	0,00	-1,02	24,0
BP092	17,2	24,4	19,4	21,8	22,5	21,1	1,9	-0,50	-0,76	21,0
BP094	17,0	23,1	19,0	21,3	22,3	20,8	1,8	-0,65	-0,91	20,7
BP096	20,9	30,6	22,6	25,1	26,6	24,9	2,8	0,22	-0,91	24,7
BP098	18,3	29,2	21,4	24,3	25,7	23,8	2,8	-0,25	-0,72	23,7
BP099	19,7	29,2	23,1	25,1	26,8	25,0	2,5	-0,29	-0,84	24,9

Tabela IV.19. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro Turbidez (UNT).

Estação	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50 Mediana	Percentil 75	Média	Desvio- padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose	Média geométrica
BP022	4,2	33,0	7,7	10,3	12,4	11,0	5,6	2,37	7,28	9,9
BP024	11,5	245,0	19,2	35,8	60,8	61,8	68,3	1,82	2,01	39,3
BP026	10,2	602,0	19,3	37,4	61,8	84,3	132,0	2,80	7,57	41,3
BP027	10,5	738,0	21,7	35,3	67,4	95,9	162,9	2,93	7,97	45,5
BP029	12,1	496,0	25,2	46,3	64,5	92,6	120,4	2,17	3,85	52,1
BP032	8,3	403,0	17,3	28,4	62,4	71,9	95,4	2,17	4,01	39,3
BP036	12,1	609,0	25,0	44,4	105,1	112,1	155,9	2,13	3,46	56,5
BP066	5,5	352,0	7,8	14,2	28,8	46,0	85,5	2,76	6,32	19,0
BP068	11,5	427,0	23,1	35,8	89,0	86,2	112,6	2,11	3,14	48,4
BP069	6,9	438,0	13,2	15,9	21,5	36,7	84,4	4,46	18,29	19,3
BP070	7,5	490,0	18,6	37,6	73,0	89,1	122,8	2,03	3,09	44,5
BP071	10,0	2512,0	18,8	27,0	37,0	169,0	519,1	3,93	14,46	35,2
BP072	5,7	1268,0	14,6	36,5	91,9	163,9	301,6	2,45	5,37	44,8
BP073	11,6	805,0	22,2	32,1	50,5	76,4	157,4	4,13	16,17	38,3
BP074	5,7	454,0	27,7	58,1	68,9	79,5	92,9	2,85	8,32	52,1
BP076	39,1	745,0	61,6	111,5	154,5	151,5	155,2	2,55	6,47	109,5
BP078	10,2	603,0	29,8	57,6	127,0	110,5	149,1	2,37	4,62	59,5
BP079	7,6	628,0	14,4	38,6	60,7	78,4	130,4	3,21	10,38	36,2
BP080	9,0	751,0	15,4	32,8	69,2	82,4	151,3	3,64	13,01	38,1
BP082	6,4	1010,0	14,5	38,9	59,3	97,4	201,0	3,90	14,75	40,1
BP083	15,1	775,0	34,7	55,8	96,7	100,7	150,0	3,77	14,09	62,2
BP084	11,7	93,2	13,9	17,5	36,7	29,3	23,9	1,65	1,57	23,0
BP086	6,3	390,0	12,0	16,6	49,8	44,4	76,4	3,83	14,48	23,5
BP088	5,3	276,0	7,8	13,2	22,6	30,9	55,5	3,62	12,93	15,7
BP090	18,7	483,0	32,7	58,0	92,2	95,8	107,1	2,24	4,78	62,1
BP092	1,2	29,0	2,3	3,5	7,2	5,7	5,8	2,75	8,27	4,1
BP094	1,4	20,3	2,3	3,0	4,7	5,0	4,9	2,21	3,82	3,7
BP096	3,3	39,5	6,0	8,0	17,2	11,8	8,7	1,57	2,06	9,5
BP098	6,9	388,0	13,4	26,3	49,0	63,6	101,6	2,27	3,59	29,6
BP099	2,5	546,0	7,8	13,2	43,5	72,2	146,6	2,56	5,02	19,3

Tabela IV.20. *P*-valor do teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos parâmetros de qualidade da água nas estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, ao nível de significância de 5%.

