

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

**IDENTIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA MAIS  
IMPACTADOS DAS BACIAS DOS RIOS  
PIRACICABA E PARAPEBA E CÁLCULO DO  
RISCO RELATIVO DE VIOLAÇÃO AOS  
LIMITES PRECONIZADOS PELA LEGISLAÇÃO  
AMBIENTAL**

**Ana Luiza Cunha Soares**

**Belo Horizonte**

**2017**

**IDENTIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA MAIS  
IMPACTADOS DAS BACIAS DOS RIOS  
PIRACICABA E PARAÓPEBA E CÁLCULO DO  
RISCO RELATIVO DE VIOLAÇÃO AOS  
LIMITES PRECONIZADOS PELA LEGISLAÇÃO  
AMBIENTAL**

**Ana Luiza Cunha Soares**

Ana Luiza Cunha Soares

**IDENTIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA MAIS  
IMPACTADOS DAS BACIAS DOS RIOS  
PIRACICABA E PARAÓPEBA E CÁLCULO DO  
RISCO RELATIVO DE VIOLAÇÃO AOS  
LIMITES PRECONIZADOS PELA LEGISLAÇÃO  
AMBIENTAL**

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

Área de concentração: Meio Ambiente

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

Orientador: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2017

S676i

Soares, Ana Luiza Cunha.

Identificação dos corpos d'água mais impactados das bacias dos rios Piracicaba e Paraopeba e cálculo do risco relativo de violação aos limites preconizados pela legislação ambiental [manuscrito] / Ana Luiza Cunha Soares. – 2017.

xii, 152 f., enc.: il.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

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

Anexos e apêndices: f. 95-152.

Bibliografia: f. 90-94.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Meio ambiente - Teses. 3. Análise multivariada - Teses. 4. Impacto ambiental - Legislação - Teses. 5. Piracicaba, Rio, Bacia (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

Identificação dos Corpos D'água mais Impactados das Bacias dos Rios Piracicaba e Paraopeba e Cálculo do Risco Relativo de Violação aos Limites preconizados pela legislação Ambiental

**ANA LUIZA CUNHA SOARES**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Profª SÍLVIA MARIA ALVES CORRÊA OLIVEIRA - Orientadora

Profª CAMILA COSTA DE AMORIM AMARAL

Profa LENORA NUNES LUDOLF GOMES

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Prof. Nilo de Oliveira Nascimento  
Coordenador

Profª. Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira  
Orientadora

Belo Horizonte, 17 de março de 2017.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me mostrar que tudo acontece no Seu tempo e por estar sempre caminhando comigo e me protegendo.

Aos meus pais e à minha irmã pelo amor e apoio em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ao Tiaguin por todo amor, companheirismo, incentivo e tranquilidade ao longo desses anos e por sempre acreditar em mim mais que eu mesma.

À minha família e meus amigos pelos momentos de descontração e apoio ao longo dessa caminhada.

À professora e orientadora Sílvia Oliveira, pelos ensinamentos, paciência, e principalmente, pela confiança na realização deste trabalho.

Aos meus colegas de mestrado e do grupo da Sílvia, em especial, às amigas que ganhei aqui, Carol, Eliz e Lívia que sempre me incentivaram e tornaram essa jornada muito mais leve e recompensadora.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH) por tudo que aprendi. Aos funcionários do SMARH por sempre atenderem prontamente minhas solicitações.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado avaliar esta dissertação e por todas as contribuições.

Ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) pela disponibilização dos dados de monitoramento.

À Capes pela disponibilização da bolsa para a realização deste projeto.

## RESUMO

Esta pesquisa utilizou técnicas estatísticas multivariadas para a avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba e do rio Paraopeba e a análise de risco relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008 a fim de comparar as duas bacias.

As Análises de Cluster e Fatorial, associadas a testes não paramétricos possibilitaram a identificação dos corpos d'água mais degradadas na bacia do rio Piracicaba e do rio Paraopeba. Os parâmetros manganês total, ferro dissolvido e indicador microbiológico foram considerados os mais relevantes para a caracterização da qualidade da água nas bacias. O rio do Peixe, localizado em Nova Era e o riacho das Pedras, localizado em Betim foram considerados os mais impactados na bacia do rio Piracicaba e do rio Paraopeba, respectivamente.

A análise das violações e a utilização do risco relativo confirmou os impactos que ambas as bacias sofrem em decorrência das atividades econômicas. Quando comparadas utilizando o risco relativo, a bacia do rio Paraopeba apresentou risco maior de violação para os parâmetros alumínio dissolvido, chumbo total, cor verdadeira, DBO, manganês total, sólidos em suspensão totais e turbidez enquanto a bacia do rio Piracicaba apresentou maior risco de violação para os parâmetros cobre dissolvido e indicador microbiológico.

Os lançamentos de esgoto doméstico e efluentes industriais, atividades minerárias e a poluição difusa por agricultura e áreas de pastagens foram responsáveis pela deterioração da qualidade das águas superficiais nestas bacias. Os resultados encontrados apontam a necessidade de investimentos em saneamento básico, melhoria na eficiência do tratamento dos efluentes industriais, manejo adequado do solo, preservação da vegetação marginal e ações de educação ambiental.

## ABSTRACT

This research used multivariate statistical techniques to evaluate the quality of the surface waters of the Piracicaba river basin and the Paraopeba river basin and a risk analysis related to the water bodies of the basins violate the legal limits recommended in the COPAM / CERH-MG 01/2008 in order to compare the two basins.

The Cluster and Factorial Analysis, associated to non - parametric tests, allowed the identification of the more degraded water bodies of the Piracicaba and Paraopeba River basins. The parameters microbiological indicator, total manganese and dissolved iron are the most relevant for the characterization of the quality of the basins and Peixe river in Nova Era and Pedras stream in Betim were considered as most affected in the basin The Piracicaba River and the Paraopeba River, respectively.

The analysis of violations and the use of relative risk confirmed the impacts that both basins suffer because of economic activities. When compared using relative risk, the Paraopeba river basin presents the highest risk for the parameter of dissolved aluminum, total lead, true color, BOD, total manganese, total suspended solids and turbidity meanwhile the basin of the Piracicaba river presents highest risk for dissolved copper and biological indicator.

The release of domestic sewage and industrial effluents, mineral activities and diffuse pollution by agriculture and pasture areas were responsible for the deterioration of surface water quality in these basins. Therefore, investments in basic sanitation, improvement in the efficiency of the treatment of industrial effluents, proper management of soil, preservation of marginal vegetation and environmental education actions are required.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Geral .....</i>	<b>3</b>
2.2	<i>Específicos .....</i>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1	<i>Rede de monitoramento da qualidade das águas no estado de Minas Gerais .....</i>	<b>4</b>
3.2	<i>Análise de dados de monitoramento da qualidade da água através de técnicas estatísticas multivariadas .....</i>	<b>6</b>
3.2.1	Análise de Cluster (AC) .....	12
3.2.2	Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Fatorial (AF) .....	12
3.2.3	Preparação do banco de dados para análise multivariada .....	13
3.3	<i>Organização de dados categorizados .....</i>	<b>14</b>
3.4	<i>Medidas de Associação: risco relativo e odds ratio .....</i>	<b>17</b>
3.4.1	Risco Relativo (RR) .....	18
3.4.2	Odds Ratio ou Razão de Chances (RC) .....	18
3.5	<i>Área de estudo .....</i>	<b>20</b>
3.5.1	Bacia do rio Piracicaba .....	20
3.5.2	Bacia do rio Paraopeba .....	23
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E PARAPEBA .....</b>	<b>27</b>
4.1	<i>Metodologia .....</i>	<b>27</b>
4.1.1	Organização do banco de dados .....	27
4.1.2	Análise descritiva do banco de dados .....	28
4.1.3	Avaliação da qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos .....	28
4.1.4	Análise das estações de amostragem mais impactadas nas bacias hidrográficas e os parâmetros responsáveis por esse impacto .....	29
4.2	<i>Resultados da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba .....</i>	<b>29</b>
4.2.1	Organização dos dados de monitoramento da qualidade das águas da bacia do rio Piracicaba para realização das análises multivariadas .....	29
4.2.2	Análise descritiva do banco de dados da bacia do rio Piracicaba .....	31

4.2.3	Avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos .....	31
4.2.4	Análise das estações de amostragem mais impactadas da bacia do rio Piracicaba e os parâmetros responsáveis por esse impacto .....	38
4.2.5	Conclusões da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba .....	46
<b>4.3</b>	<b><i>Resultados e discussão da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba.....</i></b>	<b>47</b>
4.3.1	Organização dos dados de monitoramento da qualidade das águas da bacia do rio Paraopeba para realização das análises multivariadas .....	47
4.3.2	Análise descritiva do banco de dados da bacia do rio Paraopeba .....	48
4.3.3	Avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos .....	49
4.3.4	Análise das estações de amostragem mais impactadas da bacia do rio Paraopeba e os parâmetros responsáveis por esse impacto .....	57
4.3.5	Conclusões da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba .....	64
<b>4.4</b>	<b><i>Considerações sobre a avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba e do rio Paraopeba .....</i></b>	<b>65</b>
<b>5</b>	<b>CÁLCULO DO RISCO RELATIVO DOS CORPOS D'ÁGUA DAS BACIAS VIOLAREM OS LIMITES LEGAIS PRECONIZADOS PELA DN COPAM/CERH-MG 01/2008 .....</b>	<b>67</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Metodologia .....</i></b>	<b>67</b>
5.1.1	Análise de violações aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 .....	67
5.1.2	Cálculo do Risco Relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados pela DN COPAM/CERH-MG 01/2008 .....	69
<b>5.2</b>	<b><i>Resultados e discussão das análises de violações aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008.....</i></b>	<b>69</b>
<b>5.3</b>	<b><i>Resultados e discussão do cálculo do Risco Relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados pela DN COPAM/CERH-MG 01/2008.....</i></b>	<b>77</b>
<b>5.4</b>	<b><i>Conclusões.....</i></b>	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>90</b>

<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE II .....</b>	<b>111</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 - Pontos de Monitoramento de Qualidade da Água Superficial da Rede Básica do Programa Águas de Minas em operação em 2016.....	5
Figura 3-2 - Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba.....	21
Figura 3-3 - Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba.....	24
Figura 4-1 – <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro indicador microbiológico, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. ....	32
Figura 4-2 – <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro fósforo total, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.....	33
Figura 4-3 – <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro cloreto total, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.....	34
Figura 4-4 – <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro nitrato, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. ....	35
Figura 4-5 – <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro condutividade elétrica <i>in loco</i> , considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. ....	37
Figura 4-6 - Dendrograma da Análise de Cluster para o banco de dados da bacia do rio Piracicaba, referente ao período de 2008 a 2015 para 16 parâmetros e 13 estações de monitoramento.....	40
Figura 4-7 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 2 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Piracicaba. ....	43
Figura 4-8 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 3 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Piracicaba. ....	44
Figura 4-9 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 4 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Piracicaba. ....	46
Figura 4-10 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro indicador microbiológico considerando as estações da bacia do rio Paraopeba. ....	50
Figura 4-11 – <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro DBO considerando as estações da bacia do rio Paraopeba. ....	51

Figura 4-12 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro oxigênio dissolvido considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.....	51
Figura 4-13 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro cloreto total considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.....	52
Figura 4-14 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro nitrogênio amoniacal total considerando as estações da bacia do rio Paraopeba. ....	53
Figura 4-15 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro condutividade elétrica <i>in loco</i> considerando as estações da bacia do rio Paraopeba. ....	54
Figura 4-16 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro DQO considerando as estações da bacia do rio Paraopeba. ....	54
Figura 4-17 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro nitrogênio orgânico considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.....	55
Figura 4-18 - <i>Box-plot</i> das concentrações do parâmetro fósforo total considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.....	56
Figura 4-19 - Dendrograma da Análise de Cluster para o banco de dados da bacia do rio Paraopeba, referente ao período de 2008 a 2015 para 19 parâmetros e 30 estações de monitoramento.....	58
Figura 4-20 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 4 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba. ....	61
Figura 4-21 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 5 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba. ....	62
Figura 4-22 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 6 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba. ....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 - Parâmetros de qualidade da água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas. ....	6
Tabela 3-2 – Trabalhos de avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas, empregando técnicas estatísticas multivariadas .....	7
Tabela 3-3 - Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio Piracicaba.....	22
Tabela 3-4 - Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba.....	25
Tabela 4-1 – Informações sobre o banco de dados fornecidos pelo IGAM. ....	27
Tabela 4-2 - Banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas.....	30
Tabela 4-3 - Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros selecionados para análise no presente estudo.....	30
Tabela 4-4 - Resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba, para o parâmetro indicador microbiológico.....	32
Tabela 4-5 - Resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba, para o parâmetro fósforo total. ....	34
Tabela 4-6 - Resultados do teste de comparações múltiplas para o parâmetro cloreto total, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. ....	35
Tabela 4-7 - Resultados do teste de comparações múltiplas para o parâmetro nitrato, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. ....	36
Tabela 4-8 – Estações mais impactadas na bacia do rio Piracicaba, considerando concentrações significativamente maiores que das outras. ....	38
Tabela 4-9 – Estações menos impactadas na bacia do rio Piracicaba, considerando concentrações significativamente menores que das outras. ....	38
Tabela 4-10 - Valores da diferença entre as distâncias de ligação ao longo dos passos de agrupamento, para análise referente ao banco de dados da bacia do rio Piracicaba.....	39

Tabela 4-11 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água da bacia do rio Piracicaba para cada fator após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes ao grupo 2 formado pela Análise de Cluster.....	42
Tabela 4-12 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água da bacia do rio Piracicaba para cada fator após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes ao grupo 3 formado pela Análise de Cluster.....	43
Tabela 4-13 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água da bacia do rio Piracicaba para cada fator após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes ao grupo 4 formado pela Análise de Cluster.....	45
Tabela 4-14 - Banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas.....	48
Tabela 4-15 - Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros selecionados para análise no presente estudo.....	48
Tabela 4-16 – Estações mais impactadas na bacia do rio Paraopeba, considerando concentrações significativamente maiores que das outras.....	56
Tabela 4-17 – Estações menos impactadas na bacia do rio Paraopeba, considerando concentrações significativamente maiores que das outras.....	57
Tabela 4-18 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes ao grupo 4 formado pela Análise de Cluster, resultados da análise dos dados de amostragem na bacia do rio Paraopeba. ....	60
Tabela 4-19 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes ao grupo 5 formado pela Análise de Cluster, resultados da análise dos dados de amostragem na bacia do rio Paraopeba. ....	61
Tabela 4-20 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação <i>varimax</i> da análise fatorial, referentes ao grupo 6 formado pela Análise de Cluster, resultados da análise dos dados de amostragem na bacia do rio Paraopeba. ....	63
Tabela 5-1 - Limites legais estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08 por classes de enquadramento.....	68
Tabela 5-2 - Percentual de violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Piracicaba no período de fevereiro de 2008 a novembro de 2015.....	70

Tabela 5-3 - Percentual de violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Paraopeba no período de fevereiro de 2008 a novembro de 2015 (BP014 a BP072).....	73
Tabela 5-4 - Percentual de violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Paraopeba no período de fevereiro de 2008 a novembro de 2015 (BP073 a BP099).....	74
Tabela 5-5 - Porcentagem de estações de monitoramento nas bacias do rio Paraopeba e rio Piracicaba com violações acima de 75% para os respectivos parâmetros, considerando o período entre 2000 e 2015. ....	77
Tabela 5-6 – Número de violações/não violações aos valores preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008 dos parâmetros das 37 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba e das 13 estações da bacia do rio Piracicaba no período de fevereiro de 2000 a novembro de 2015.....	78
Tabela 5-7 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de manganês total – valores observados.....	79
Tabela 5-8 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de manganês total – valores esperados.....	80
Tabela 5-9 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal do indicador microbiológico – valores observados.....	82
Tabela 5-10 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal do indicador microbiológico – valores esperados.....	82
Tabela 5-11 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de turbidez – valores observados.....	83
Tabela 5-12 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de turbidez – valores esperados.....	83
Tabela 5-13 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de demanda bioquímica de oxigênio – valores observados.....	84
Tabela 5-14 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de demanda bioquímica de oxigênio – valores esperados.....	84
Tabela 5-15 - Risco relativo de violações na bacia do rio Paraopeba em relação à bacia do rio Piracicaba e o respectivo intervalo de confiança. ....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\alpha$	Nível de significância
$\mu$	Média aritmética
$\sigma$	Desvio-padrão
AC	Análise de Cluster
ACP	Análise de Componentes Principais
AF	Análise Fatorial
AIQ	Amplitude Interquartis
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CCME	Canadian Council of Ministers
CE	Condutividade elétrica in loco
CERH-MG	Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais
CIBAPAR	Consórcio Intermunicipal da Bacia do Rio Paraopeba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DN	Deliberação Normativa
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
$H_0$	Hipótese nula
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
Ind. biol.	Indicador microbiológico
IQA	Índice de Qualidade da Água
LD	Limite de detecção
LDM	Limite de Detecção do Método
NMP/100 mL	Número mais provável de colif. termotolerantes em 100 mL da amostra
NMP/dia	Número mais provável de coliformes termotolerantes por dia
OR	Odds ratio
PARH	Plano de Ação de Recursos Hídricos
RC	Razão de Chances
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

# 1 INTRODUÇÃO

A qualidade das águas superficiais pode ser alterada por diversos fatores, seja pela intervenção antrópica ou pelos processos naturais de variação da precipitação, intemperismo das rochas e erosão. Essas modificações alteram a qualidade das águas, podendo torná-las inadequadas para os seus usos múltiplos como consumo humano, industrial, dessedentação animal, recreação e irrigação.

Dessa forma, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é de extrema importância para a gestão eficiente dos recursos hídricos. Assim, seus resultados possibilitam melhor conhecimento da situação da qualidade das águas e as principais alterações ocorridas ao longo do tempo, permitindo detectar tendências espaciais e temporais.

Em geral, os programas de monitoramento incluem resultados de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, mensurados em várias estações de amostragem durante longos períodos de tempo. Por consequência, é gerado um banco de dados complexo e extenso, o que dificulta a extração de informações úteis.

Nesse sentido, a aplicação de diferentes técnicas estatísticas facilita a interpretação de dados, permitindo compreender melhor as variações temporais e espaciais da qualidade da água, identificar possíveis fatores que influenciam os corpos d'água e oferecer uma ferramenta valiosa para a gestão dos recursos hídricos.

Este trabalho está inserido em um grupo de pesquisa que vem estudando a qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais nos últimos anos. No presente trabalho várias ferramentas estatísticas foram utilizadas, incluindo algumas já bastante consolidadas na área ambiental, como testes não paramétricos e análises multivariadas, como também algumas pouco usuais, como o cálculo do risco relativo de concentrações de parâmetros físico-químicos de corpos d'água de uma bacia hidrográfica violarem os limites preconizados por legislações ambientais.

Duas bacias hidrográficas foram objeto deste estudo, selecionadas em função da semelhança dos seus usos e de sua ocupação e de sua importância econômica para o estado de Minas Gerais: a bacia do rio Piracicaba e a bacia do rio Paraopeba. As principais atividades nas bacias estão relacionadas à mineração e siderurgia, as quais podem causar grandes impactos nos corpos d'água, alterando padrões de qualidade, como por exemplo, metais, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, turbidez, OD, DBO, dentre outros.

A Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente e a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/2008 dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes e padrões de qualidade. Assim, a avaliação da qualidade dos recursos hídricos pode ser realizada pela comparação dos resultados obtidos no monitoramento com os padrões de qualidade para as diversas classes de usos estabelecidos na legislação (BRASIL, 2005 e MINAS GERAIS, 2008).

Nesse contexto, objetiva-se comparar a qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas do rio Piracicaba e Paraopeba, empregando técnicas estatísticas multivariadas e análise de risco relativo. Sendo assim, foi feita uma caracterização da qualidade da água das estações de monitoramento das bacias por meio de análises multivariadas em cada bacia, uma avaliação das regiões mais impactadas das bacias e calculou-se o risco relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008.

Ressalta-se que o trabalho será estruturado em dois capítulos visando um melhor entendimento, a saber: “Avaliação da qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Piracicaba e Paraopeba” e “Cálculo do risco relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados pela DN COPAM/CERH-MG 01/2008”.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

O objetivo geral desta pesquisa é identificar os corpos d'água mais impactados das bacias hidrográficas do rio Piracicaba e Paraopeba, empregando técnicas estatísticas multivariadas e calcular o risco relativo de violação aos limites preconizados pela legislação ambiental.

### **2.2 Específicos**

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Avaliar a qualidade da água das estações de monitoramento das bacias, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos.
- Determinar, em termos de qualidade da água de cada bacia, as estações de amostragem mais impactadas e os parâmetros responsáveis por esse impacto.
- Efetuar o cálculo de violação dos corpos d'água das bacias do rio Piracicaba e do Paraopeba aos limites preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008.
- Calcular o risco relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados pela legislação ambiental do Estado de Minas Gerais (DN COPAM/CERH-MG 01/2008).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 *Rede de monitoramento da qualidade das águas no estado de Minas Gerais*

O desenvolvimento econômico e tecnológico e o crescimento populacional acelerado geram situações de conflito e escassez dos recursos hídricos por todo o planeta. A água é um elemento vital para esse progresso, além de ser essencial à sobrevivência dos seres vivos. Com todo o seu potencial hídrico, Minas Gerais busca uma política eficiente de gestão da água. Conhecer a qualidade das águas é uma forma de definir estratégias que busquem a conservação, a recuperação e o uso racional dos recursos hídricos, reduzindo os conflitos e direcionando as atividades econômicas (IGAM, 2014).

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos para uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, já que possibilita o acompanhamento das consequências dos usos sobre a qualidade das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental.

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é o responsável pelo monitoramento das águas do estado de Minas Gerais e desde 1997 realiza o monitoramento através do Programa Águas de Minas. O trabalho do órgão visa aperfeiçoar o monitoramento dos recursos hídricos, com a ampliação da rede de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, além de disponibilizar uma série histórica de dados indispensáveis ao gerenciamento dos recursos hídricos (IGAM, 2016 e 2017).

A importância do monitoramento está no fornecimento de informações básicas necessárias para a definição de estratégias, para a verificação da efetividade do Sistema de Controle Ambiental e para o planejamento e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (IGAM, 2016).

Os principais objetivos do Programa Águas de Minas são conhecer e avaliar as condições da qualidade das águas superficiais em Minas Gerais, além de divulgar a situação de qualidade das águas para os usuários e apoiar o estabelecimento de metas de qualidade, visando 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, 2016).

Em 2016, a rede básica de monitoramento (macro rede) do Programa Águas de Minas, contava com 554 estações de amostragem distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo,

Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba, conforme Figura 3-1 (IGAM, 2016).

Figura 3-1 - Pontos de Monitoramento de Qualidade da Água Superficial da Rede Básica do Programa Águas de Minas em operação em 2016.



Fonte: IGAM, 2016.

No Programa Águas de Minas são realizadas dois tipos de campanhas: as completas, no primeiro e terceiro trimestres do ano, nas quais são monitorados 51 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem; e, as campanhas intermediárias, no segundo e quarto trimestres, onde 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 algumas estações de monitoramento são analisados parâmetros específicos como nitrogênio orgânico, densidade de cianobactérias, cianotoxinas, ensaios de toxicidade crônica e macroinvertebrados bentônicos, sendo que para este último a frequência é anual (IGAM, 2016).

O parâmetro *Escherichia coli* passou a ser avaliado em substituição aos coliformes termotolerantes, a partir da primeira campanha de 2013, uma vez que estudos vem mostrando a espécie *Escherichia coli* como sendo a única indicadora inequívoca de contaminação fecal, humana ou animal, já que foram identificadas algumas poucas espécies de coliformes

termotolerantes habitando ambientes naturais apresentando, portanto, limitações como indicadores de contaminação fecal (IGAM, 2016). Sendo assim, neste trabalho, optou-se por empregar esse parâmetro como indicador microbiológico.

Na Tabela 3-1 são apresentados os parâmetros de qualidade da água analisados no estado de Minas Gerais.

Tabela 3-1 - Parâmetros de qualidade da água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas.

Parâmetros		
Alcalinidade bicarbonato	Demanda bioquímica de oxigênio - DBO*	Nitrogênio amoniacal total*
Alcalinidade total	Demanda química de oxigênio - DQO*	Nitrogênio orgânico
Alumínio dissolvido	Densidade de cianobactérias*	Óleos e graxas
Arsênio total	Dureza (cálcio)	Oxigênio dissolvido - OD*
Bário total	Dureza (Magnésio)	pH <i>in loco</i> *
Boro total	Dureza total	Potássio
Cádmio total	Ensaio de toxicidade crônica	Selênio total
Cálcio	Estreptococos fecais	Sódio
Chumbo total	Fenóis totais	Sólidos dissolvidos*
Cianeto livre	Feofitina*	Sólidos em suspensão*
Cianotoxinas <sup>#</sup>	Ferro dissolvido	Sólidos totais*
Cloreto total*	Fósforo total*	Substâncias tensoativas
Clorofila <i>a</i> *	Macroinvertebrados bentônicos <sup>#</sup>	Sulfato
Cobre dissolvido	Magnésio total	Sulfeto
Coliformes termotolerantes/ <i>E. coli</i> *	Manganês total	Temperatura da água*
Coliformes totais*	Mercúrio total	Temperatura do ar*
Condutividade elétrica <i>in loco</i> *	Níquel total	Turbidez*
Cor verdadeira	Nitrato*	Zinco total
Cromo total	Nitrito	

\* Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias

<sup>#</sup> Parâmetros analisados apenas em pontos específicos

Fonte: IGAM, 2016.

### 3.2 *Análise de dados de monitoramento da qualidade da água através de técnicas estatísticas multivariadas*

Métodos estatísticos multivariados para a classificação, modelagem e interpretação de grandes conjuntos de dados de programas de monitoramento ambiental permitem a redução da dimensionalidade dos dados e a extração de informações que serão úteis para a avaliação da qualidade da água e da gestão das águas superficiais. Dentre as técnicas estatísticas multivariadas destacam-se a Análise de Cluster (AC), Análise de Componentes Principais (ACP) e a Análise Fatorial (AF).

A Tabela 3-2 apresenta alguns trabalhos que aplicaram análises multivariadas.

Tabela 3-2 – Trabalhos de avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas, empregando técnicas estatísticas multivariadas

REFERÊNCIA	LOCAL DE ESTUDO	DADOS ANALISADOS	OBJETIVOS	FERRAMENTAS UTILIZADAS
Omo-Irabor <i>et al.</i> , 2008	Delta do Níger, Nigéria	12 estações de monitoramento 18 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2003-2007 (durantes as estações chuvosa e seca-68 amostras)	Determinar a natureza e a distribuição espacial dos poluentes químicos em águas superficiais na região do Delta do Níger ocidental e destacar as fontes de tais poluentes químicos.	AC, ACP, AF
Bu <i>et al.</i> , 2010	Rio Jinshui, China	12 pontos de amostragem de outubro de 2006 a agosto de 2008	Investigar as variações temporais e espaciais da qualidade da água e identificar os principais fatores de poluição e fontes.	AC, AF
Zhang <i>et al.</i> , 2011	Água superficial, China	23 parâmetros monitorados mensalmente em 16 locais de amostragem durante 2000-2007	Interpretar uma matriz de dados complexa obtida dos cursos de água	AC, ACP e AF
Olsen <i>et al.</i> , 2012	Bacia do Rio Illinois, EUA	49 artigos publicados que tratam multivariada (tipicamente ACP)	Avaliar o estado-da-ciência pela revisão de técnicas para avaliar a qualidade da água de bacias hidrográficas.	ACP
Amaral, 2012	Porção mineira do Médio São Francisco.	9 estações de monitoramento 14 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2006 a 2010.	Avaliar o impacto da agricultura irrigada na qualidade das águas superficiais da porção mineira do Médio São Francisco.	AC
Almeida, 2013	Bacia do rio das Velhas	19 estações de monitoramento 5 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2008 a 2011.	Avaliar a rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas utilizando o Método da Entropia	AC
Souza, 2013	Bacia do rio Verde Grande	60 poços profundos 22 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2005 a 2011.	Caracterizar aspectos hidrodinâmicos e avaliar a qualidade das águas do aquífero Bambuí na porção mineira das sub-bacias do rio Verde Grande e dos rios Jequitai e Pacuí.	AC, AF

Tabela 3-2 – Trabalhos de avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas, empregando técnicas estatísticas multivariadas (Cont.)

REFERÊNCIA	LOCAL DE ESTUDO	DADOS ANALISADOS	OBJETIVOS	FERRAMENTAS UTILIZADAS
Mostafaei, 2014	Rio Kashkan, Irã	65 estações de monitoramento 9 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 1974-2009	Avaliar as variações temporais e espaciais de qualidade das águas superficiais do rio Kashkan	ACP
Lopes <i>et al.</i> , 2014	Ceará, Brasil	Período abril de 2008 a março de 2011 7 pontos de coleta (4032 amostras) 17 parâmetros de qualidade da água	Estudar a variabilidade espaço temporal da qualidade das águas do açude Orós - CE, além das variáveis determinantes desta qualidade.	ACP
Calazans, 2015	Bacia do rio das Velhas e do rio Paraopeba	19 estações de monitoramento 6 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2008 a 2013.	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.	AC, ACP, AF
Junior, 2015	Espírito Santo, Brasil	Coleta em 4 campanhas (março, junho, agosto, novembro) 15 pontos de monitoramento 16 parâmetros de qualidade da água	Caracterizar o processo de contaminação das águas da Bacia do Rio Jucu	ACP, AF
Souza <i>et al.</i> , 2015	Mato Grosso do Sul, Brasil	Período de 2010-2011 6 pontos de coleta 9 parâmetros de qualidade da água	Identificar os fatores determinantes da qualidade das águas superficiais da bacia do Córrego Bandeira, e agrupar os pontos de coleta quanto à similaridade das características físico-químicas, para verificar o efeito da sazonalidade, utilizando estatística multivariada	ACP, AC
Azhar <i>et al.</i> , 2015	Rio Muda, Malásia	9 estações de monitoramento 6 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 1998-2007	Classificar a qualidade da água da bacia do rio Muda (Malásia)	ACP, AC
Wang <i>et al.</i> , 2015	Rio Shanchong, China	14 pontos de monitoramento 4 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2013	Realizar uma abordagem integrada para explorar as variações espaciais e temporais e as fontes latentes de poluição da água na bacia do rio Shanchong	AC

Tabela 3-2 – Trabalhos de avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas, empregando técnicas estatísticas multivariadas (Cont.)

REFERÊNCIA	LOCAL DE ESTUDO	DADOS ANALISADOS	OBJETIVOS	FERRAMENTAS UTILIZADAS
Barbosa, 2015	Bacia do rio Paracatu/MG	27 estações de monitoramento 34 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2006 a 2013.	Avaliar a qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Paracatu, inserida na bacia do rio São Francisco, em função do uso e ocupação do solo.	AC, ACP
Wang <i>et al.</i> , 2015	Rio Shanchong, China	14 pontos de monitoramento 4 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2013	Realizar uma abordagem integrada para explorar as variações espaciais e temporais e as fontes latentes de poluição da água na bacia do rio Shanchong	AC
Mohamed <i>et al.</i> , 2015	Rio Klang, Malásia	20 estações de monitoramento 7 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 1997-2007	Avaliar e interpretar um conjunto de dados de qualidade da água da bacia do rio Klang	ACP, AF
Pinto, 2016	Bacia do rio Verde.	9 estações de monitoramento 12 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2008-2014	Analisar a importância da avaliação de dados de concentração e de carga de poluentes em bacias hidrográficas.	AC, AF
Jung <i>et al.</i> , 2016	Rio Nakdong, Coreia	20 estações de monitoramento 12 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2008-2012	Avaliar a distribuição da qualidade da água e as características de cada rio	ACP, AF, AC
Gonçalves, 2016	Bacia do rio Paraíba do Sul	104 estações de monitoramento 27 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2005-2014.	Realizar análise integrada da qualidade das águas da Bacia, considerando os dados dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, identificando os parâmetros mais poluidores e comparando os níveis de qualidade dos cursos de água com os padrões de enquadramento.	AC, ACP

Tabela 3-2 – Trabalhos de avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas, empregando técnicas estatísticas multivariadas (Cont.)

<b>REFERÊNCIA</b>	<b>LOCAL DE ESTUDO</b>	<b>DADOS ANALISADOS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>FERRAMENTAS UTILIZADAS</b>
Wu <i>et al.</i> , 2016	Daya Bay, sul do mar da China	12 estações de monitoramento Coleta trimestral (janeiro, abril, agosto e novembro) 9 parâmetros de qualidade da água	Aplicar a abordagem de análise estatística multivariada, identificando as variações espaciais e temporais de qualidade da água em Daya Bay	ACP, AC
Lima, 2016	Bacia do rio Doce	64 estações de monitoramento 16 parâmetros de qualidade da água Período de monitoramento: 2008-2014.	Avaliar os parâmetros de qualidade da água, e a influência dos fatores socioambientais de destaque da bacia do rio Doce.	AC, AF
Trindade <i>et al.</i> , 2017	Sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais	29 estações de monitoramento Período de monitoramento: 2002 a 2011 11 parâmetros de qualidade da água	Aplicar testes estatísticos, multivariados e não paramétricos para avaliar a tendência temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas.	AC

Obs.: AC - Análise de Cluster; ACP - Análise de Componentes Principais; AF - Análise Fatorial

As técnicas estatísticas multivariadas podem ser aplicadas com diversos objetivos, como para a interpretação de uma matriz de dados complexos e identificação dos fatores que representam os tipos de poluição na área de estudo (ZHANG *et al.*, 2011 e JUNIOR, 2015) e permitem identificar se a distribuição espacial dos parâmetros investigados é condizente com as atividades existentes (OMO-IRABOR *et al.*, 2008 e SOUZA *et al.*, 2015).

A ACP pode ser utilizada para auxiliar na escolha dos parâmetros a serem incluídos nos cálculos do Índice de Qualidade da Água do *Canadian Council of Ministers* (CCME WQI) identificando quais foram realmente correlacionados e quais foram os responsáveis pela maior parte da variância observada nos dados da qualidade da água (MOSTAFAEI, 2014).

Outra possibilidade de uso das técnicas estatísticas multivariadas é permitir, através da ACP/AF, a redução das variáveis analisadas e dos pontos de amostragem, o que pode resultar em menor custo financeiro sem comprometer o monitoramento da qualidade das águas (LOPES *et al.*, 2014).

Azhar *et al.* (2015) classificou a qualidade da água da bacia do rio Muda (Malásia) utilizando a análise de cluster (AC) e a análise de componentes principais (ACP). A classificação gerada pela análise multivariada é consistente com as feitas pelo Departamento de Meio Ambiente (DOE) da Malásia e, portanto, demonstra a eficiência das técnicas estatísticas multivariadas para a classificação da água dos rios.

Trindade *et al.* (2017) empregou a análise de Cluster (AC), com ligação completa, para verificar as variações espaciais na sub-bacia do Rio das Velhas, em função da qualidade da água das diversas estações de monitoramento. A AC dividiu as estações de monitoramento em três grandes grupos, de acordo com a qualidade de suas águas, correspondentes aos níveis de alta poluição (grupos 1, 2 e 4), poluição moderada (grupo 3) e baixa poluição (grupo 5).

Sendo assim, a utilização de vários métodos estatísticos na avaliação e interpretação de dados de qualidade da água é comumente adotado para monitorar a eficiência da gestão dos recursos hídricos. Os resultados fornecem uma interpretação mais direta dos dados, bem como as prioridades para as ações de melhoria da qualidade da água necessários para o controle a poluição nas águas superficiais (MOHAMED *et al.*, 2015 e JUNG *et al.*, 2016).

### **3.2.1 Análise de Cluster (AC)**

A análise de Cluster, também conhecida como análise de agrupamentos, conglomerados ou classificação, é uma técnica que divide todos os dados em vários clusters com base nas distâncias ou semelhanças entre os valores observados para os grupos de pares, é dividido em métodos hierárquicos e não-hierárquicos (HAIR *et al.*, 2009).