Estação	Cl-	Clor-a	Col.term.	CE	Cor	DBO	DQO	Fediss	PT	Mn	N-NO3-	N-NH4+	Norg	OD	pH	SST	ST	TH2O	Turb.
BP022	0,004	0,001	< 0,0001	0,034	0,024	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,006	0,019	< 0,0001	0,006	0,325	0,419	0,034	< 0,0001	< 0,0001	0,011	< 0,0001
BP024	0,134	< 0,0001	0,000	0,384	< 0,0001	< 0,0001	0,026	< 0,0001	0,000	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,437	0,163	< 0,0001	< 0,0001	0,793	< 0,0001
BP026	0,065	0,021	< 0,0001	0,553	< 0,0001	< 0,0001	0,000	0,000	< 0,0001	< 0,0001	0,006	< 0,0001	0,001	0,118	0,037	< 0,0001	< 0,0001	0,662	< 0,0001
BP027	0,253	0,159	< 0,0001	0,169	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,074	< 0,0001	0,290	< 0,0001	0,118	0,159	0,227	< 0,0001	< 0,0001	0,866	< 0,0001
BP029	0,024	0,057	0,000	0,143	< 0,0001	< 0,0001	0,029	0,122	0,098	< 0,0001	0,065	< 0,0001	0,410	0,613	0,117	< 0,0001	< 0,0001	0,333	< 0,0001
BP032	0,125	< 0,0001	< 0,0001	0,575	< 0,0001	< 0,0001	0,014	0,006	< 0,0001	0,002	0,001	< 0,0001	0,003	0,282	0,257	< 0,0001	< 0,0001	0,640	< 0,0001
BP036	0,414	0,396	< 0,0001	0,435	< 0,0001	< 0,0001	0,000	0,093	0,233	0,000	0,166	< 0,0001	0,170	0,268	0,078	< 0,0001	< 0,0001	0,231	< 0,0001
BP066	< 0,0001	< 0,0001	0,003	0,035	< 0,0001	< 0,0001	0,003	< 0,0001	< 0,0001	0,002	0,027	< 0,0001	0,580	0,709	0,093	< 0,0001	< 0,0001	0,174	< 0,0001
BP068	0,707	0,000	0,000	0,328	< 0,0001	< 0,0001	0,005	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,384	< 0,0001	0,126	0,654	0,043	< 0,0001	< 0,0001	0,951	< 0,0001
BP069	0,614	0,000	0,001	0,113	< 0,0001	< 0,0001	0,116	0,342	0,002	0,330	< 0,0001	0,100	0,000	0,074	0,318	< 0,0001	< 0,0001	0,445	< 0,0001
BP070	0,011	0,011	0,009	0,036	< 0,0001	< 0,0001	0,008	< 0,0001	< 0,0001	0,000	0,190	< 0,0001	0,381	0,240	0,037	< 0,0001	< 0,0001	0,361	< 0,0001
BP071	0,363	< 0,0001	< 0,0001	0,035	< 0,0001	< 0,0001	0,012	0,002	0,013	0,017	< 0,0001	0,391	0,009	0,015	0,073	< 0,0001	< 0,0001	0,593	< 0,0001
BP072	0,055	0,000	< 0,0001	0,016	< 0,0001	< 0,0001	0,001	0,044	0,186	< 0,0001	0,432	0,410	0,023	0,004	0,420	< 0,0001	< 0,0001	0,349	< 0,0001
BP073	0,616	< 0,0001	< 0,0001	0,075	< 0,0001	< 0,0001	0,017	0,005	< 0,0001	0,001	0,002	0,261	0,000	0,024	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,538	< 0,0001
BP074	< 0,0001	0,032	0,002	0,019	< 0,0001	< 0,0001	0,024	< 0,0001	0,000	0,028	< 0,0001	< 0,0001	0,141	0,527	0,820	< 0,0001	< 0,0001	0,210	< 0,0001
BP076	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,019	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,192	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,148	0,846	0,132	< 0,0001	< 0,0001	0,525	< 0,0001
BP078	0,387	< 0,0001	< 0,0001	0,518	< 0,0001	< 0,0001	0,007	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,001	< 0,0001	0,396	0,275	0,105	< 0,0001	< 0,0001	0,149	< 0,0001
BP079	0,008	< 0,0001	< 0,0001	0,780	0,000	< 0,0001	0,001	0,000	< 0,0001	< 0,0001	0,001	< 0,0001	0,078	0,390	0,048	< 0,0001	< 0,0001	0,161	< 0,0001
BP080	0,209	< 0,0001	0,001	0,467	< 0,0001	< 0,0001	0,297	0,002	0,004	0,002	0,033	0,080	0,332	0,355	0,346	< 0,0001	< 0,0001	0,460	< 0,0001
BP082	0,311	< 0,0001	< 0,0001	0,562	< 0,0001	< 0,0001	0,003	0,001	0,000	< 0,0001	0,007	0,000	0,060	0,364	0,129	< 0,0001	< 0,0001	0,435	< 0,0001
BP083	0,079	< 0,0001	< 0,0001	0,273	< 0,0001	< 0,0001	0,021	0,025	0,001	< 0,0001	0,003	< 0,0001	0,036	0,873	0,012	< 0,0001	< 0,0001	0,443	< 0,0001
BP084	0,006	0,110	< 0,0001	0,223	0,000	< 0,0001	0,212	0,036	0,000	0,549	< 0,0001	0,015	0,336	0,449	0,387	0,005	0,173	0,189	< 0,0001
BP086	0,184	< 0,0001	0,005	0,590	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,058	< 0,0001	0,000	0,019	< 0,0001	< 0,0001	0,359	0,103	< 0,0001	< 0,0001	0,371	< 0,0001
BP088	0,120	0,004	< 0,0001	0,875	< 0,0001	< 0,0001	0,000	0,015	< 0,0001	0,002	0,003	0,034	0,001	0,550	0,192	< 0,0001	< 0,0001	0,806	< 0,0001
BP090	0,118	< 0,0001	< 0,0001	0,604	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,035	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,334	0,815	0,193	< 0,0001	< 0,0001	0,439	< 0,0001
BP092	0,030	0,160	< 0,0001	0,774	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,045	0,000	0,736	0,027	< 0,0001	< 0,0001	0,213	0,120	< 0,0001	0,001	0,139	< 0,0001
BP094	0,000	0,001	< 0,0001	0,003	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,000	0,051	0,008	< 0,0001	0,001	0,083	0,144	0,002	0,000	0,019	< 0,0001
BP096	0,473	< 0,0001	0,001	0,143	0,001	< 0,0001	0,133	0,001	0,015	0,018	< 0,0001	0,001	0,004	0,674	0,548	< 0,0001	0,000	0,372	0,000
BP098	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,197	0,713	0,176	< 0,0001	0,000	0,630	< 0,0001
BP099	0,032	< 0,0001	< 0,0001	0,308	< 0,0001	< 0,0001	0,114	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,474	0,125	0,802	< 0,0001	< 0,0001	0,611	< 0,0001

Valores em negrito - distribuição simétrica (> 0,05)

Tabela IV.21. Percentual de *outliers* de cada parâmetro de qualidade da água, em cada estação de monitoramento da bacia do rio das Velhas.