Quando aplicada a dados de monitoramento de qualidade das águas, a AC permite agrupar as estações de monitoramento por similaridade da qualidade da água (SINGH *et al.*, 2005; WU *et al.*, 2016), verificar o efeito da sazonalidade sobre a qualidade das águas estudadas (ZHOU *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2015), além de permitir o agrupamento dos parâmetros de qualidade da água, onde cada grupo formado é associado a uma fonte de poluição (BU *et al.*, 2010).

A análise de cluster classifica objetos, de modo que cada objeto é semelhante aos outros no cluster com respeito a um critério de seleção predeterminado. Os clusters resultantes de objetos devem exibir alta homogeneidade interna (intracluster) e alta heterogeneidade externa (entre cluster). O processo de agrupamento pode ser sintetizado em cinco etapas. A primeira é a escolha da medida de dissimilaridade, a seguinte é a escolha do método de agrupamento (hierárquico ou não-hierárquico). O terceiro passo é a escolha do tipo de agrupamento para o método escolhido seguido pela decisão sobre o número de grupos, e finalmente a interpretação do resultado do agrupamento (SHARMA, 1996; GNANADESIKAN, 1997). A aglomeração hierárquica fornece relações de similaridade entre qualquer amostra e todo o conjunto de dados, e é tipicamente ilustrada por um dendrograma. A distância euclidiana geralmente dá a similaridade entre duas amostras, e uma distância pode ser representada pela diferença entre os valores analíticos das amostras (HAIR *et al.*, 2009).

### **3.2.2 Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Fatorial (AF)**

Tanto a análise de componentes principais, quanto a análise fatorial, são técnicas da análise multivariada, que são aplicadas a um conjunto de variáveis, para descobrir quais dessas são mais relevantes, na composição de cada fator, sendo estes independentes um dos outros (HAIR *et al.*, 2009).

A ACP é uma técnica de reconhecimento de padrão para explicar a variância de um grande conjunto de dados de variáveis intercorrelacionados com um conjunto menor de variáveis independentes (componentes principais) (SIMEONOV *et al.*, 2003).

A AF é uma técnica comum e eficaz usada para reduzir a dimensionalidade dos grandes conjuntos de dados sem perda de informação (WUNDERLIN *et al.*, 2001; SINGH *et al.*, 2004). Segundo Wunderlin *et al.* (2001), na prática, a AF segue a ACP, e o principal propósito da AF é reduzir a contribuição das variáveis menos importantes, a fim de simplificar ainda mais a estrutura de dados provenientes da ACP.

A ACP/AF é normalmente aplicada em cada um dos agrupamentos de estações de monitoramento encontrados pela AC, com o objetivo de comparar a composição das amostras analisadas e identificar os fatores que influenciam cada grupo (SHRESTHA e KAZAMA, 2007).

### **3.2.3 Preparação do banco de dados para análise multivariada**

Para a aplicação das técnicas multivariadas, o banco de dados precisa ser devidamente preparado e devem ser levados em consideração alguns aspectos como: dados faltantes e dados censurados, observações atípicas (*outliers*), distribuição de frequência e padronização dos dados.

As observações faltantes em um banco de dados são os valores não computados quando uma coleta é realizada e têm um grande impacto nas análises multivariadas. Em um banco de dados de monitoramento da qualidade da água uma observação faltante em um parâmetro da qualidade da água pode levar à eliminação de todas as observações dos outros parâmetros referentes ao mesmo período de coleta. Por isso, deve-se tentar eliminar variáveis que possuem grande quantidade de dados faltantes (HAIR *et al.*, 2009).

Os dados censurados são considerados como as observações que apresentam valores acima ou abaixo do Limite de Detecção (LD) do método analítico (CARVALHO, 2003). O mais usual em estudos ambientais é a substituição dos valores censurados por algum valor correspondente a uma fração do limite de detecção ( $1/2$  LD, zero, o próprio valor do limite de detecção ou ainda valores aleatórios) (CHRISTOFARO e LEÃO, 2014).

Observações atípicas ou *outliers* possuem características notavelmente diferentes das demais. Podem interferir nos testes estatísticos, influenciando significativamente nas análises de agrupamentos e nas correlações da ACP e AF (CALAZANS, 2015). Um método de detecção de *outliers* comumente utilizado é o de amplitude interquartis (NAGHETTINI e PINTO, 2007), que é dada pela diferença entre os quartis. Esse método indica quais são os valores atípicos superiores e inferiores.

Antes da escolha do teste estatístico é fundamental examinar a distribuição dos dados, pois se eles apresentam uma distribuição assimétrica, é necessário escolher um teste não paramétrico ou transformar os dados em uma distribuição normal (NORMANDO *et al.*, 2010). 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 que as diferentes unidades de medidas e escalas das variáveis não influenciem as análises multivariadas, 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, os dados tornam-se adimensionais (TRINDADE, 2013, VICINI, 2005; SIMEONOV *et al.*, 2003; SINGH *et al.*, ZHANG *et al.*, 2011).

### **3.3 Organização de dados categorizados**

As variáveis qualitativas ou categorizadas são aquelas cujos valores representam categorias ou classes. Caracterizam-se por possuir um conjunto ilimitado de valores que usualmente se repetem entre as unidades.

Os dados categorizados podem ser qualitativos ou quantitativos. As ciências sociais e humanas empregam rotineiramente tal natureza de dados, mas também a epidemiologia (exposto/não exposto, doente/não doente) ou estudos sobre qualidade da água (potável/não potável, presença/ausência de indicadores bacteriológicos, cumprimento/não cumprimento do limite de OD), qualidade do ar (boa/regular/inadequada/...) ou em diversas situações na pesquisa em Engenharia Sanitária e Ambiental (tratamento de água convencional/filtro lento, lodos ativados/lagoa de estabilização, serviço municipal/serviço com concessão estadual/serviço privado).

As variáveis categorizadas possuem os mesmos atributos das variáveis qualitativas, no entanto seus níveis expressam quantidade, assim cada nível está associado a um valor. Como exemplo, se uma variável expressa o nível de degradação de determinado corpo d'água, em função de determinado parâmetro de qualidade, então os níveis poderão ser elevado, médio ou reduzido e as quantidades associadas poderão ser o número de violações a este padrão, em função da legislação ambiental vigente (ZAR, 1999).

A operação com variáveis qualitativas faz uso da teoria das probabilidades, empregando valores de proporções de ocorrência de eventos, sendo caracterizada como uma análise de

frequências. Essas frequências são apresentadas, usualmente, em tabela de dupla entrada de contagens ou tabela de contingência, que terá os dados organizados de duas variáveis categóricas. Os valores da variável linha rotulam as linhas da tabela e os valores da variável coluna rotulam as colunas da tabela. Tabelas de dupla entrada (2x2) são frequentemente usadas para o resumo de grandes quantidades de informação pelo agrupamento de resultados em categorias.

De acordo com Callegari-Jacques (2003), nestas tabelas, duas ou mais variáveis são comparadas visando verificar se determinada condição influencia o padrão esperado de observações, considerando que isto não seria esperado. Ou seja, a hipótese nula -  $H_0$  a ser testada é de que a distribuição das proporções é a mesma, independente da condição observada. Para que seja possível tal análise, é necessária a elaboração de duas tabelas 2x2, uma com os dados observados e outra com os dados teóricos esperados. A última considera apenas a probabilidade esperada de ocorrência dos resultados, caso nenhuma influência significativa esteja presente.

Para o cálculo da frequência esperada, considera-se que a proporção com que a variável 2 se distribui pela variável 1 é a mesma. Assim, as proporções das amostras calculadas a partir de cada um dos dois grupos seriam diferentes uma da outra somente em função do acaso. Caso a diferença seja grande (em função da comparação do resultado do teste com valores tabelados), a conclusão será de que existe diferença significativa entre a distribuição das proporções (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

A estatística do teste, qui-quadrado ( $\chi^2$ ), descreve, em um único número, o quanto as frequências observadas em cada célula da tabela diferem das frequências que seriam esperadas se não houvesse relação entre os tratamentos e os resultados que definem as linhas e as colunas da tabela.

O teste do qui- quadrado ( $\chi^2$ ) é descrito como (GLANTZ, 2014):

$$\chi^2 = \sum_{\substack{\text{todas} \\ \text{ascélulas}}} \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (3-1)$$

na qual:

$f_o$  = frequência observada em determinada célula de uma tabela de contingência

$f_e$  = frequência teórica esperada em determinada célula, se a hipótese nula  $H_0$  for verdadeira

Uma vantagem do uso da tabela de contingência é permitir analisar a *performance* da estimativa sob diferentes aspectos, conforme o tipo de evento estudado e o tipo de estimativa realizada (MIERES *et al.*, 2011).

Várias áreas utilizam tabelas de contingências, apesar de haver predominância na área epidemiológica. Catapreta e Heller (1999) pesquisaram o efeito da coleta inadequada de resíduos sólidos sobre a saúde da população exposta a estes resíduos definindo como “casos” os registros ambulatoriais secundários que indicavam doenças diarreicas, parasitárias e dermatológicas. As demais notificações observadas para a mesma faixa etária foram definidas como o grupo “controle”. O estudo revelou associação entre ausência de coleta de resíduos sólidos domiciliares e saúde pública. A razão de possibilidades de ocorrência ou *odds ratio* da ordem de 1,40 sugere que a população infantil exposta à ausência de serviços de coleta dos resíduos sólidos domiciliares possui 40% mais oportunidade de apresentar doenças diarreicas, parasitárias e dermatológicas do que a população não exposta.

Outra utilização das tabelas de contingência é para a análise de estudos de preferência de consumidores como realizado por Anderson (1959). O estudo envolvendo três variedades de feijão foi realizado com consumidores e os mesmos foram convidados a classificar os grãos de acordo com a primeira, segunda e terceira escolhas. Os dados obtidos em uma loja em um dia foram apresentados em uma tabela de contingência e o teste qui-quadrado foi usado para testar a independência de variedades e posicionamento do produto, ou seja, se cada variedade teve a mesma chance de receber uma determinada classificação, independentemente do posicionamento do produto.

Com o objetivo de discutir as externalidades negativas associadas ao uso intensivo de agrotóxicos nos municípios do cerrado brasileiro, Soares e Porto (2007) utilizaram dados obtidos por meio da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (IBGE). Foram construídos mapas procurando associar áreas contaminadas e o grau de atividade agrícola dos municípios e por meio de uma regressão logística foi possível encontrar fatores de risco da contaminação no solo e na água por agrotóxicos e fertilizantes. Nessa segunda etapa, foram selecionadas algumas variáveis explicativas e, por meio de tabelas de contingência, algumas variáveis passíveis de entrada no modelo foram avaliadas. O modelo estima as probabilidades quando todos os fatores de risco estão presentes. Observou-se que o crescimento das probabilidades de contaminação na água e no solo por agrotóxicos, quando os fatores de risco estão todos ausentes, é muito mais lento.

Outra aplicação para as tabelas de contingência é na área ambiental. Quando a coleta do esgoto doméstico, pluvial e industrial é processada em um único coletor, ou seja, sistema unitário, as estações de tratamento de esgotos – ETEs podem apresentar problemas com relação à capacidade de tratamento. Durante os períodos chuvosos, devido à grande vazão resultante das chuvas, o efluente não será tratado sendo lançado diretamente no corpo receptor. Este tem sido reconhecido como um importante problema ambiental em muitos países, principalmente no Canadá, onde os municípios têm que demonstrar que os novos empreendimentos não aumentam a frequência do transbordamento de esgoto acima de um nível de referência baseado em registros históricos. Nesse contexto, um modelo simples baseado em limiares de precipitação foi desenvolvido para prever a ocorrência de transbordamento de esgoto em um dado dia com base nos valores diários de precipitação. A habilidade de previsão deste modelo foi avaliada para 3.437 estruturas de transbordamento usando tabelas de contingência e o modelo de limiar demonstrou habilidade de previsão significativa para 91,3% destas estruturas de transbordamento, confirmando que para a maioria dos sistemas operacionais um modelo de limiar simples pode ser usado para avaliar a ocorrência de transbordamento de esgoto combinado (MAILHOT *et al.*, 2015).

Assim sendo, as tabelas de contingência são um meio valioso de exibir e interpretar relacionamentos em dados categóricos, seja na área epidemiológica, médica, social e ambiental.

### **3.4 Medidas de Associação: risco relativo e odds ratio**

A estatística, o *odds ratio* (normalmente abreviado "OR") é uma das três principais maneiras de quantificar o quão forte é a presença ou ausência da propriedade A associada à presença ou ausência da propriedade B, em uma dada população estatística. Se cada indivíduo em uma população estatística tem ou não uma propriedade "A" (por exemplo, "pressão alta") e também tem ou não uma propriedade "B" (por exemplo, "consumo moderado de álcool"), em que ambas as propriedades são adequadamente definidas, então pode ser formada uma relação que descreva quantitativamente a associação entre a presença/ausência de "A" (pressão arterial elevada) e a presença/ausência de "B" (consumo moderado de álcool) para indivíduos na população.

Em estudos epidemiológicos é comum investigar se determinadas características pessoais, hábitos ou aspectos do ambiente onde uma pessoa vive estão associados com certa doença, manifestação de uma doença ou outros eventos de interesse do pesquisador. Muitas vezes a

pergunta é feita de modo a relacionar as características da pessoa ao risco de desenvolver determinado evento. Desfecho é o nome usado para designar o evento de interesse em uma pesquisa, que pode ser o surgimento de uma doença, um sintoma, etc., já o fator de risco é a denominação usada para designar uma variável que se supõe associada ao desfecho (BERNARDES e CALLEGARI-JACQUES, 1998).

Na área médica, o *odds ratio* foi utilizado para desenvolver e validar um algoritmo que proporcione uma estimativa contínua da profundidade do sono a partir do eletroencefalograma (EEG) e os resultados obtidos corroboram como o uso do *odds ratio* como medida contínua da profundidade do sono.

Da mesma forma, em estudos ambientais, estas análises podem ser utilizadas para relacionar, por exemplo, o uso e ocupação do solo ao risco de degradar o meio ambiente. Ou, ainda, correlacionar as concentrações de parâmetros físicos e químicos de corpos d'água de uma bacia hidrográfica com o risco de violação aos limites preconizados por legislações ambientais.

### **3.4.1 Risco Relativo (RR)**

O risco relativo (RR) indica quantas vezes a ocorrência do desfecho nos expostos é maior do que aquela entre os não expostos através da estimativa da magnitude da associação entre a exposição ao fator de risco e o desfecho. O RR é definido como sendo a razão entre a incidência do desfecho nos expostos e a incidência do desfecho nos não-expostos (BERNARDES e CALLEGARI-JACQUES, 1998).

Para investigar uma suposta associação entre fator de risco e desfecho pode-se realizar um estudo de coorte, que pode ser considerado como sendo um delineamento no qual o pesquisador inicialmente seleciona um determinado número de indivíduos a serem acompanhados durante um certo tempo, avaliando-se neles a exposição ao potencial fator de risco e a ocorrência do desfecho. O RR pode ser utilizado tanto para comparar incidências cumulativas como para comparar densidades de incidência.

### **3.4.2 Odds Ratio ou Razão de Chances (RC)**

Em estudos epidemiológicos de caso-controle, os pacientes são incluídos de acordo com a presença ou não do desfecho. Devido ao fato de que a montagem deste tipo de estudo baseia-se no próprio desfecho, não se pode estimar diretamente a incidência do desfecho de acordo

com a presença ou ausência da exposição, como é usual em estudos de coorte. Assim, a ocorrência de desfechos no grupo total estudado depende de quantos casos e controles o pesquisador selecionou.

Assim como em estudos epidemiológicos de caso-controle, em estudos ambientais não se pode estimar diretamente as incidências das violações aos limites preconizados por legislações ambientais entre duas bacias hidrográficas. É possível, entretanto, estimar a razão destas incidências, ou seja, o RR.

O RR pode ser estimado em estudos de caso-controle através da razão dos “*odds*” de exposição entre casos e controles. Esta quantidade é frequentemente denominada *odds ratio*, ou razão de chances. De modo semelhante ao RR, avalia-se a variabilidade amostral do OR através do cálculo de intervalos de confiança, segundo o método de Woolf (BERNARDES e CALLEGARI-JACQUES, 1998).

Os controles são selecionados a partir da população em estudo por processo de amostragem. Toda a amostra por melhor que seja feita está sujeita ao acaso, e é por isto que o *odds ratio* deve ser expresso na forma de intervalo de confiança, calculado a partir de uma margem de erro pré-determinada.

O tamanho da amostra não afeta o *odds ratio*, mas afeta seu intervalo de confiança. Calculando o intervalo de confiança do *odds ratio*, é possível observar que quanto maior a amostra em estudo, menor será o intervalo de confiança. Se o objetivo for medir associação positiva entre um possível fator de risco e um evento qualquer, o limite inferior do intervalo é um elemento importante. Este deve ser diferente de 1 para afirmarmos que em dado intervalo de confiança há associação (RUMEL, 1986).

Sendo assim, a razão de chances ou *odds ratio* pode ser definida como a razão entre a chance de um evento ocorrer em um grupo (por exemplo a violação à legislação ambiental na bacia do rio Paraopeba) e a chance de ocorrer em outro grupo (por exemplo a violação à legislação ambiental na bacia do rio Piracicaba).

Uma razão de chances igual a 1 indica que a condição ou evento sob estudo é igualmente provável de ocorrer nos dois grupos. Uma razão de chances maior do que 1 indica que a condição ou evento tem maior probabilidade de ocorrer no primeiro grupo. Finalmente, uma razão de chances menor do que 1 indica que a probabilidade é menor no primeiro grupo do que no segundo (BERNARDES e CALLEGARI-JACQUES, 1998).

### 3.5 *Área de estudo*

#### 3.5.1 **Bacia do rio Piracicaba**

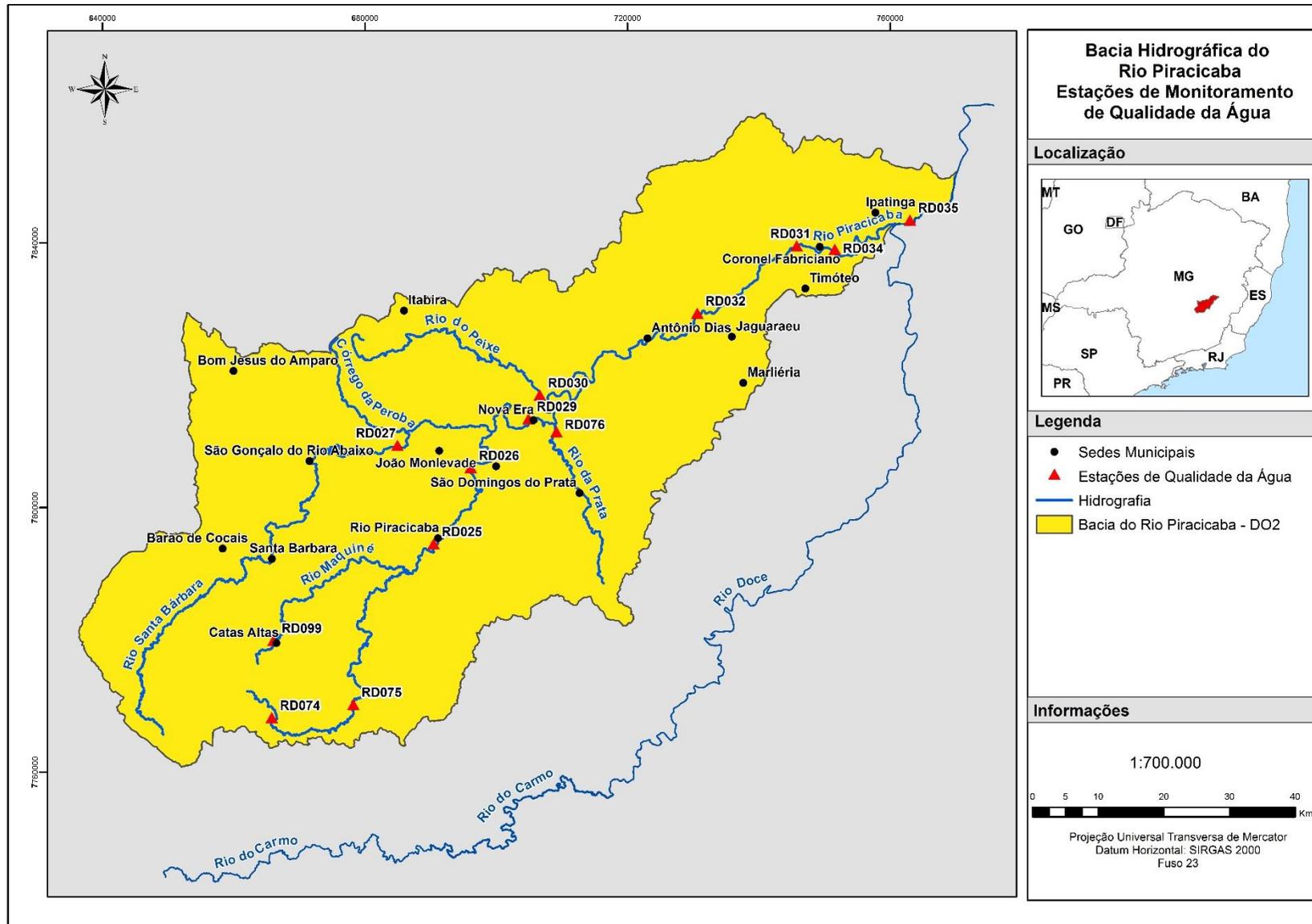
A Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba (Figura 3-2), inserida na Bacia Hidrográfica do rio Doce, é definida como a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos - UPGRH DO2, tendo 5.465,38 km<sup>2</sup> de área, representando cerca de 1% do território do estado de Minas Gerais. O rio Piracicaba possui 241 quilômetros de extensão, nascendo no município de Ouro Preto e seguindo até a divisa das cidades de Ipatinga e Timóteo, onde se encontra com o rio Doce. Seus afluentes são os rios Turvo, Conceição, Una, Machado, Santa Bárbara, Peixe e Prata. Além dos rios mais significativos, ao longo do seu curso, o rio Piracicaba recebe a descarga de quase uma centena de córregos e ribeirões, os quais compõem sua rede de drenagem (CBH-PIRACICABA, 2016).

Aproximadamente, 800 mil pessoas vivem na Bacia do Piracicaba, a qual compreende 21 municípios: Alvinópolis, Antônio Dias, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Bom Jesus do Amparo, Catas Altas, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Jaguaráçu, João Monlevade, Mariana, Marliéria, Nova Era, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Santa Bárbara, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo e Timóteo. Em termos populacionais, destacam-se os municípios de Ipatinga, Itabira, Coronel Fabriciano, Timóteo e João Monlevade. Coronel Fabriciano, Ipatinga e Timóteo juntamente com Santana do Paraíso formam a “Região Metropolitana do Vale do Aço” (FEAM, 2013).

A região está localizada predominantemente sobre o bioma de Mata Atlântica e em menor proporção no bioma Cerrado. Segundo dados do PARH (2010), áreas mais preservadas estão concentradas próximas às nascentes dos rios Piracicaba, Conceição e Santa Bárbara.

Segundo o PARH da bacia do rio Piracicaba (2010) o uso da água predominante é o uso industrial, que corresponde a 51% do total de retiradas estimadas. O abastecimento humano é o segundo maior uso consuntivo, enquanto o uso de irrigação e a dessedentação animal são pouco expressivos na bacia.

Figura 3-2 - Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba.



Fonte: IGAM, 2016.

A UPGRH do rio Piracicaba destaca-se por abrigar atividades relacionadas à mineração, tanto em relação à extração quanto ao processamento mineral, em virtude do Quadrilátero Ferrífero estar parcialmente inserido nesta bacia, juntamente com a região metropolitana do Vale do Aço, importante polo da siderurgia de Minas Gerais. A extração de areia também é atividade recorrente induzindo o aumento de sólidos em suspensão (PARH, 2010). Neste contexto, o uso e cobertura do solo estão associados a estas atividades, marcando peculiarmente esta unidade de planejamento.

A rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Piracicaba conta com 13 (treze) estações, descritas na Tabela 3-3.

Tabela 3-3 - Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio Piracicaba.

<b>Estação</b>	<b>Classe de Enquadramento</b>	<b>Curso d'água</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
<b>RD025</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba (MG)	-19,94	-43,18	614
<b>RD026</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	João Monlevade (MG)	-19,83	-43,13	564
<b>RD027</b>	Classe 2	Rio Santa Bárbara	São Gonçalo do Rio Abaixo (MG)	-19,81	-43,23	590
<b>RD029</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	Nova Era (MG)	-19,77	-43,04	533
<b>RD030</b>	Classe 2	Rio do Peixe	Nova Era (MG)	-19,73	-43,03	510
<b>RD031</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	Coronel Fabriciano (MG), Timóteo (MG)	-19,53	-42,66	232
<b>RD032</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	Antônio Dias (MG)	-19,62	-42,8	265
<b>RD034</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	Coronel Fabriciano (MG), Timóteo (MG)	-19,53	-42,6	235
<b>RD035</b>	Classe 2	Rio Doce	Ipatinga (MG)	-19,49	-42,49	226
<b>RD074</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	Mariana (MG)	-20,18	-43,41	819
<b>RD075</b>	Classe 2	Rio Piracicaba	Alvinópolis (MG)	-20,16	-43,29	693
<b>RD076</b>	Classe 1	Rio da Prata	Nova Era (MG)	-19,78	-43	531
<b>RD099</b>	Classe 1	Rio Maquiné	Catas Altas (MG)	-20,07	-43,41	743

Fonte: IGAM, 2016.

Lima (2016) avaliou as regiões mais críticas da bacia do rio Doce, e embora não tenha identificado a UPGRH DO2 como uma das mais impactadas da bacia, conforme análises estatísticas, salientou que esta também apresenta elevado grau de poluição. O autor ressalta que foram excluídos da análise realizada parâmetros como o alumínio dissolvido, o ferro dissolvido e o manganês total, os quais possuem elevada violação nas estações da bacia DO2, em decorrência do grande número de atividades minerárias e siderúrgicas instaladas na área.

A Deliberação Normativa COPAM nº 09, de 19 de abril de 1994 (MINAS GERAIS, 1994), dispõe sobre o enquadramento da Bacia do rio Piracicaba. Foram enquadrados 78 trechos, sendo o leito principal do rio Piracicaba, das nascentes até a confluência com o córrego das

Falhas, enquadrado na Classe 1 e da confluência com o córrego das Falhas até a confluência com o rio Doce na Classe 2. Os afluentes do rio Piracicaba foram enquadrados na Classe Especial, Classe 1 e Classe 2. No total, 30 trechos foram enquadrados na Classe Especial, 37 na Classe 1 e 11 na Classe 2.

### **3.5.2 Bacia do rio Paraopeba**

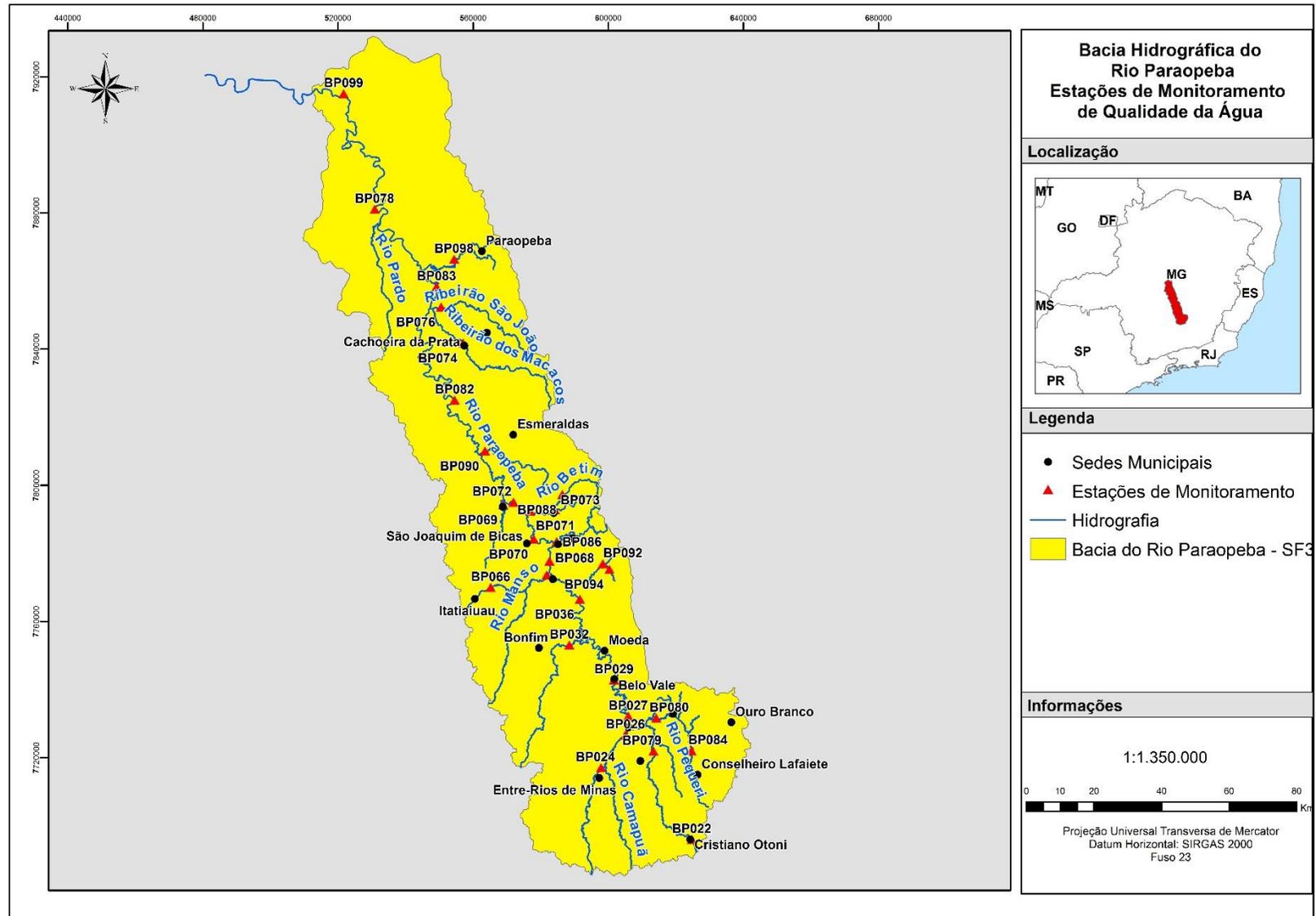
A Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba (Figura 3-3), definida como UPGRH SF3 situa-se na região central do estado de Minas Gerais, na bacia do rio São Francisco, e abrange uma área de 12.054 km<sup>2</sup>. O rio Paraopeba, percorre 510 km da sua nascente no extremo sul da Serra do Espinhaço, município de Cristiano Ottoni, até sua foz na Represa de Três Marias, no município de Felixlândia. Seus principais afluentes da margem direita são: rio Maranhão, rio Pequeri, ribeirão Casa Branca, ribeirão Grande, ribeirão Sarzedo, ribeirão Betim, ribeirão Macacos, ribeirão Cedro, ribeirão São João e na margem esquerda são o rio Brumado, o rio da Prata, o rio Macaúbas, o rio Manso, o ribeirão Serra Azul e o rio Pardo, conforme Figura 3-3 (IGAM, 2013).

A bacia possui uma área que corresponde a 2,5% do estado de Minas Gerais. Abrange 48 municípios e 35 sedes municipais com uma população aproximada de 2.349.024 habitantes (IGAM, 2013).

No Alto Paraopeba, onde estão localizados municípios como Conselheiro Lafaiete, Congonhas, Ouro Branco, Jeceaba e Belo Vale, as atividades relacionadas com mineração e siderurgia são as mais expressivas. Algumas áreas dessa região estão inseridas no Quadrilátero Ferrífero, com jazidas de minerais, sobretudo o ferro.

Na região do Médio Paraopeba, onde estão localizados vários municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Betim, parte de Contagem, Ibité, Sarzedo, São Joaquim de Bicas, Igarapé, Juatuba, Mateus Leme, Florestal, Esmeraldas, Mário Campos e Brumadinho, etc.) há uma rica diversidade industrial, com destaque para grandes indústrias dos ramos automobilístico, petroquímico e alimentício. A mineração de ferro também está presente nessa região, sobretudo nas serras de Itatiaiuçu, Serra Azul e Farofas, que ainda pertencem ao Quadrilátero Ferrífero. Há expressivas minerações de areia na região de Esmeraldas, e produção de hortaliças em Sarzedo, Igarapé, Mário Campos e Rio Manso (IGAM, 2013).

Figura 3-3 - Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba.



Fonte: IGAM, 2016.

Na região do Baixo Paraopeba, onde se situam municípios como Sete Lagoas, Paraopeba, Caetanópolis, Fortuna de Minas, Maravilhas, e parte de Curvelo, Pompéu e Felixlândia, a ocupação é menor, e as atividades econômicas se relacionam com a extração de ardósia e produção de eucalipto para siderúrgicas da região (CIBAPAR, 2016).

A região está inserida em áreas de transição entre Cerrado e Mata Atlântica e possui diversas espécies da fauna e flora, algumas já ameaçadas de extinção. Podem ser destacadas dentro da bacia 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 área de proteção ambiental Vargem das Flores, em Contagem.

Segundo IGAM (2013) os principais tipos de uso dos recursos hídricos na bacia são: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, mineração, dessedentação de animais, pesca e piscicultura. Estes usos estão relacionados às atividades econômicas dominantes na bacia. O alto e médio cursos concentram os usos diversos, com destaque para o abastecimento humano, indústria e mineração. Já o baixo curso concentra principalmente o uso para irrigação e dessedentação de animais.

A rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Paraopeba conta com 37 (trinta e sete) estações, descritas na Tabela 3-4.

Tabela 3-4 - Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba.

<b>Estação</b>	<b>Classe de Enquadramento</b>	<b>Curso d'água</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>
<b>BP014</b>	Classe 3	Ribeirão Soledade	Congonhas (MG)	-20,54	-43,8	883
<b>BP016</b>	Classe 1	Rio Preto (SF3)	Congonhas (MG)	-20,45	-43,84	963
<b>BP018</b>	Classe 2	Córrego Mãe-D'água	Congonhas (MG)	19,54	42,13	891
<b>BP020</b>	Classe 2	Córrego Maria-José	Congonhas (MG)	19,5	42,09	898
<b>BP022</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Cristiano Ottoni (MG)	-20,84	-43,8	1002
<b>BP024</b>	Classe 1	Rio Brumado	Entre Rios de Minas (MG)	-20,65	-44,06	861
<b>BP026</b>	Classe 1	Rio Camapuã	Jeceaba (MG)	-20,56	-43,99	852
<b>BP027</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Congonhas (MG), Jeceaba (MG)	-20,51	-43,98	849
<b>BP029</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Belo Vale (MG)	-20,41	-44,03	803
<b>BP032</b>	Classe 1	Rio Macaúbas	Bonfim (MG)	-20,32	-44,15	786
<b>BP036</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Brumadinho (MG)	-20,2	-44,12	761
<b>BP066</b>	Classe 2	Rio Veloso	Itatiaiuçu (MG)	-20,17	-44,38	818
<b>BP068</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Mário Campos (MG), São Joaquim de Bicas (MG)	-20,1	-44,21	736
<b>BP069</b>	Classe 1	Ribeirão Serra Azul	Juatuba (MG)	-19,95	-44,34	726

Tabela 3-4 - Descrição das estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba (Cont.).