Estação	Cl-	Clor-a	Col. term.	CE	Cor	DBO	DQO	Fediss	PT	MgT	N-NO3-	N-NH4+	Norg	OD	pH	SST	ST	TH2O	Turb.
BP022	13	4	13	4	0	0	9	4	4	4	8	0	0	0	0	13	13	8	4
BP024	0	4	0	8	8	13	0	8	17	13	4	0	13	0	0	17	17	0	13
BP026	0	4	4	4	8	8	9	17	17	8	0	25	17	0	0	13	13	0	21
BP027	0	0	18	0	8	25	9	8	0	8	0	13	0	4	0	21	17	0	17
BP029	0	0	9	0	8	8	0	4	0	17	0	4	0	0	0	17	17	4	21
BP032	4	4	9	0	17	0	0	8	13	8	4	25	8	0	0	17	13	0	17
BP036	0	5	13	0	13	4	5	0	0	17	0	17	0	0	0	17	17	0	17
BP066	4	8	0	4	13	0	0	8	8	8	0	8	0	0	0	17	17	0	17
BP068	0	5	13	0	9	4	0	9	17	17	0	22	0	0	0	17	17	0	13
BP069	8	4	0	0	8	13	0	0	4	0	13	0	13	0	0	13	4	0	17
BP070	8	9	4	4	13	8	5	4	13	17	0	8	4	0	0	17	17	0	17
BP071	4	17	0	17	8	0	5	8	8	17	21	0	13	8	0	13	21	0	13
BP072	0	8	13	0	13	21	5	4	4	21	0	0	4	4	0	21	21	0	21
BP073	13	4	13	8	8	8	9	4	4	8	8	0	8	4	4	21	13	0	13
BP074	8	8	0	13	8	8	5	4	17	4	4	4	0	0	0	17	13	0	17
BP076	8	4	17	13	4	13	18	8	0	21	17	17	0	0	0	8	8	0	13
BP078	0	13	4	0	13	4	5	4	17	17	13	13	0	4	0	17	17	0	8
BP079	13	8	21	0	8	4	0	8	4	4	8	25	0	0	0	13	13	8	13
BP080	4	13	0	0	13	0	0	4	8	4	0	4	13	0	4	17	17	4	13
BP082	0	8	8	0	8	4	0	13	13	8	0	4	0	8	0	13	17	0	17
BP083	0	17	17	0	13	0	0	0	13	13	8	21	4	4	0	13	8	0	8
BP084	13	0	21	0	4	13	0	4	13	0	13	0	4	0	0	0	0	0	8
BP086	8	14	0	0	8	8	5	4	4	8	0	8	4	4	0	17	8	0	4
BP088	4	4	17	0	13	25	9	0	8	17	8	0	4	0	0	4	4	0	17
BP090	4	8	21	4	8	4	5	8	0	8	8	0	0	0	4	8	17	0	17
BP092	4	4	9	0	17	0	9	4	4	0	0	4	4	0	0	8	4	0	4
BP094	21	8	17	4	8	0	9	8	17	4	0	13	0	0	0	8	17	0	17
BP096	0	14	0	0	0	0	0	4	0	8	8	0	4	0	4	4	4	0	4
BP098	13	13	21	4	13	4	13	13	13	17	8	13	4	4	0	8	4	0	13
BP099	9	9	13	0	17	4	5	9	17	17	9	4	0	9	4	17	13	0	13

Tabela IV.22. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos oito grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise espacial dos dados de frequência de amostragem trimestral na bacia do rio Paraopeba.

Grupo 1						Grupo 2					
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	0,888	0,288	-0,408	-0,246	0,170	Cl-T	-0,240	0,918	-0,010	-0,083	0,552
Clor-a	-0,051	0,748	-0,081	-0,157	0,188	Clor-a	0,378	-0,313	0,033	0,528	-0,180
Coli.term.	0,557	-0,379	-0,641	-0,008	-0,022	Coli.term.	0,170	-0,125	0,918	-0,068	0,260
CE	0,926	0,207	-0,479	-0,482	-0,105	CE	-0,311	0,955	-0,091	-0,023	0,514
Cor	-0,418	-0,198	0,822	0,671	-0,322	Cor	0,838	-0,689	0,225	-0,352	-0,055
DBO	0,539	0,246	0,066	0,014	0,521	DBO	0,358	0,219	0,306	0,261	0,640
DQO	0,568	0,068	0,074	-0,156	0,685	DQO	0,730	-0,023	0,304	-0,086	0,493
Fediss	0,431	-0,524	-0,129	-0,072	0,272	Fediss	0,736	-0,010	0,267	-0,222	0,056
PT	0,298	-0,014	-0,049	-0,104	0,764	PT	0,017	0,665	-0,006	-0,119	0,801
MnT	0,387	0,587	0,053	-0,115	0,268	MnT	0,629	-0,419	0,254	0,166	0,050
N-NO3-	0,028	-0,260	-0,059	-0,573	-0,099	N-NO3-	-0,159	0,025	-0,480	-0,546	-0,265
N-NH4+	0,845	-0,167	-0,331	-0,441	-0,103	N-NH4+	-0,126	0,875	0,207	-0,127	0,516
Norg	0,093	-0,028	0,150	-0,092	0,914	Norg	0,758	-0,138	-0,019	0,068	-0,057
OD	-0,847	-0,391	0,477	0,389	-0,407	OD	0,230	-0,656	-0,079	-0,233	-0,631
pH	0,236	0,035	-0,006	-0,787	-0,002	pH	-0,368	0,182	-0,802	-0,150	-0,077
SST	-0,396	-0,101	0,948	0,316	0,155	SST	0,847	-0,821	0,243	-0,258	-0,231
ST	-0,223	-0,064	0,937	0,258	0,109	ST	0,869	-0,786	0,247	-0,277	-0,191
Temp.	-0,025	0,705	-0,031	0,320	-0,118	Temp.	0,012	-0,131	-0,302	0,752	-0,325
Turb.	-0,472	-0,197	0,945	0,531	-0,248	Turb.	0,838	-0,796	0,234	-0,327	-0,201
Variabilidade (%)	27,1	12,3	17,6	11,5	11,0	Variabilidade (%)	22,4	23,9	11,8	11,8	11,1
% acumulada	27,1	39,4	57,0	68,4	79,4	% acumulada	22,4	46,3	58,1	69,9	81,0