<b>Estação</b>	<b>Classe de Enquadramento</b>	<b>Curso d'água</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>
<b>BP070</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Betim (MG), São Joaquim de Bicas (MG)	-20,04	-44,25	740
<b>BP071</b>	Classe 3	Rio Betim	Betim (MG), Juatuba (MG)	-19,97	-44,27	759
<b>BP072</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Betim (MG)	-19,94	-44,31	711
<b>BP073</b>	Classe 2	Ribeirão das Areias ou Riacho das Pedras	Betim (MG)	-19,96	-44,2	812
<b>BP074</b>	Classe 1	Ribeirão dos Macacos (SF3)	Cachoeira da Prata (MG)	-19,52	-44,46	709
<b>BP075</b>	Classe 2	Córrego Pintado	Ibirité (MG)	-19,99	-44,1	813
<b>BP076</b>	Classe 2	Ribeirão São João	Inhaúma (MG), Paraopeba (MG)	-19,43	-44,52	676
<b>BP078</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Curvelo (MG), Pompéu (MG)	-19,17	-44,71	653
<b>BP079</b>	Classe 1	Rio Paraopeba	Congonhas (MG), Conselheiro Lafaiete (MG), São Brás do Suaçuí (MG)	-20,6	-43,91	909
<b>BP080</b>	Classe 2	Rio Maranhão	Congonhas (MG)	-20,51	-43,9	841
<b>BP081</b>	Classe 2	Ribeirão Ibirité	Ibirité (MG)	-20	-44,09	807
<b>BP082</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Esmeraldas (MG), São José da Varginha (MG)	-19,67	-44,48	698
<b>BP083</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Papagaios (MG), Paraopeba (MG)	-19,37	-44,53	674
<b>BP084</b>	Classe 2	Rio Maranhão	Conselheiro Lafaiete (MG)	-20,6	-43,8	896
<b>BP085</b>	Classe 2	Ribeirão Ibirité	Ibirité (MG)	-20,03	-44,12	778
<b>BP086</b>	Classe 2	Ribeirão Sarzedo	Betim (MG), Mário Campos (MG)	-20,05	-44,19	735
<b>BP088</b>	Classe 1	Rio Betim	Betim (MG)	-19,91	-44,17	819
<b>BP090</b>	Classe 2	Ribeirão Grande	Esmeraldas (MG)	-19,81	-44,39	710
<b>BP092</b>	Classe 1	Ribeirão Casa Branca	Brumadinho (MG)	-20,11	-44,06	890
<b>BP094</b>	Classe 1	Ribeirão Catarina	Brumadinho (MG)	-20,12	-44,04	907
<b>BP096</b>	Classe 2	Rio Manso	Brumadinho (MG)	-20,14	-44,22	761
<b>BP098</b>	Classe 2	Ribeirão do Cedro	Caetanópolis (MG), Paraopeba (MG)	-19,3	-44,48	682
<b>BP099</b>	Classe 2	Rio Paraopeba	Felixlândia (MG), Pompéu (MG)	-18,85	-44,79	585

Fonte: IGAM, 2016.

A Deliberação Normativa COPAM nº 14, de 28 de dezembro de 1995 (MINAS GERAIS, 1995) dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água na bacia do rio Paraopeba. Foram enquadrados 108 trechos, sendo o leito principal do rio Paraopeba, das nascentes até o barramento do primeiro açude enquadrado na Classe Especial, do barramento do primeiro açude até a confluência com o rio Maranhão enquadrado na Classe 1 e da confluência com o rio Maranhão até a represa de Três Marias enquadrado na Classe 2.

## 4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E PARAÓPEBA

A metodologia apresentada neste capítulo é comum às duas bacias hidrográficas, mas os resultados foram elaborados para cada bacia separadamente.

### 4.1 Metodologia

#### 4.1.1 Organização do banco de dados

Foram utilizados dados de monitoramento de qualidade da água fornecidos pelo IGAM, referentes ao Programa Águas de Minas para a bacia do rio Piracicaba e rio Paraopeba. Os dados foram organizados em planilhas Excel e divididos por estação de monitoramento considerando o ano de implementação da estação de monitoramento e a frequência de amostragem. A Tabela 4-1 apresenta as informações sobre o banco de dados fornecidos pelo IGAM para as bacias.

Tabela 4-1 – Informações sobre o banco de dados fornecidos pelo IGAM.

Bacia hidrográfica	Número de estações de monitoramento	Período de amostragem
Bacia do rio Piracicaba	13	07/1997 a 12/ 2015
Bacia do rio Paraopeba	37	09/1997 a 12/ 2015

Os dados apresentam frequência de monitoramento semestral e trimestral. Com relação ao número de parâmetros de monitoramento analisados, eles variam de 55 a 61 entre as estações de amostragem na área de estudo.

Para selecionar o banco de dados que permita a aplicação das técnicas multivariadas foi realizado um tratamento prévio que consistiu da seleção das estações de monitoramento bem como da frequência de monitoramento, definição do período de estudo e a seleção dos parâmetros de qualidade da água. Assim, a escolha do período foi feita com base no percentual de dados faltantes e de dados censurados de cada parâmetro de qualidade da água, considerando os dados de todas as estações. Este procedimento é importante para que todas as estações tenham o mesmo número de dados, mesma frequência de monitoramento e coletas nas mesmas datas, já que a análise multivariada fica comprometida pelas observações faltantes, em função da consequente eliminação de outros dados.

Os dados censurados, ou seja, os dados como valores abaixo ou acima do limite de detecção do método (LDM), foram substituídos pelo próprio valor do LDM. No caso dos valores abaixo, trabalhou-se a favor da segurança, considerando uma situação ainda pior do que a real

e quando os valores estavam acima do limite de detecção, a degradação já estava bem caracterizada.

A padronização dos dados na escala Z foi efetuada, como mencionado no item 3.2.3 - Preparação do banco de dados para análise multivariada.

#### **4.1.2 Análise descritiva do banco de dados**

A estatística descritiva foi calculada para os dados brutos (não padronizados) de cada parâmetro da qualidade da água selecionado para as estações de monitoramento selecionadas. A estatística descritiva consiste 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 normalidade dos dados não foi checada em função de estudos anteriores que demonstraram o comportamento assimétrico das observações (CALAZANS, 2015 e LIMA, 2016).

Todas as ocorrências de *outliers* foram analisadas individualmente para a decisão de manutenção ou retirada desses das análises.

#### **4.1.3 Avaliação da qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos**

A avaliação da qualidade das águas superficiais utilizando técnicas estatísticas, não paramétricas e multivariadas, foi realizada para a bacia do rio Paraopeba e para a bacia do rio Piracicaba separadamente, para identificar as estações mais impactadas em cada bacia e quais os parâmetros em desconformidade com a legislação.

Testes estatísticos não paramétricos de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas (quando aplicável), foram utilizados para identificar diferenças significativas entre as concentrações dos parâmetros de qualidade da água entre as estações de monitoramento, ao nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%. Dessa forma, foi possível identificar quais estações se apresentam mais impactadas dentro de cada bacia. Gráficos *box-plots* foram gerados para melhor visualização dos resultados.

#### **4.1.4 Análise das estações de amostragem mais impactadas nas bacias hidrográficas e os parâmetros responsáveis por esse impacto**

A Análise de Cluster (AC) foi empregada com o objetivo de avaliar a similaridade das estações de monitoramento em função das concentrações dos parâmetros de qualidade da água mensurados. Para isto, foi utilizado o método de Ward, também chamado de “Mínima Variância” (MINGOTI, 2005). Nesse método a formação dos grupos se dá pela maximização da homogeneidade dentro dos grupos. A soma de quadrados dentro dos grupos é usada como medida de homogeneidade. Isto é, o método de Ward tenta minimizar a soma de quadrados dentro do grupo. Os grupos formados em cada passo são resultantes de grupo solução com a menor soma de quadrados (SHARMA, 1996).

Para a Análise Fatorial (AF) foi utilizada 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 formado pela AC.

### **4.2 Resultados da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba**

#### **4.2.1 Organização dos dados de monitoramento da qualidade das águas da bacia do rio Piracicaba para realização das análises multivariadas**

Foram utilizados os dados de todas as 13 estações de monitoramento da bacia do rio Piracicaba. O período de monitoramento contínuo e comum entre as estações de monitoramento ativas é de 2008 a 2015, sendo selecionado para estudo neste trabalho. Para definição dos dados a serem utilizados optou-se por eliminar os que apresentaram mais de 10% de dados faltantes e mais de 90% de dados censurados (OLSEN *et al.*, 2012; CALAZANS, 2015).

Para a bacia do rio Piracicaba, dos 55 parâmetros de qualidade da água, apenas 21 (38%) apresentaram menos de 10% de dados faltantes. Os parâmetros cobre dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio apresentaram 97% e 91% de dados censurados, respectivamente, sendo, portanto, desconsiderados das análises. Os parâmetros temperatura do ar e coliformes totais foram excluídos das análises por não serem considerados representativos para indicar a contaminação da água.

Portanto, o banco de dados de monitoramento da bacia do rio Piracicaba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas abrangeu 377 coletas, de 16 parâmetros em 13 estações de monitoramento, resultando em uma análise de 5.999 dados válidos para o período do 4º trimestre de 2008 ao 4º trimestre de 2015. As características deste banco de dados estão apresentadas na Tabela 4-2.

Tabela 4-2 - Banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas.

<b>Período</b>	4º trimestre de 2008 ao 4º trimestre de 2015
<b>Total de coletas</b>	377
<b>Dados válidos</b>	5.999
<b>Estações de monitoramento</b>	RD025, RD026, RD027, RD029, RD030, RD031, RD032, RD034, RD035, RD074, RD075, RD076, RD099
<b>Parâmetros</b>	Cloreto total, clorofila <i>a</i> , condutividade elétrica <i>in loco</i> , demanda química de oxigênio, feofitina <i>a</i> , fósforo total, indicador microbiológico, nitrato, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, pH <i>in loco</i> , sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, sólidos totais, temperatura da água, turbidez

A Tabela 4-3 apresenta os 16 parâmetros mantidos no banco de dados, a notação de referência e as unidades de medida.

Tabela 4-3 - Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros selecionados para análise no presente estudo.

<b>Parâmetro</b>	<b>Notação de referência</b>	<b>Unidade</b>
Cloreto total	Cl <sub>T</sub>	mg/L
Clorofila <i>a</i>	Cl- <i>a</i>	µg/L
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	CE	µmho/cm
Demanda química de oxigênio	DQO	mg/L O <sub>2</sub>
Feofitina <i>a</i> *	Feof.	µg/L
Fósforo total	P <sub>T</sub>	mg/L P
Indicador microbiológico	Ind. biol.	NMP/100 mL
Nitrato	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L N
Oxigênio dissolvido	OD	mg/L O <sub>2</sub>
pH <i>in loco</i>	pH	-
Sólidos dissolvidos totais	SDT	mg/L
Sólidos em suspensão totais	SST	mg/L
Sólidos totais	ST	mg/L
Temperatura da água	Temperatura	°C
Turbidez	Turbidez	UNT

\*Este parâmetro por si só não faz sentido. O valor deve ser comparado com a clorofila *a*.

#### **4.2.2 Análise descritiva do banco de dados da bacia do rio Piracicaba**

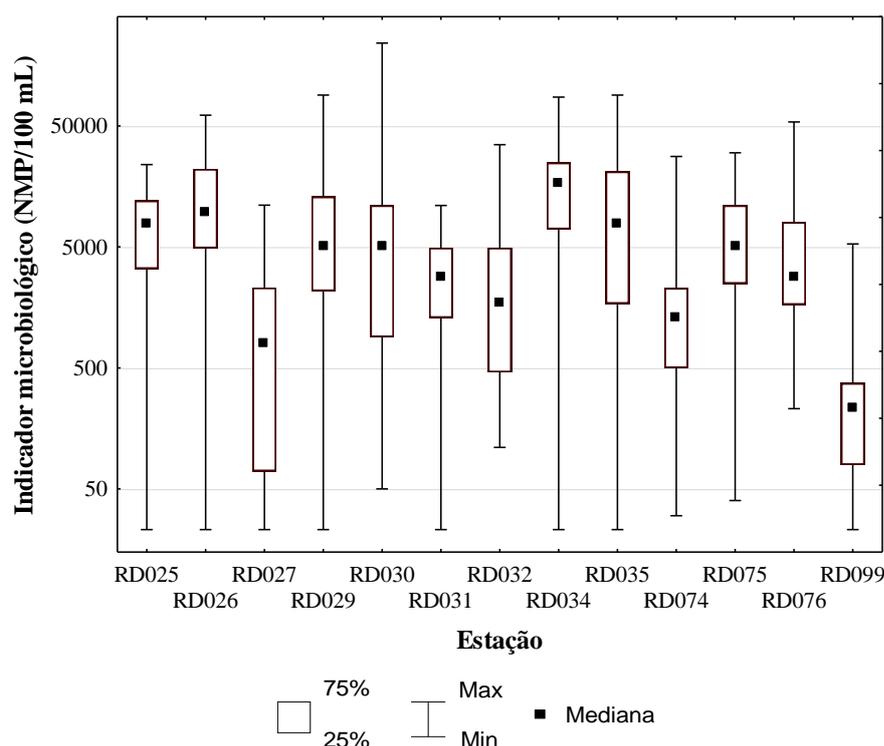
No Apêndice I estão apresentadas as estatísticas descritivas do banco de dados selecionados (Tabelas I.1 a I.16). Uma análise preliminar das medianas das estações de monitoramento permitiu identificar que a estação RD030, situada no rio do Peixe, em Nova Era, apresentou as maiores medianas para os parâmetros  $Cl-a$ , condutividade, DQO, Feof.,  $P_T$ ,  $N-NO_3^-$ , pH, SDT e ST em relação às demais estações analisadas, enquanto a estação RD034, localizada no rio Piracicaba, em Cel. Fabriciano e Timóteo, apresentou valores medianos de concentração para o cloreto e indicador microbiológico superior às demais. Por outro lado, a estação RD099, localizada no rio Maquiné em Catas Altas, destaca-se por apresentar os menores valores medianos para a maioria dos parâmetros analisados, indicando qualidade da água menos degradada, isso pode ocorrer já que a estação se encontra localizada nas cabeceiras do curso d'água.

#### **4.2.3 Avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos**

Na avaliação da qualidade das águas superficiais utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foram identificadas diferenças significativas para as concentrações de todos os parâmetros de qualidade da água analisados, exceto feofitina  $a$ , entre as estações da bacia do rio Piracicaba. Apesar dos parâmetros ferro dissolvido e manganês total terem sido excluídos das análises multivariadas em função do critério adotado, suas concentrações foram comparadas em função da sua importância para a região.

A Figura 4-1 apresenta o *box-plot* das concentrações do parâmetro indicador microbiológico considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. Verifica-se que os maiores valores de mediana da série estão localizados no rio Piracicaba nos municípios de rio Piracicaba (RD025), João Monlevade (RD026) e Coronel Fabriciano (RD034) e no rio Doce no município de Ipatinga (RD035).

Figura 4-1 – *Box-plot* das concentrações do parâmetro **indicador microbiológico**, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.



A Tabela 4-4 apresenta os resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. Observa-se que a estação RD099, localizada próxima à nascente do rio Maquiné, apresenta mediana significativamente menor em relação à maioria das estações da bacia do rio Piracicaba, indicando qualidade da água menos degradada em relação ao parâmetro indicador microbiológico.

Tabela 4-4 - Resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba, para o parâmetro **indicador microbiológico**.

<i>Estações</i>	<b>RD025</b>	<b>RD026</b>	<b>RD027</b>	<b>RD029</b>	<b>RD030</b>	<b>RD031</b>	<b>RD032</b>	<b>RD034</b>	<b>RD035</b>	<b>RD074</b>	<b>RD075</b>	<b>RD076</b>	<b>RD099</b>
<b>RD025</b>		=	↓	=	=	=	=	=	=	↓	=	=	↓
<b>RD026</b>	=		↓	=	=	=	↓	=	=	↓	=	=	↓
<b>RD027</b>	↑	↑		↑	↑	=	=	↑	↑	=	↑	↑	=
<b>RD029</b>	=	=	↓		=	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD030</b>	=	=	↓	=		=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD031</b>	=	=	=	=	=		=	↑	=	=	=	=	↓
<b>RD032</b>	=	↑	=	=	=	=		↑	=	=	=	=	=
<b>RD034</b>	=	=	↓	=	=	↓	↓		=	↓	=	=	↓
<b>RD035</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=		↓	=	=	↓
<b>RD074</b>	↑	↑	=	=	=	=	=	↑	↑		↓	↑	=
<b>RD075</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	↓		↑	↓
<b>RD076</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=		↓
<b>RD099</b>	↑	↑	=	↑	↑	↑	=	↑	↑	=	↑	↑	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

A Figura 4-2 apresenta os resultados para o parâmetro fósforo total. Verifica-se que apenas a estação RD030, localizada no rio do Peixe próximo a sua confluência no rio Piracicaba, apresentou resultado de mediana acima do limite estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº01/08 (0,01 mg/L).

De acordo com FEAM, 2013, esse trecho do rio do Peixe recebe toda contribuição do município de Itabira, que tem um percentual de 50% da população urbana atendida por tratamento de esgotos. A parcela da população que não é atendida por tratamento de esgoto lança seus efluentes no córrego da Penha e no ribeirão do Peixe, ou em seus afluentes. Condições de qualidade da água ruins também são observadas nos seguintes trechos do rio Piracicaba: a jusante de João Monlevade (RD026) e a jusante de Ipatinga (RD035).

A Tabela 4-5 apresenta os resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba. Observa-se que a estação RD030, localizada no rio do Peixe, apresenta mediana significativamente maior em relação à maioria das estações da bacia do rio Piracicaba, indicando qualidade da água mais degradada em relação ao parâmetro fósforo total.

Figura 4-2 – *Box-plot* das concentrações do parâmetro **fósforo total**, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.

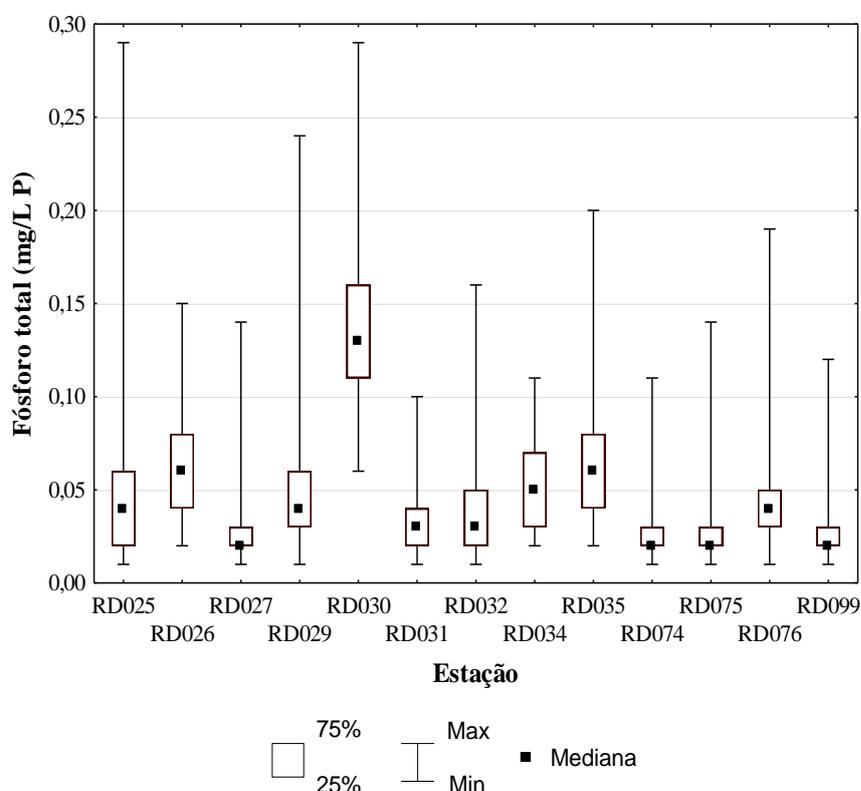


Tabela 4-5 - Resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba, para o parâmetro **fósforo total**.

Estações	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>		=	=	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD026</b>	=		↓	=	=	↓	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD027</b>	=	↑		=	↑	=	=	↑	↑	=	=	=	=
<b>RD029</b>	=	=	↓		↑	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD030</b>	↓	=	↓	↓		↓	↓	↓	=	↓	↓	↓	↓
<b>RD031</b>	=	↑	=	=	↑		=	=	=	=	=	=	=
<b>RD032</b>	=	=	=	=	↑	↓		=	=	=	=	=	=
<b>RD034</b>	=	=	↓	=	↑	=	↓		=	↓	↓	=	↓
<b>RD035</b>	=	=	↓	=	=	=	=	↓		↓	↓	=	↓
<b>RD074</b>	=	↑	=	=	↑	=	=	↑	↑		↓	=	=
<b>RD075</b>	=	↑	=	=	↑	=	=	↑	↑	↓		↓	=
<b>RD076</b>	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=	↓		↓
<b>RD099</b>	=	↑	=	=	↑	=	=	↑	↑	=	=	↓	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

A Figura 4-3 apresenta os resultados para o parâmetro cloreto total e a Tabela 4-6 os resultados dos testes estatísticos.

Figura 4-3 – *Box-plot* das concentrações do parâmetro **cloreto total**, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.

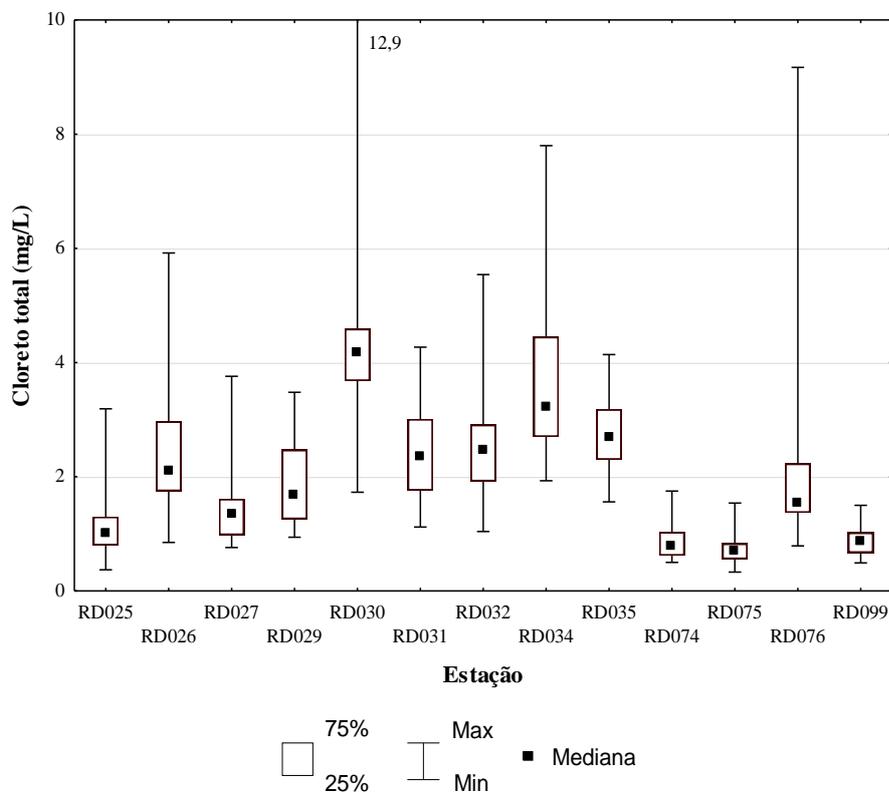


Tabela 4-6 - Resultados do teste de comparações múltiplas para o parâmetro **cloreto total**, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.

Estações	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>		↑	=	=	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	=	=
<b>RD026</b>	↓		=	=	↑	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD027</b>	=	=		=	↑	=	↑	↑	↑	=	=	=	=
<b>RD029</b>	=	=	=		↑	=	=	↑	=	↓	↓	=	↓
<b>RD030</b>	↓	↓	↓	↓		=	=	=	=	↓	↓	↓	↓
<b>RD031</b>	↓	=	=	=	=		=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD032</b>	↓	=	↓	=	=	=		=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD034</b>	↓	=	↓	↓	=	=	=		=	↓	↓	↓	↓
<b>RD035</b>	↓	=	↓	=	=	=	=	=		↓	↓	=	↓
<b>RD074</b>	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑		=	↑	=
<b>RD075</b>	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		↑	=
<b>RD076</b>	=	=	=	=	↑	=	=	↑	=	↓	↓		↓
<b>RD099</b>	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	↑	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Todas as estações da bacia do rio Piracicaba apresentaram concentrações de cloreto total e nitrato abaixo dos limites preconizados pela legislação, 250 mg/L Cl e 10 mg/L N, respectivamente, no entanto a estação RD030 (Rio do Peixe) apresentou mediana significativamente superior à maioria das estações conforme apresentado na Figura 4-4 e Tabela 4-7 para o parâmetro nitrato.

Figura 4-4 – *Box-plot* das concentrações do parâmetro **nitrato**, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.

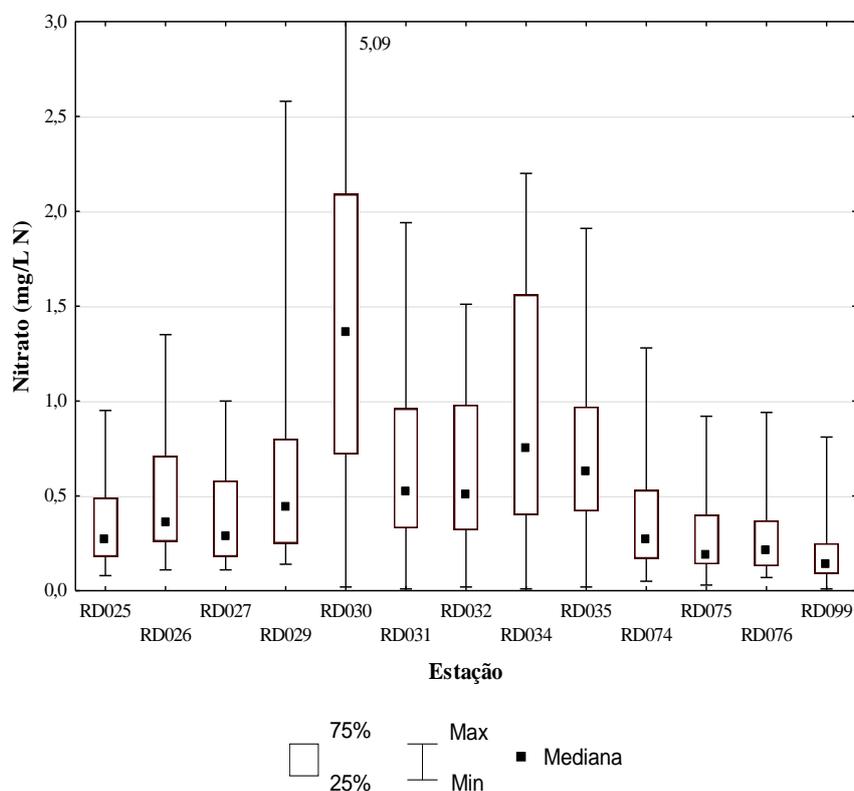


Tabela 4-7 - Resultados do teste de comparações múltiplas para o parâmetro **nitrato**, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.

<i>Estações</i>	<i>RD025</i>	<i>RD026</i>	<i>RD027</i>	<i>RD029</i>	<i>RD030</i>	<i>RD031</i>	<i>RD032</i>	<i>RD034</i>	<i>RD035</i>	<i>RD074</i>	<i>RD075</i>	<i>RD076</i>	<i>RD099</i>
<b>RD025</b>		=	=	=	↑	=	=	↑	=	=	=	=	=
<b>RD026</b>	=		=	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD027</b>	=	=		=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD029</b>	=	=	=		↑	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD030</b>	↓	↓	↓	↓		=	=	=	=	↓	↓	↓	↓
<b>RD031</b>	=	=	=	=	=		=	=	=	=	↓	↓	↓
<b>RD032</b>	=	=	=	=	=	=		=	=	=	↓	↓	↓
<b>RD034</b>	↓	=	=	=	=	=	=		=	=	↓	↓	↓
<b>RD035</b>	=	=	=	=	=	=	=	=		=	↓	↓	↓
<b>RD074</b>	=	=	=	=	↑	=	=	↑	=		=	=	=
<b>RD075</b>	=	=	=	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑		=	=
<b>RD076</b>	=	=	=	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=		=
<b>RD099</b>	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

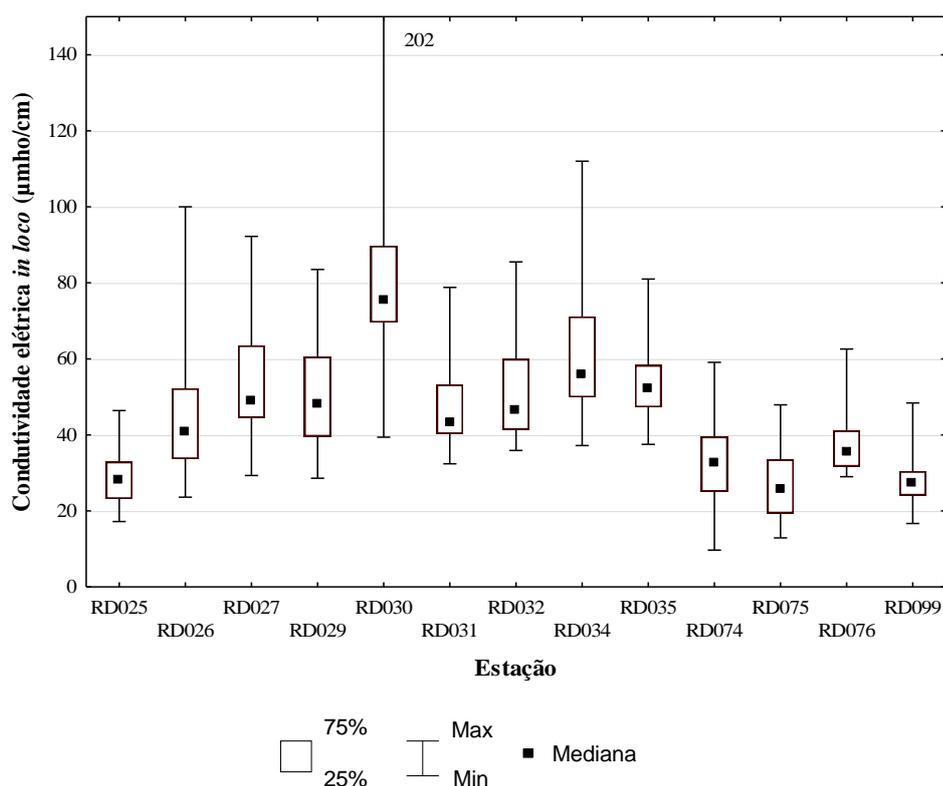
↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

As principais fontes de cloreto total e nitratos nas águas superficiais são as descargas de esgotos sanitários e alguns efluentes industriais. Como já mencionado, a estação RD030 está localizada no rio do Peixe e recebe toda contribuição de efluentes domésticos do município de Itabira, enquanto a estação RD034, localizada no rio Piracicaba à jusante de Coronel Fabriciano, município em que cerca de 13% da população urbana não é atendida por serviço de coleta de esgoto e nem por tratamento (FEAM, 2013).

A condutividade elétrica *in loco* representa uma medida indireta da concentração de poluentes, e em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{mho/cm}$  indicam ambientes impactados (CETESB, 2009). Valores acima de 100  $\mu\text{mho/cm}$  foram verificados nas estações RD030 e RD034, conforme Figura 4-5.

Portanto, esses resultados, remetem principalmente aos lançamentos de esgotos sanitários sem tratamento ou com tratamento insuficiente desses municípios e aos lançamentos de efluentes industriais (abate de animais, curtumes, indústrias têxteis e de celulose) presentes na bacia (FEAM, 2013), destacando-se, principalmente, as estações RD030 e RD034 como as mais impactadas.

Figura 4-5 – *Box-plot* das concentrações do parâmetro **condutividade elétrica *in loco***, considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.



Os gráficos *box-plots* gerados e os resultados do teste de comparações múltiplas para os demais parâmetros selecionados, ferro dissolvido e manganês total são apresentados na Figura I.1. do Apêndice I e a Tabela I.17 apresenta o resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro condutividade elétrica *in loco*.

A Tabela 4-8 apresenta um resumo das estações mais impactadas na bacia do rio Piracicaba e os parâmetros responsáveis de acordo com os resultados dos testes de comparações múltiplas. Observa-se que para os parâmetros cloreto total, clorofila *a*, condutividade elétrica *in loco*, DQO, fósforo total, nitrato, pH, SDT e ST, a estação RD030 é a estação que apresenta concentrações significativamente maiores que das outras estações podendo ser considerada a estação mais impactada na bacia do rio Piracicaba seguida pela estação RD034, que apresenta concentrações significativamente superiores às outras estações para os parâmetros indicador microbiológico, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido e temperatura.

Tabela 4-8 – Estações mais impactadas na bacia do rio Piracicaba, considerando concentrações significativamente maiores que das outras.

<b>Estações mais impactadas</b>	<b>Parâmetros responsáveis</b>	<b>Localização</b>
RD030	Cl <sub>T</sub> ; Cl- <i>a</i> ; CE; DQO; P <sub>T</sub> ; N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; pH; SDT; ST	Nova Era
RD034	Ind. biol.; N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; OD; temperatura	Coronel Fabriciano e Timóteo
RD099	Fe; Mn	Catas Altas
RD035	SST; Turbidez	Ipatinga
RD074	Mn	Mariana
RD026	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	João Monlevade

Utilizando os resultados dos testes de comparações múltiplas também foi elaborada a Tabela 4-9 com o resumo das estações menos impactadas na bacia do rio Piracicaba e os parâmetros responsáveis pela melhor condição na qualidade das águas. Verifica-se que a estação RD099, localizada próximo à nascente do rio Maquiné, no município de Catas Altas, apresenta o maior número de parâmetros com concentrações significativamente menores em relação às outras estações, podendo ser considerada a estação menos impactada na bacia do rio Piracicaba.

Tabela 4-9 – Estações menos impactadas na bacia do rio Piracicaba, considerando concentrações significativamente menores que das outras.

<b>Estações menos impactadas</b>	<b>Parâmetros responsáveis</b>	<b>Localização</b>
RD099	Cl <sub>T</sub> ; Cl- <i>a</i> ; Ind. Biol., CE; P <sub>T</sub> ; N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; N <sub>2</sub> ; pH; SDT; SST; ST; Turb.	Catas Altas
RD075	Cl <sub>T</sub> ; CE; P <sub>T</sub> ; N <sub>2</sub> ; SDT	Alvinópolis
RD025	Cl- <i>a</i> ; CE; DQO	Rio Piracicaba
RD027	DQO; P <sub>T</sub> ; Temp.	São Gonçalo do Rio Abaixo
RD074	Cl <sub>T</sub> ; P <sub>T</sub>	Mariana
RD076	Cl- <i>a</i> ; Mn	Nova Era
RD032	OD; Mn	Antônio Dias
RD031	Mn	Coronel Fabriciano

#### **4.2.4 Análise das estações de amostragem mais impactadas da bacia do rio Piracicaba e os parâmetros responsáveis por esse impacto**

De acordo com Naghettini e Pinto (2007) grandes variações podem existir em dados ambientais, e, além disso, *outliers* são característicos principalmente de variações hidrológicas. Dessa forma, após exame individual de cada *outlier* dos bancos de dados, decidiu-se pela manutenção de todas as observações nas análises multivariadas.

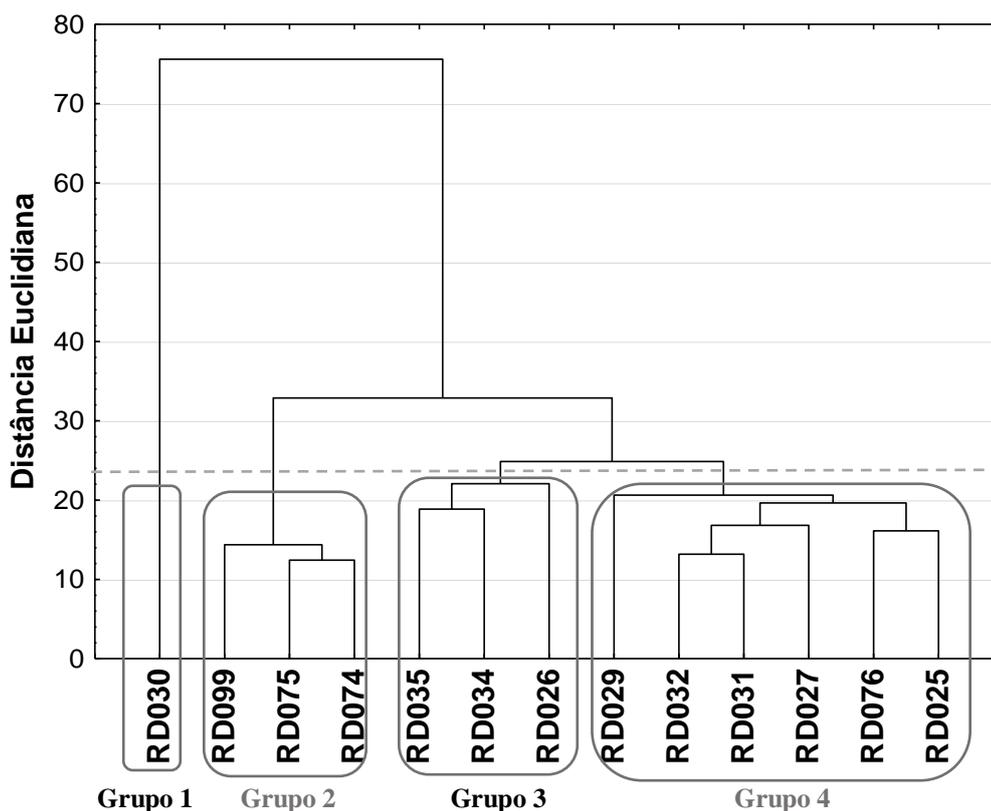
A Análise de Cluster (AC) foi realizada com a finalidade de agrupar as estações de monitoramento de acordo com suas similaridades. Foram testados três métodos de aglomeração hierárquica: ligação simples, ligação completa e método de Ward, sendo que o último apresentou menor encadeamento, sendo, portanto, escolhido para apresentar os resultados. Para calcular a altura da linha de corte, que determina a quantidade de grupos no dendrograma gerado, foi utilizada a Tabela 4-10, com os valores das distâncias de ligação entre as variáveis. Dessa forma, o corte foi realizado em relação às maiores distâncias em que os grupos foram formados (2,79337), desconsiderando os dois últimos grandes saltos, e também foram levados em consideração os resultados do teste de Kruskal- Wallis e do teste de comparações múltiplas.