Grupo 3						Grupo 4					
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	0,059	0,887	0,134	0,311	-0,141	Cl-T	0,476	0,556	0,008	0,436	0,056
Clor-a	0,507	0,147	0,474	-0,458	0,017	Clor-a	0,066	-0,050	-0,013	0,767	0,207
Coli.term.	-0,275	0,045	0,767	0,121	-0,313	Coli.term.	-0,018	0,063	0,129	0,170	0,825
CE	0,426	0,741	0,052	0,350	0,516	CE	0,611	0,528	-0,081	0,245	0,137
Cor	-0,722	0,244	-0,067	0,096	0,280	Cor	0,125	-0,781	0,594	-0,008	0,049
DBO	0,407	0,416	0,044	0,507	0,596	DBO	0,782	-0,223	-0,157	-0,052	0,019
DQO	0,261	0,403	-0,102	0,121	0,873	DQO	0,658	-0,198	0,225	-0,509	-0,247
Fediss	0,201	0,178	-0,124	0,581	0,321	Fediss	0,481	0,024	-0,548	-0,258	-0,138
PT	0,320	0,463	0,221	0,630	0,670	PT	0,804	-0,052	-0,260	-0,262	0,008
MnT	0,246	0,145	-0,016	0,175	0,855	MnT	0,360	-0,450	-0,055	-0,444	0,467
N-NO3-	0,629	-0,148	0,040	0,196	-0,035	N-NO3-	-0,065	0,730	0,215	0,138	0,012
N-NH4+	0,549	0,267	-0,004	0,368	0,765	N-NH4+	0,694	0,018	-0,479	-0,274	-0,081
Norg	0,629	0,326	0,000	0,155	0,497	Norg	0,523	0,571	-0,061	-0,216	-0,094
OD	-0,444	-0,273	0,049	0,002	-0,633	OD	-0,301	0,277	0,701	0,315	-0,087
pH	0,542	0,248	-0,099	0,202	0,384	pH	0,148	0,309	0,277	-0,013	0,142
SST	-0,789	0,121	0,188	0,027	0,157	SST	0,181	-0,485	0,878	-0,357	0,117
ST	0,048	0,817	0,094	0,258	0,422	ST	0,260	-0,436	0,907	-0,309	0,128
Temp.	-0,277	-0,218	-0,145	-0,829	-0,006	Temp.	-0,607	-0,164	0,074	0,143	0,229
Turb.	-0,808	0,131	0,057	0,018	0,152	Turb.	0,193	-0,545	0,856	-0,331	0,139
Variabilidade (%)	27,8	21,9	7,4	8,8	15,2	Variabilidade (%)	23,2	16,1	20,5	7,9	6,6
% acumulada	27,8	49,7	57,1	66,0	81,1	% acumulada	23,2	39,3	59,8	67,7	74,3

Tabela IV.22. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos oito grupos formados pela Análise de Cluster, resultados da análise espacial dos dados de frequência de amostragem trimestral na bacia do rio Paraopeba (continuação).

Grupo 5						Grupo 6						
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Cl-T	-0,158	0,004	0,241	-0,094	0,893	Cl-T	0,681	-0,124	0,001	0,088	-0,584	-0,041
Clor-a	-0,049	-0,172	0,810	0,148	0,051	Clor-a	-0,112	-0,462	0,762	-0,183	-0,133	0,146
Coli.term.	0,369	-0,014	-0,107	-0,481	-0,204	Coli.term.	0,483	0,238	0,125	-0,387	0,272	-0,327
CE	0,037	-0,026	-0,095	0,019	0,837	CE	0,868	-0,052	-0,198	0,011	-0,303	0,171
Cor	-0,052	0,812	0,019	0,750	0,022	Cor	0,044	0,626	0,099	0,786	0,580	-0,229
DBO	0,943	-0,082	0,012	0,227	-0,198	DBO	0,588	0,325	-0,042	-0,375	0,290	-0,256
DQO	0,961	-0,098	0,059	0,120	-0,243	DQO	0,798	0,206	0,104	-0,352	-0,032	-0,001
Fediss	0,065	-0,376	-0,620	-0,156	-0,301	Fediss	0,473	0,237	-0,251	-0,015	-0,110	0,690
PT	0,940	-0,086	-0,011	0,169	-0,217	PT	0,803	-0,155	-0,143	-0,237	0,259	0,031
MnT	-0,086	0,932	0,080	0,275	-0,032	MnT	0,317	0,814	-0,400	0,173	0,180	-0,074
N-NO3-	0,085	-0,173	-0,776	-0,091	-0,115	N-NO3-	0,028	-0,027	-0,836	-0,023	-0,104	0,411
N-NH4+	0,927	0,093	-0,184	0,301	-0,150	N-NH4+	0,800	-0,177	-0,231	-0,093	0,060	0,155
Norg	0,938	-0,070	-0,066	0,140	-0,069	Norg	0,560	0,295	0,100	-0,377	0,035	0,030
OD	0,058	-0,515	0,352	0,443	-0,163	OD	-0,808	-0,219	0,167	0,274	0,367	-0,192
pH	0,067	-0,187	-0,441	0,400	-0,027	pH	-0,096	-0,136	-0,181	-0,293	0,007	0,830
SST	0,100	0,886	0,035	0,641	-0,017	SST	-0,018	0,569	0,147	0,675	0,728	-0,235
ST	0,091	0,857	0,035	0,657	0,199	ST	0,515	0,521	0,098	0,653	0,426	-0,132
Temp.	0,151	0,326	0,199	0,106	-0,573	Temp.	-0,583	0,094	0,209	0,097	0,404	-0,191
Turb.	0,088	0,875	-0,029	0,679	-0,045	Turb.	0,027	0,666	0,117	0,754	0,575	-0,228
Variabilidade (%)	23,2	18,6	15,3	9,8	13,6	Variabilidade (%)	36,0	11,0	9,9	9,2	9,2	7,6
% acumulada	23,2	41,8	57,1	66,9	80,5	% acumulada	36,0	47,0	56,9	66,1	75,2	82,9