Tabela 4-10 - Valores da diferença entre as distâncias de ligação ao longo dos passos de agrupamento, para análise referente ao banco de dados da bacia do rio Piracicaba.

<b>Distância de ligação</b>	<b>Agrupamentos</b>	<b>Diferença entre os valores de ligação (saltos)</b>
12,42407	RD074 RD075	-
13,17753	RD031 RD032	0,75346
14,37696	RD074 RD075 RD099	1,19943
16,11931	RD025 RD076	1,74235
16,81683	RD027 RD031 RD032	0,69752
18,86346	RD034 RD035	2,04663
19,64423	RD025 RD076 RD027 RD031 RD032	0,78077
20,61919	RD025 RD076 RD027 RD031 RD032 RD029	0,97496
22,07539	RD026 RD034 RD035	1,45620
24,86876	RD025 RD076 RD027 RD031 RD032 RD029 RD026 RD034 RD035	2,79337
32,87348	RD025 RD076 RD027 RD031 RD032 RD029 RD026 RD034 RD035 RD074 RD075 RD099	8,00472
75,60129	RD025 RD076 RD027 RD031 RD032 RD029 RD026 RD034 RD035 RD074 RD075 RD099 RD030	42,72781

A distância Euclidiana utilizada para a linha de corte foi de 23,47 (média entre 22,07539 e 24,86876), que resultou na formação de 4 grupos. Os agrupamentos formados são apresentados na Figura 4-6.

Figura 4-6 - Dendrograma da Análise de Cluster para o banco de dados da bacia do rio Piracicaba, referente ao período de 2008 a 2015 para 16 parâmetros e 13 estações de monitoramento.



Analisando-se o dendrograma, a linha de corte levou à formação de quatro agrupamentos, um grupo contendo somente a estação RD030, um outro contendo as estações da calha do rio Piracicaba e uma estação do rio Maquiné (grupo 2), e os outros abrangendo as demais estações do rio Piracicaba e dos seus afluentes e a estação no rio Doce (grupos 3 e 4).

É possível perceber que a menor distância Euclidiana, com valor igual a 12,42, ocorreu entre as estações RD074 e RD075, ambas no rio Piracicaba, sendo, portanto, as estações com maior similaridade. Dentre as treze estações de monitoramento avaliadas, a estação RD030 se diferenciou das demais permanecendo isolada no dendrograma e pode ser considerada a mais relevante na bacia do rio Piracicaba. Como visto na Tabela 4-8 a estação RD030 apresenta o maior número de parâmetros em desconformidade com a legislação ambiental (Cl<sup>-</sup>; Cl<sup>-a</sup>; CE; DQO; Pt; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; pH; SDT; ST), sendo, portanto, a mais impactada em toda a bacia.

Não por acaso, as estações pertencentes ao grupo 3, localizadas no rio Doce em Ipatinga (RD035), no rio Piracicaba a jusante de Coronel Fabriciano (RD034) e a jusante de João Monlevade (RD026), representam os corpos de água que obtiveram as maiores frequências na faixa de qualidade “Ruim” na comparação dos valores do Índice de Qualidade da Água (IQA) entre as estações de monitoramento da bacia do rio Piracicaba no período de 2000 a 2013 (IGAM, 2014). A ocorrência de IQA “Ruim” nos corpos de água citados refletem os

lançamentos de esgotos sanitários tratados e não tratados, além de efluentes industriais, principalmente indústrias de abate de animais, curtumes, celulose e têxtil dos municípios presentes nessas regiões, destacando-se principalmente João Monlevade, Rio Piracicaba, Nova Era, Itabira, Coronel Fabriciano e São Domingos do Prata.

Dentre os corpos de água que apresentaram as melhores condições de IQA no ano de 2015 no Estado de Minas Gerais, dois estão localizados na bacia do rio Piracicaba e pertencem aos grupos 2 e 4 formados na AC, sendo eles o rio Santa Bárbara em São Gonçalo do Rio Abaixo (RD027) e o rio Maquiné em Catas Altas (RD099) (IGAM, 2016). Portanto, esses grupos apresentam melhores condições de qualidade da água.

A Análise Fatorial foi aplicada com o objetivo de tentar justificar os agrupamentos encontrados na AC e identificar os principais parâmetros responsáveis pela poluição/degradação em cada um dos grupos. Ela foi aplicada, individualmente, para os agrupamentos com mais de uma estação.

Para a escolha do número de fatores adequados ao estudo foram excluídos aqueles com autovalores menores que um (KOWLKOWSKI *et al.*, 2006). Já para a seleção das cargas significativas foi adotada a definição de Liu *et al.* (2003) que considera cargas maiores que 0,75 fortes, entre 0,75-0,50 moderadas e entre 0,50-0,30 fracas. Nessa pesquisa somente foram utilizadas as cargas moderadas e fortes, por serem consideradas as mais importantes para a variância encontrada nos dados, auxiliando na identificação das principais fontes de poluição que atuam sobre a qualidade da água monitorada.

O resultado da AF explica de 64,4 a 71,7% da variabilidade da qualidade das águas superficiais de cada agrupamento formado pela AC, restando cinco 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 4-11 para o grupo 2.

Tabela 4-11 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água da bacia do rio Piracicaba para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes ao grupo 2 formado pela Análise de Cluster.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl <sub>T</sub>	0,09644	<b>0,60412</b>	-0,20586	-0,02360	0,11432
Cl- <i>a</i>	<b>0,56912</b>	-0,17241	0,04057	0,37855	0,05930
Ind. Biol.	0,41510	-0,12784	0,17795	-0,21047	-0,46155
CE	-0,35601	<b>0,68554</b>	0,25123	0,37822	-0,08380
DQO	<b>0,51138</b>	-0,19155	-0,19056	0,22561	0,37058
Feof.	<b>0,55419</b>	-0,19191	-0,05101	-0,08167	0,10871
P <sub>T</sub>	<b>0,66603</b>	0,07406	0,12785	0,05494	0,09194
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,00658	<b>0,83072</b>	0,02958	-0,07030	-0,04852
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,10441	-0,08417	-0,05011	0,21548	<b>-0,79910</b>
OD	0,12827	0,05715	<b>0,89950</b>	0,05064	-0,00514
pH	-0,14305	<b>0,61060</b>	0,20471	0,37356	0,16860
SDT	0,01030	0,14043	0,04690	<b>0,84500</b>	-0,12595
SST	<b>0,89319</b>	0,06278	0,02215	-0,14133	-0,13454
ST	<b>0,89237</b>	0,08366	0,03018	0,00297	-0,15441
Temperatura	0,02945	0,03283	<b>-0,93894</b>	-0,03643	0,04129
Turbidez	<b>0,88526</b>	-0,06954	-0,02248	-0,04898	0,02207
Variabilidade (%)	26,29677	14,97934	10,91989	7,00451	6,56047
% acumulada	26,29677	41,27611	52,19601	59,20052	65,76099

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

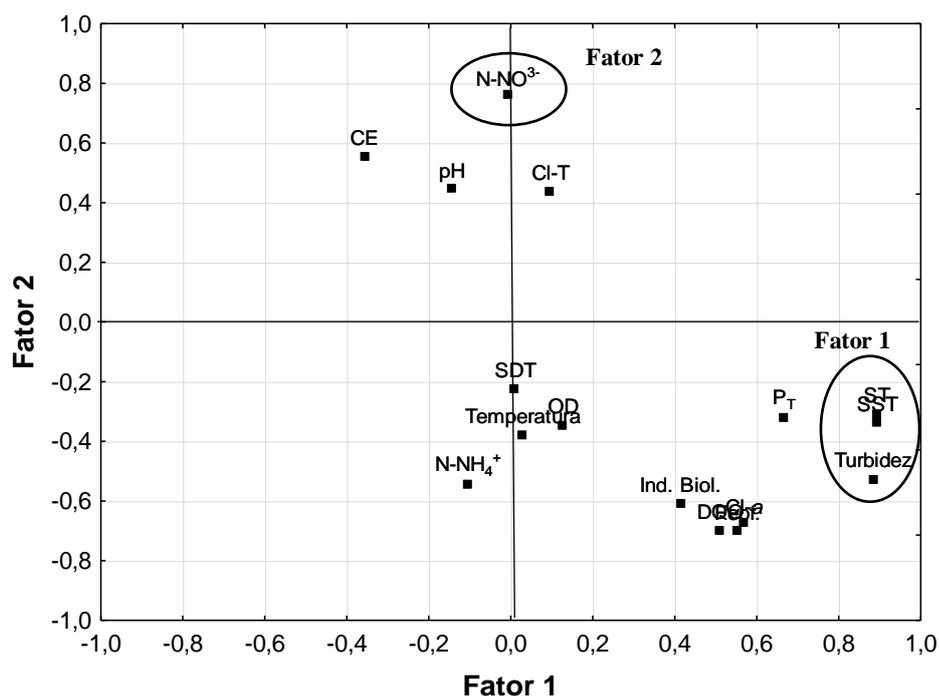
**Negrito e sublinhado** - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

O grupo 2 formado pelas estações situadas nos municípios de Mariana (RD074), Alvinópolis (RD075) e Catas Altas (RD099) tem 65,8% de sua variabilidade explicada por cinco fatores. O fator 1 possui correlações fortes relacionadas a série de sólidos (SST, ST) e turbidez, e correlações moderadas relacionadas aos parâmetros clorofila *a*, DQO, feofitina e fósforo total.

Esses parâmetros estão associados ao lançamento de esgotos domésticos e diversos efluentes industriais, além da erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo e atividades de mineração. Aumentos excessivos de turbidez reduzem a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas, justificando a correlação com os parâmetros clorofila *a* e feofitina (CETESB, 2009).

O gráfico das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* é apresentado na Figura 4-7 para o Grupo 2. Através desse gráfico é possível notar os parâmetros que estão mais proximamente associados ao fator 1 e ao fator 2. Assim, foi possível agrupar os parâmetros por fatores, de acordo com os resultados da Tabela 4-11. Observa-se que os parâmetros mais próximos ao eixo central carregam muito pouco dos fatores 1 e 2.

Figura 4-7 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 2 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Piracicaba.



Os valores das cargas fatoriais de cada parâmetro para cada fator e a variabilidade da qualidade da água explicada por cada fator para o grupo 3 estão apresentados na Tabela 4-12.

Tabela 4-12 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água da bacia do rio Piracicaba para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes ao grupo 3 formado pela Análise de Cluster.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl <sub>T</sub>	-0,08239	<b>-0,69359</b>	0,00777	-0,01363	0,33381
Cl- <i>a</i>	0,05095	0,03059	-0,18213	<b>-0,61297</b>	0,00971
Ind. Biol.	0,16700	-0,23156	<b>0,51300</b>	0,08900	0,30183
CE	-0,16267	<b>-0,80110</b>	0,23035	0,23372	0,32531
DQO	0,33539	0,18407	0,28679	<b>0,57485</b>	0,30703
Feof.	0,27220	<b>0,56342</b>	-0,09895	0,40313	0,29572
P <sub>T</sub>	<b>0,69942</b>	0,09890	0,11397	-0,15070	0,48199
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,03063	<b>-0,81013</b>	-0,03864	0,12225	-0,07029
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,20348	-0,24208	0,06030	-0,06141	<b>0,77065</b>
OD	0,12808	0,05253	<b>-0,87439</b>	-0,14439	-0,17349
pH	-0,08333	-0,22037	-0,04982	<b>0,72066</b>	-0,19408
SDT	<b>0,66265</b>	-0,32401	0,08971	0,35858	0,19633
SST	<b>0,91973</b>	0,18046	0,07014	0,02120	-0,19628
ST	<b>0,95964</b>	0,08861	0,08119	0,09750	-0,12986
Temperatura	0,26402	0,06669	<b>0,79864</b>	0,07353	-0,31057
Turbidez	<b>0,85010</b>	0,21729	-0,01659	-0,18698	-0,12781
Variabilidade (%)	26,47472	19,04282	10,17478	8,31030	7,73106
% acumulada	26,47472	45,51755	55,69233	64,00263	71,73369

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

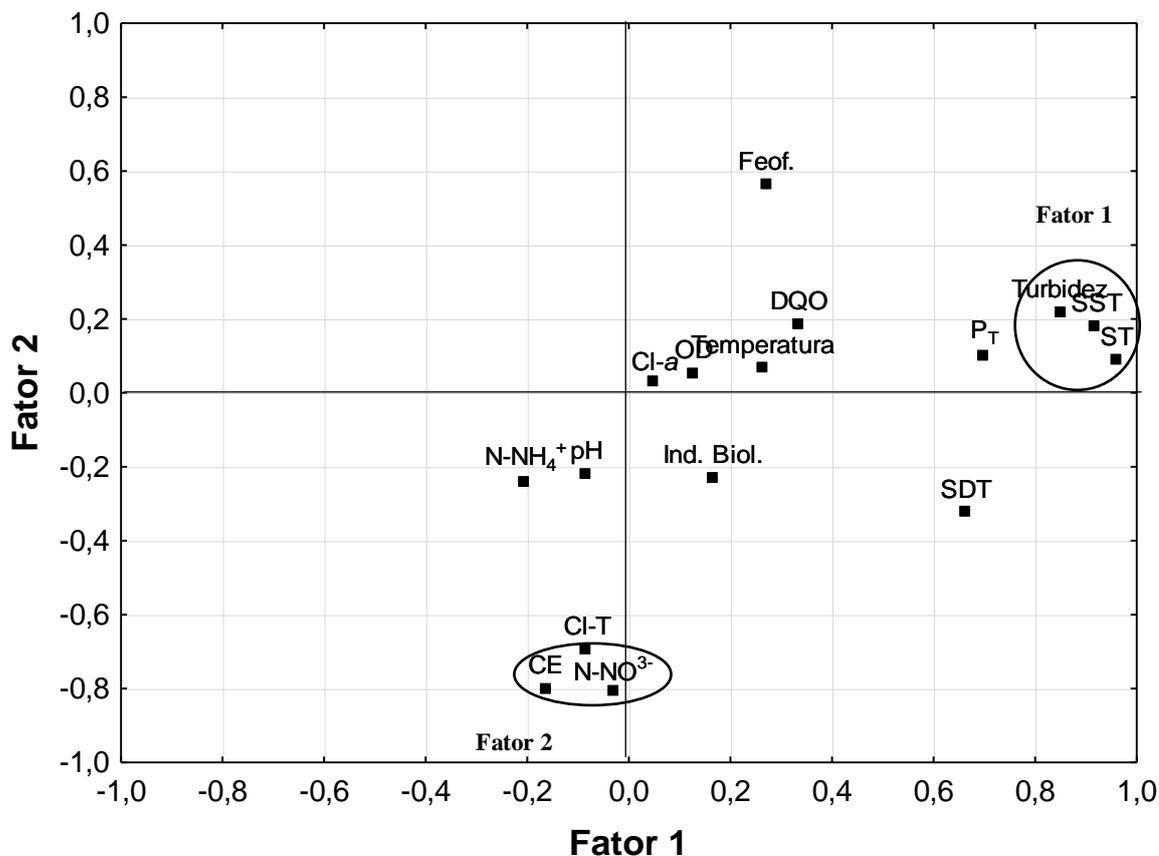
**Negrito e sublinhado** - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

O grupo 3 é formado pelas estações RD035, RD034 e RD026, situadas nos municípios de Ipatinga, Coronel Fabriciano/Timóteo e João Monlevade, respectivamente. O grupo tem 71,7% de sua variabilidade explicada por cinco fatores. O fator 1 possui correlações fortes relacionadas a série de sólidos (SST, ST) e turbidez, e correlações moderadas relacionadas aos parâmetros fósforo total e SDT.

Esses parâmetros estão associados ao lançamento de esgotos domésticos e principalmente à erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo e atividades de mineração.

A Figura 4-8 apresenta o gráfico das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* para o Grupo 3. Através desse gráfico foi possível agrupar os parâmetros por fatores (de acordo com os resultados da Tabela 4-12) e visualizar aqueles que estão mais proximamente associados ao fator 1 e ao fator 2.

Figura 4-8 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 3 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Piracicaba.



Os valores das cargas fatoriais de cada parâmetro para cada fator e a variabilidade da qualidade da água explicada por cada fator para o grupo 4 estão apresentados Tabela 4-13.