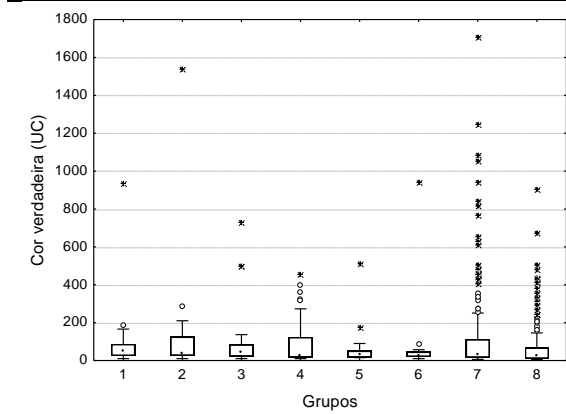
Grupo 7						Grupo 8					
Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	-0,179	0,832	0,039	0,026	0,109	Cl-T	-0,014	0,832	0,163	-0,249	0,178
Clor-a	-0,158	0,191	0,188	0,119	-0,330	Clor-a	0,107	0,491	-0,222	-0,386	0,085
Coli.term.	0,139	-0,226	-0,146	0,627	0,125	Coli.term.	0,077	0,067	-0,226	0,660	-0,150
CE	-0,262	0,730	0,182	0,141	-0,112	CE	-0,062	0,875	0,182	-0,258	0,214
Cor	0,676	-0,157	0,254	0,190	-0,007	Cor	0,588	-0,280	-0,286	-0,065	0,346
DBO	0,171	-0,040	0,163	0,690	-0,171	DBO	-0,121	0,470	-0,158	0,071	-0,002
DQO	0,704	0,107	0,072	0,187	0,047	DQO	0,580	0,358	-0,274	-0,165	0,001
Fediss	-0,073	-0,022	-0,101	0,171	0,625	Fediss	-0,019	-0,090	0,098	0,666	0,155
PT	0,481	0,313	0,027	0,064	0,328	PT	0,574	0,275	-0,251	0,053	-0,112
MnT	0,799	-0,162	-0,023	-0,155	0,174	MnT	0,675	0,278	0,039	-0,165	0,111
N-NO3-	-0,097	0,510	-0,292	-0,303	0,010	N-NO3-	-0,099	0,326	0,652	0,220	-0,192
N-NH4+	-0,050	0,330	-0,242	0,591	0,231	N-NH4+	-0,204	0,785	0,029	0,022	0,124
Norg	0,455	0,524	-0,213	0,270	-0,081	Norg	0,240	0,549	0,246	-0,052	-0,138
OD	-0,196	-0,129	-0,802	0,100	-0,327	OD	-0,078	-0,305	0,237	-0,105	-0,711
pH	-0,142	0,011	-0,313	0,079	-0,714	pH	0,028	0,158	0,705	-0,223	-0,008
SST	0,936	-0,072	-0,002	0,106	0,057	SST	0,942	-0,136	-0,136	-0,111	-0,035
ST	0,937	-0,021	0,022	0,157	0,032	ST	0,937	-0,030	-0,131	-0,156	0,010
Temp.	0,190	-0,176	0,633	-0,054	-0,069	Temp.	0,092	0,136	0,092	-0,069	0,766
Turb.	0,940	-0,038	0,043	0,121	0,066	Turb.	0,884	-0,197	-0,173	-0,046	0,069
Variabilidade (%)	22,3	14,3	10,1	8,3	8,0	Variabilidade (%)	21,1	18,9	8,7	7,8	10,1
% acumulada	22,3	36,6	46,8	55,1	63,1	% acumulada	21,1	40,0	48,7	56,5	66,6

Negrito - Correlações moderadas (valor absoluto entre 0,50 - 0,75)

Negrito e sublinhado - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

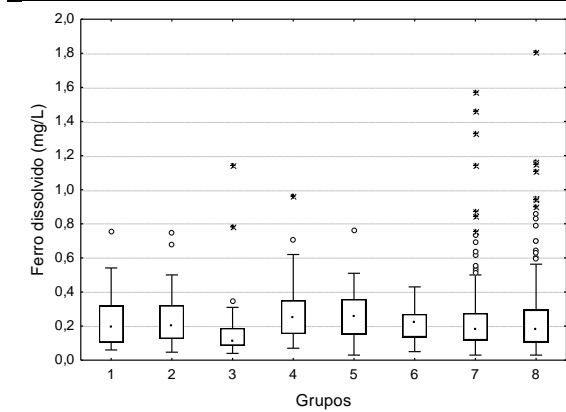
Tabela IV.23. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência trimestral da bacia do rio Paraopeba, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster.

Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas
Cor verdadeira (mg PI/L)



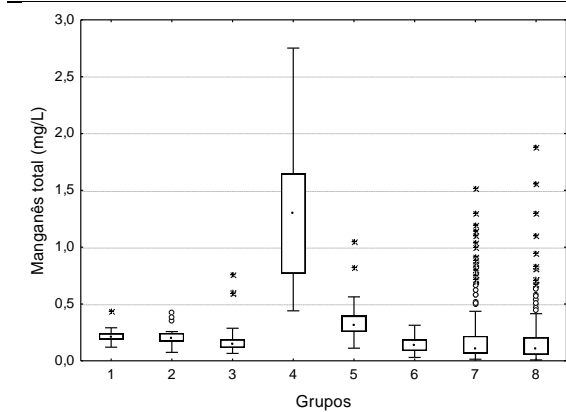
1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
█	=	=	=	=	=	=	=	1
=	█	=	=	=	=	=	=	2
=	=	█	=	=	=	=	=	3
=	=	=	█	=	=	=	=	4
=	=	=	=	█	=	=	=	5
=	=	=	=	=	█	=	=	6
=	=	=	=	=	=	█	↓	7
=	=	=	=	=	=	=	█	↑
=	=	=	=	=	=	=	█	8

Ferro dissolvido (mg/L)



1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
█	=	=	=	=	=	=	=	1
=	█	=	=	=	=	=	=	2
=	=	█	↑	=	=	=	=	3
=	=	=	↓	█	=	=	=	4
=	=	=	=	█	=	=	=	5
=	=	=	=	=	█	=	=	6
=	=	=	=	=	=	█	=	7
=	=	=	=	=	=	=	█	8

Manganês total (mg/L)



1	2	3	4	5	6	7	8	Grupos
█	=	=	↑	↑	↓	↓	↓	1
=	█	=	↑	↑	=	↓	↓	2
=	=	█	↑	↑	=	=	=	3
↓	↓	↓	█	↓	↓	↓	↓	4
↓	↓	↓	↑	█	↓	↓	↓	5
↑	↑	=	↑	↑	█	=	=	6
↑	↑	=	↑	↑	=	█	=	7
↑	↑	=	↑	↑	=	=	█	8

Tabela IV.23. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência trimestral da bacia do rio Paraopeba, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster.

Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas

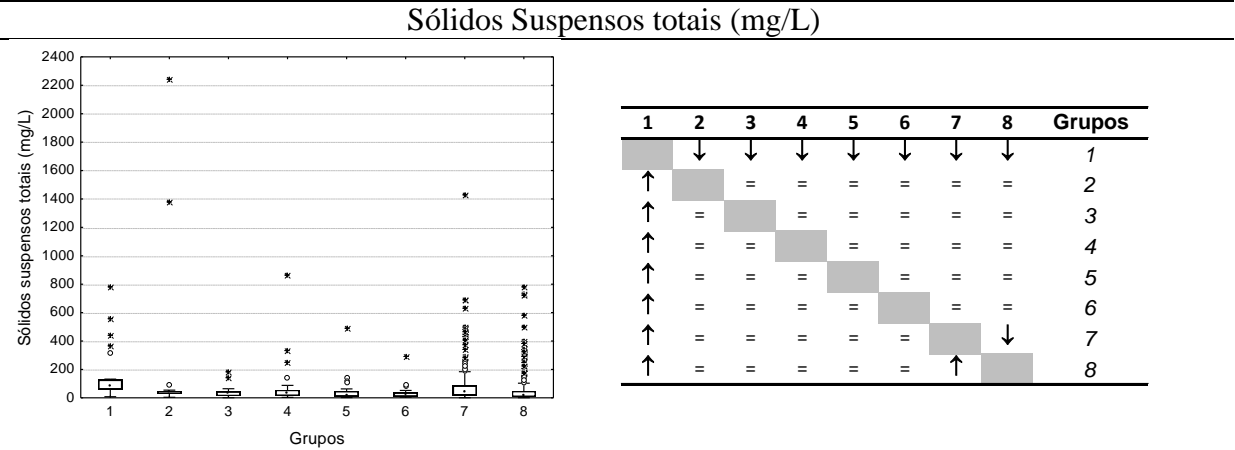
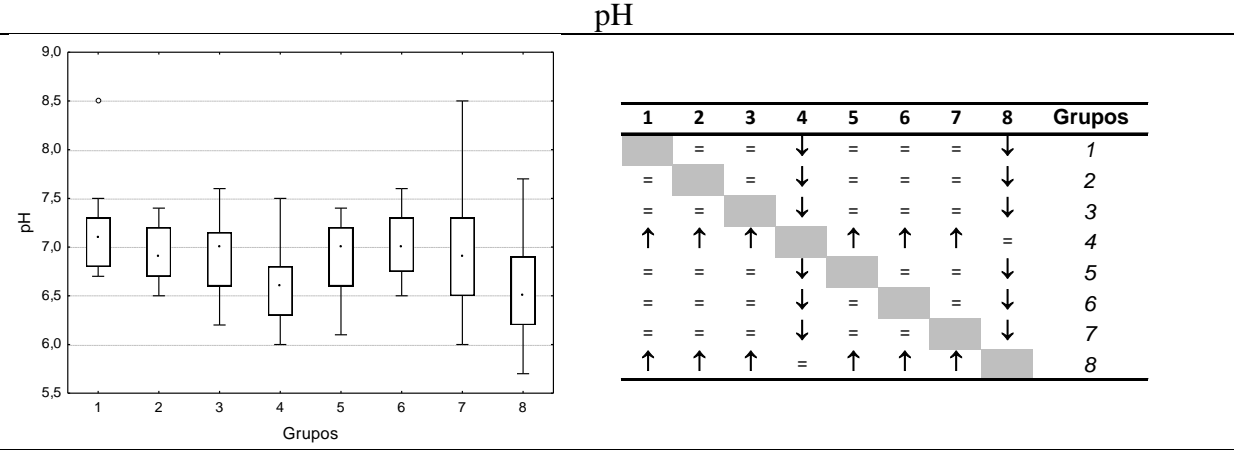
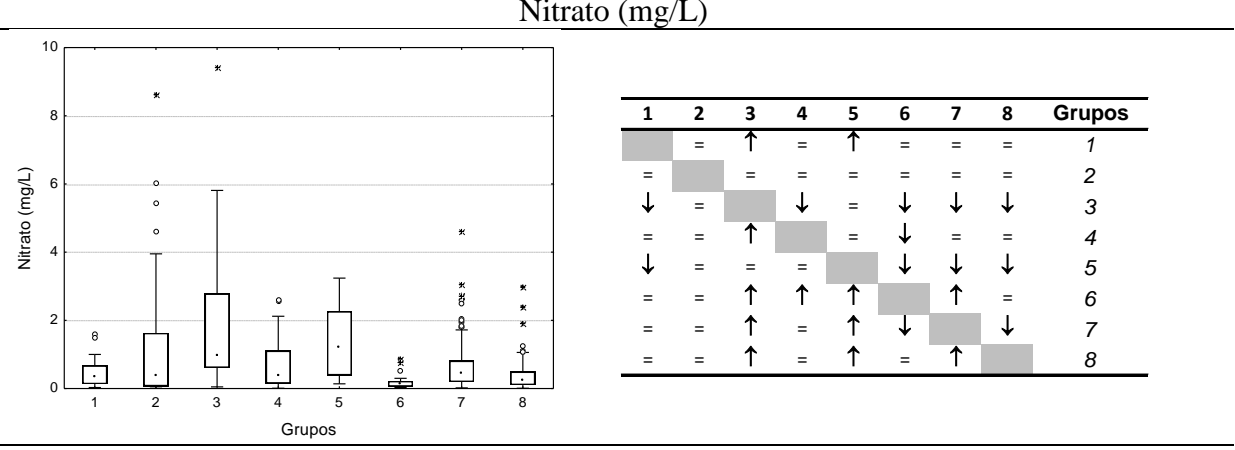
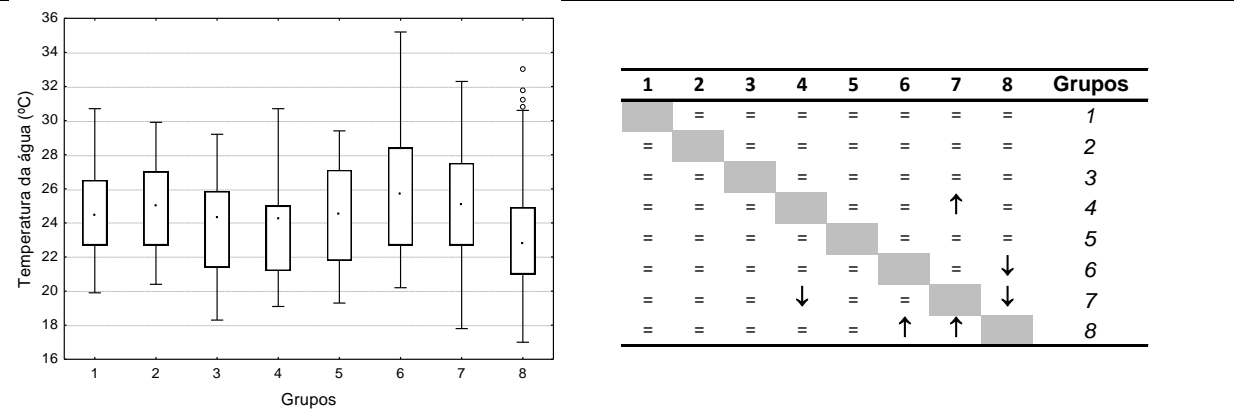
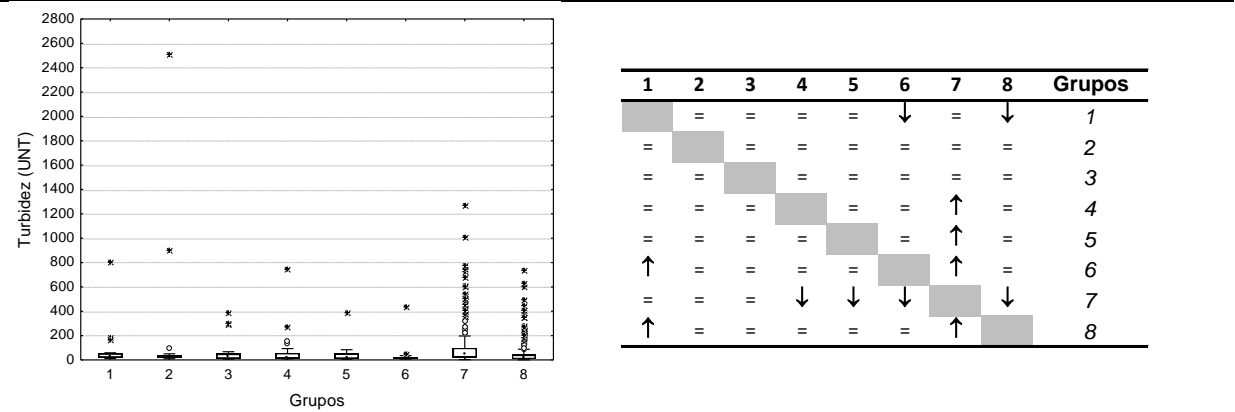


Tabela IV.23. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros de frequência trimestral da bacia do rio Paraopeba, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), considerando os agrupamentos formados pela Análise de Cluster.

Box-plot das concentrações dos parâmetros Resultados do teste de comparações múltiplas
 Temperatura da água (°C)



Turbidez (UNT)



75% Max □ Mediana
 25% Min ○ Outliers
 * Extremos

= Grupo em negrito (acima) não se difere significativamente do grupo em itálico (à direita)
 ↑ Grupo em negrito (acima) significativamente maior que o grupo em itálico (coluna à direita)
 ↓ Grupo em negrito (acima) significativamente menor que o grupo em itálico (coluna à direita)

Quadro IV.2. Limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008 para parâmetros monitorados em estações na bacia do rio Paraopeba

Parâmetro	Unidade	Classe				Especial
		1	2	3	4	
Alcalinidade de bicarbonato	-	-	-	-	-	-
Alcalinidade total	-	-	-	-	-	-
Alumínio dissolvido	mg/L Al	0,1	0,1	0,2	-	-
Alumínio total	-	-	-	-	-	-
AmôniaNI	-	-	-	-	-	-
Arsênio total	mg/L As	0,01	0,01	0,033	-	-
Bário total	mg/L Ba	0,7	0,7	1,0	-	-
Boro dissolvido	-	-	-	-	-	-
Boro total	mg/L B	0,5	0,5	0,75	-	-
Cádmio total	mg/L Cd	0,001	0,001	0,01	-	-
Cálcio total	-	-	-	-	-	-
Chumbo total	mg/L Pb	0,01	0,01	0,033	-	-
Cianeto livre	mg/L CN	0,005	0,005	0,022	-	-
Cianeto total	-	-	-	-	-	-
Cloreto total	mg/L Cl	250	250	250	-	-
Clorofila a	µg/L	10	30	60	-	-
Cobre dissolvido	mg/L Cu	0,009	0,009	0,013	-	-
Cobre total	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	org/100 mL	200	1000	4000	-	-
Coliformes totais	-	-	-	-	-	-
Condutividade elétrica in loco	-	-	-	-	-	-
Condutividade elétrica laboratório	-	-	-	-	-	-
Cor verdadeira	mgPt/L	nível natural	75	75	-	-
Cromo hexavalente	-	-	-	-	-	-
Cromo total	mg/L Cr	0,05	0,05	0,05	-	-
Cromo trivalente	-	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O ₂	3	5	10	-	-
Demanda Química de Oxigênio	-	-	-	-	-	-
Densidade de cianobactérias	cel/mL	20000	50000	100000	-	-
Dureza de cálcio	-	-	-	-	-	-
Dureza de magnésio	-	-	-	-	-	-
Dureza total	-	-	-	-	-	-
Estreptococos fecais	-	-	-	-	-	-
Fenóis totais	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,003	0,003	0,01	0,5	-
Fechoftina a	-	-	-	-	-	-
Ferro dissolvido	mg/L Fe	0,3	0,3	5,0	-	-
Fósforo total	mg/L P	0,1	0,1	0,15	-	-
Magnésio total	-	-	-	-	-	-
Manganês total	mg/L Mn	0,1	0,1	0,5	-	-
Merúrio total	mg/L Hg	0,0002	0,0002	0,002	-	-
Níquel total	mg/L Ni	0,025	0,025	0,025	-	-
Nitrato	mg/L N	10,0	10,0	10,0	-	-
Nitrito	mg/L N	1	1	1	-	-

-Não há limite preconizado pela legislação

Quadro IV.2. Limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008 para parâmetros monitorados em estações na bacia do rio Paraopeba (continuação)

Parâmetro	Unidade	Classe				
		1	2	3	4	Especial
Nitrogênio amoniacal total pH ≤7,5	mg/L N	3,7	3,7	13,3	-	-
Nitrogênio amoniacal total 7,5 < pH < 8,0	mg/L N	2	2	5,6	-	-
Nitrogênio amoniacal total 8,0 < pH < 8,5	mg/L N	1	1	2,2	-	-
Nitrogênio amoniacal total pH ≥ 8,5	mg/L N	0,5	0,5	1	-	-
Nitrogênio orgânico	-	-	-	-	-	-
Óleos e graxas	-	0	0	0	-	-
Oxigênio dissolvido	mg/L O ₂	6	5	4	2	-
pH in loco máximo	-	9	9	9	9	-
pH in loco mínimo	-	6	6	6	6	-
pH laboratório	-	-	-	-	-	-
Potássio dissolvido	-	-	-	-	-	-
Selênio total	mg/L Se	0,01	0,01	0,05	-	-
Sódio dissolvido	-	-	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	500	500	-	-
Sólidos em Suspensão Totais	mg/L	50	100	100	-	-
Sólidos totais	-	-	-	-	-	-
Substâncias Tensoativas	mg/L LAS	0,5	0,5	0,5	-	-
Sulfato total	mg/L SO ₄	250	250	250	-	-
Sulfeto	mg/L S	0,002	0,002	0,3	-	-
Temperatura da água	-	-	-	-	-	-
Temperatura do ar	-	-	-	-	-	-
Turbidez	UNT	40	100	100	-	-
Zinco total	mg/L Zn	0,18	0,18	5	-	-

-Não há limite preconizado pela legislação