Tabela 4-13 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água da bacia do rio Piracicaba para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes ao grupo 4 formado pela Análise de Cluster.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl <sub>T</sub>	-0,00159	<b>0,70851</b>	0,13173	0,20548	-0,13094
Cl- <i>a</i>	0,01880	-0,12310	-0,08659	<b>0,86233</b>	-0,07300
Ind. Biol.	0,32758	-0,18387	0,22428	0,07838	-0,16323
CE	-0,06608	<b>0,83282</b>	0,08475	0,06769	0,10450
DQO	0,31269	0,03335	<b>0,57994</b>	-0,00719	0,25444
Feof.	<b>0,50483</b>	-0,32127	-0,03380	-0,23920	-0,38735
P <sub>T</sub>	<b>0,71958</b>	0,00149	-0,01691	-0,11512	0,06727
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,05425	<b>0,75499</b>	-0,00951	-0,21899	0,05300
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,02915	-0,01207	-0,08793	-0,07495	<b>0,88137</b>
OD	0,04212	-0,00959	<b>-0,82641</b>	0,00979	0,08875
pH	0,15224	<b>0,54909</b>	-0,04605	-0,28083	0,01598
SDT	<b>0,53971</b>	0,41843	0,18093	0,42623	0,21044
SST	<b>0,88420</b>	0,08820	0,08684	-0,01982	-0,10372
ST	<b>0,90409</b>	0,13559	0,10506	0,03429	-0,07221
Temperatura	0,11833	0,14209	<b>0,79887</b>	-0,04390	-0,13882
Turbidez	<b>0,86254</b>	-0,11789	0,14698	0,16363	0,06628
Variabilidade (%)	24,56823	15,95430	9,72247	7,52341	6,62079
% acumulada	24,56823	40,52253	50,24500	57,76841	64,38921

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

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

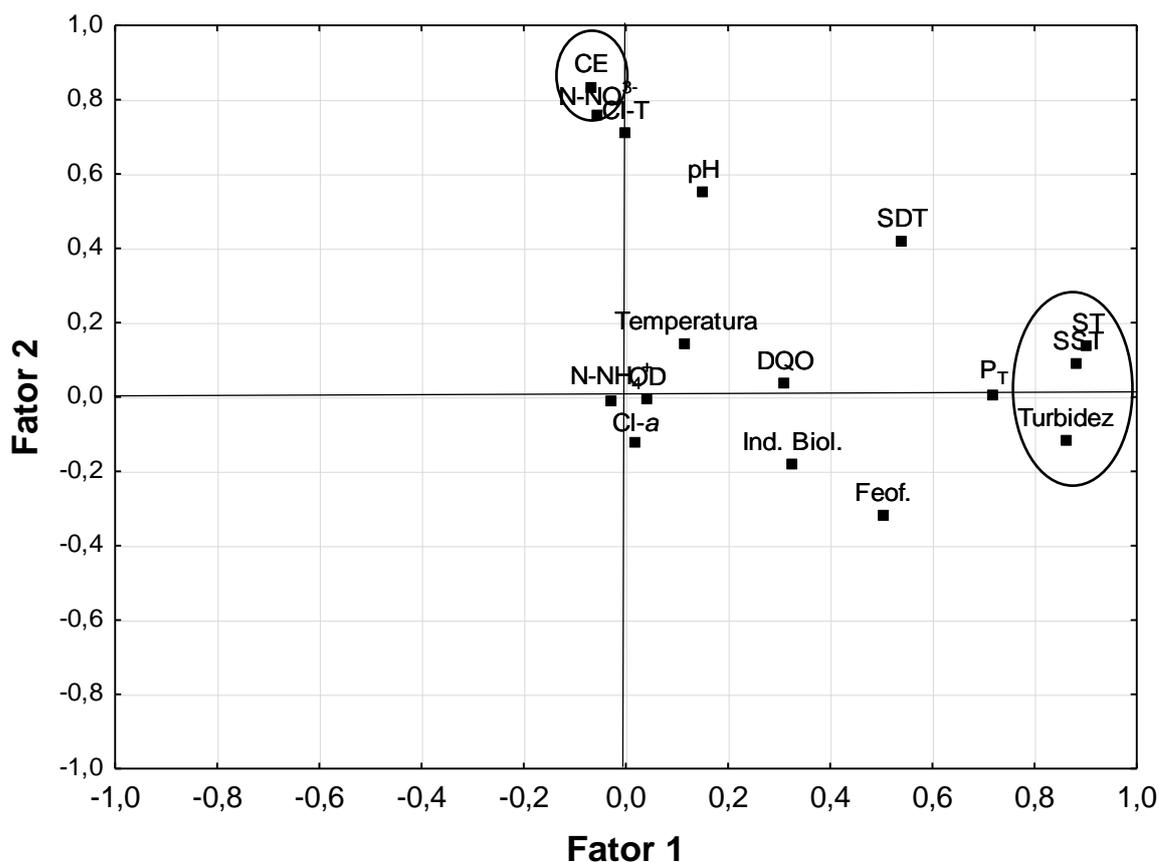
O grupo 4 é formado pelas estações situadas nos municípios de Nova Era (RD029 e RD076), Antônio Dias (RD032), Coronel Fabriciano/Timóteo (RD031), São Gonçalo do Rio Abaixo (RD027) e Rio Piracicaba (RD025). O grupo tem 64,4% de sua variabilidade explicada por cinco fatores. O fator 1 possui correlações fortes relacionadas a série de sólidos (SST e ST) e turbidez, e correlações moderadas relacionadas aos parâmetros feofitina, fósforo total e SDT.

O lançamento de esgotos domésticos e diversos efluentes industriais, o assoreamento do solo e as atividades de mineração são as principais causas associadas a esses parâmetros. De acordo com CETESB (2009), a concentração de fósforo total 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 Figura 4-9 apresenta o gráfico das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* para o Grupo 4. Através desse gráfico é possível notar os parâmetros que estão mais proximamente associados ao fator 1 e ao fator 2. Assim, foi possível agrupar os parâmetros por fatores, de acordo com os resultados da Tabela 4-13.

Sendo assim, a diminuição da qualidade da água nas estações desses 3 grupos pode ocorrer devido principalmente à falta de cobertura do solo e a exposição do mesmo, associado a áreas de pastagem e de mineração, favorecendo o aporte de sólidos no rio Piracicaba, podendo carrear, nos períodos chuvosos, nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, provenientes da fertilização do solo, ou de outras fontes, além do lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais.

Figura 4-9 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 4 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Piracicaba.



#### 4.2.5 Conclusões da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba

Na bacia do rio Piracicaba, a qualidade das águas pode ter sido agravada, principalmente, pelas atividades minerárias e pecuária. Também foram verificados resultados associados aos lançamentos de esgotos sanitários, sobretudo dos municípios de Rio Piracicaba, João Monlevade, Nova Era, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Santa Bárbara e Antônio Dias e nos distritos de Santa Rita Durão e Santa Rita de Pacas. Além disso, as cargas difusas, os processos erosivos e assoreamento também contribuem para impactar a qualidade das águas. Dessa forma, para que as águas sejam devolvidas às suas adequadas condições de qualidade,

são necessários investimento em saneamento básico, melhoria na eficiência do tratamento dos efluentes industriais, manejo adequado do solo, preservação da vegetação marginal e ações de educação ambiental. O rio do Peixe, localizado em Nova Era, pode ser classificado como o curso d'água mais impactado da bacia do rio Piracicaba, uma vez que a estação RD030 apresentou piores resultados para os parâmetros  $Cl_T$ ;  $Cl-a$ ; CE; DQO; PT;  $N-NO_3^-$ ; pH; SDT; ST. Já o rio Maquiné, situado em Catas Altas, pode ser considerado o curso d'água menos degradado, já que a estação RD099 apresentou concentrações de  $Cl_T$ ;  $Cl-a$ ; Ind. Biol., CE;  $P_T$ ;  $N-NO_3^-$ ;  $N_2$ ; pH; SDT; SST; ST e Turb. significativamente inferiores às demais estações.

### **4.3 *Resultados e discussão da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba***

#### **4.3.1 Organização dos dados de monitoramento da qualidade das águas da bacia do rio Paraopeba para realização das análises multivariadas**

Das 37 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba, sete foram desconsideradas por terem o monitoramento iniciado a partir de 2012 (BP075 e BP081), 2013 (BP085) e 2015 (BP014, BP016, BP018 e BP020). O período de monitoramento contínuo e comum entre as estações de monitoramento ativas é de 2008 a 2015, sendo selecionado para estudo neste trabalho. Para definição dos dados a serem utilizados também optou-se por eliminar os que apresentaram mais de 10% de dados faltantes e mais de 90% de dados censurados.

Para a bacia do rio Paraopeba, dos 55 parâmetros de qualidade da água, apenas 25 (45%) 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 das análises estatísticas multivariadas. Os parâmetros temperatura do ar, coliformes totais, condição de tempo e nitrito foram excluídos das análises por não serem representativos para indicar a contaminação da água.

Portanto, o banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas abrangeu 957 coletas, de 19 parâmetros em 30 estações de monitoramento, resultando em uma análise de 18.100 dados válidos para o período de 2008 a 2015. As características deste banco de dados estão apresentadas na Tabela 4-14.

Tabela 4-14 - Banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba selecionado para aplicação das estatísticas multivariadas.

<b>Período</b>	1º trimestre de 2008 ao 4º trimestre de 2015
<b>Total de coletas</b>	957
<b>Dados válidos</b>	18.100
<b>Estações de monitoramento</b>	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
<b>Parâmetros</b>	Cloreto total, clorofila <i>a</i> , condutividade elétrica <i>in loco</i> , cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, ferro dissolvido, fósforo total, indicador microbiológico, 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

A Tabela 4-15 apresenta os 19 parâmetros mantidos no banco de dados, a notação de referência e as unidades de medida.

Tabela 4-15 - Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros selecionados para análise no presente estudo.

<b>Parâmetro</b>	<b>Notação de referência</b>	<b>Unidade em termos de concentração</b>
Cloreto total	Cl <sub>T</sub>	mg/L
Clorofila <i>a</i>	Cl- <i>a</i>	µg/L
Indicador microbiológico	Ind. biol.	NMP/100 mL
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	CE	µmho/cm
Cor verdadeira	Cor	mg Pt/L
Demanda bioquímica de oxigênio	DBO	mg/L O <sub>2</sub>
Demanda química de oxigênio	DQO	mg/L O <sub>2</sub>
Ferro dissolvido	Fe	mg/L Fe
Fósforo total	P <sub>T</sub>	mg/L P
Manganês total	Mn	mg/L Mn
Nitrato	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L N
Nitrogênio orgânico	N	mg/L N
Oxigênio dissolvido	OD	mg/L O <sub>2</sub>
pH <i>in loco</i>	pH	-
Sólidos em suspensão totais	SST	mg/L
Sólidos totais	ST	mg/L
Temperatura da água	Temperatura	°C
Turbidez	Turb.	UNT

#### 4.3.2 Análise descritiva do banco de dados da bacia do rio Paraopeba

No Apêndice II estão apresentadas as estatísticas descritivas do banco de dados selecionado (Tabelas II.1 a II.19). Uma análise preliminar das medianas das estações de monitoramento permitiu identificar que as estações de monitoramento BP073 (Ribeirão das Areias ou riacho das Pedras - Betim), BV071 (Rio Betim - Betim e Juatuba), BP069 (Ribeirão Serra Azul - Juatuba) e BP086 (Ribeirão Sarzedo - Betim e Mário Campos) 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 (Ind. Biol., DBO, DQO, PT, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N) e menores para OD. Por outro lado, a estação BP094 (Ribeirão Catarina - Brumadinho) destaca-se por apresentar os menores valores medianos para a maioria dos parâmetros analisados, indicando qualidade da água menos degradada.

#### **4.3.3 Avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos**

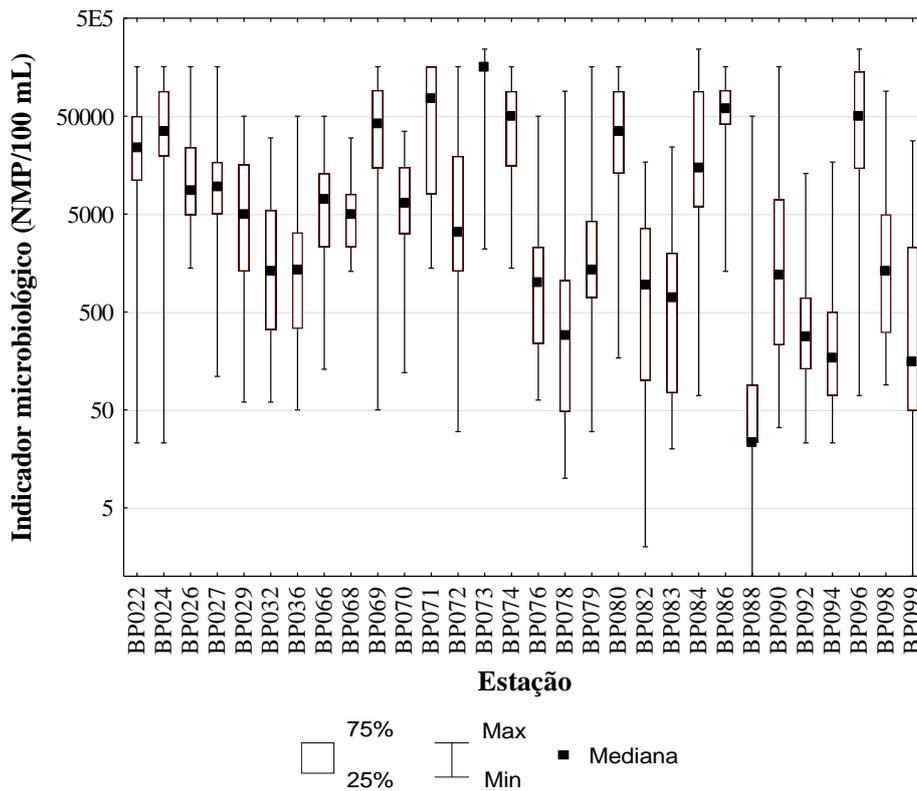
Na avaliação da qualidade das águas superficiais utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foram identificadas diferenças significativas para as concentrações de todos os parâmetros de qualidade da água analisados entre as estações da bacia do rio Paraopeba. Em função do grande número de estações de monitoramento da Bacia, optou-se por apresentar no corpo do texto os gráficos *box-plots* para apenas alguns parâmetros. Os outros estão representados no Apêndice II (Figura II.1) e todas as tabelas dos resultados dos testes de comparações múltiplas no Apêndice II, Tabelas II.20 a II.38.

A Figura 4-10 apresenta o *box-plot* das concentrações do parâmetro indicador microbiológico considerando as estações da bacia do rio Paraopeba, verifica-se que os maiores valores de mediana da série estão localizados no riacho das Pedras ou ribeirão das Areias, a montante de sua foz no rio Betim (BP073), rio Betim próximo de sua foz no Rio Paraopeba, em Betim (BP071), ribeirão Sarzedo próximo de sua foz no rio Paraopeba em Mário Campos (BP086) ribeirão Macacos na cidade de Cachoeira da Prata a montante de sua foz no rio Paraopeba (BP074), rio Manso próximo de sua confluência com o rio Paraopeba em Brumadinho (BP096), ribeirão Serra Azul em Juatuba (BP069), rio Maranhão próximo de sua foz no rio Paraopeba, a jusante da cidade de Congonhas (BP080) e rio Brumado a montante de sua foz no rio Camapuã, a jusante de Entre Rios de Minas (BP024).

O município de Betim é aquele que contribui mais expressivamente no lançamento de esgotos sanitários na estação localizada no riacho das Pedras ou ribeirão das Areias em Betim, a montante de sua foz no rio Betim (BP073).

A estação localizada no ribeirão Macacos na cidade de Cachoeira da Prata a montante de sua foz no rio Paraopeba (BP074) recebe influência dos lançamentos sanitários dos municípios de Cachoeira da Prata e Fortunas de Minas.

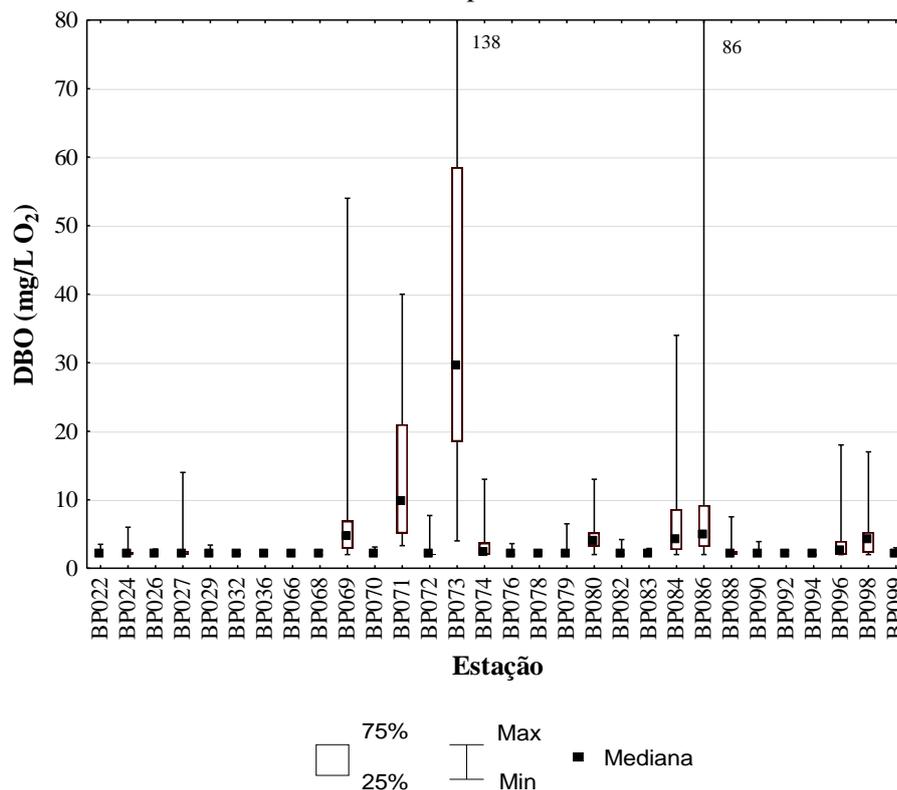
Figura 4-10 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **indicador microbiológico** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.



A Figura 4-11 apresenta os resultados para o parâmetro DBO e indica que as estações que apresentaram os piores resultados foram riacho das Pedras ou ribeirão das Areias, a montante de sua foz no rio Betim (BP073) e rio Betim próximo de sua foz no rio Paraopeba, em Betim (BP071), principalmente em função dos despejos de origem predominantemente orgânica já citados anteriormente. O valor da mediana na estação BP073 está muito superior ao limite da legislação para cursos d'água enquadrados na Classe 2 que é de até 5 mg/L O<sub>2</sub>.

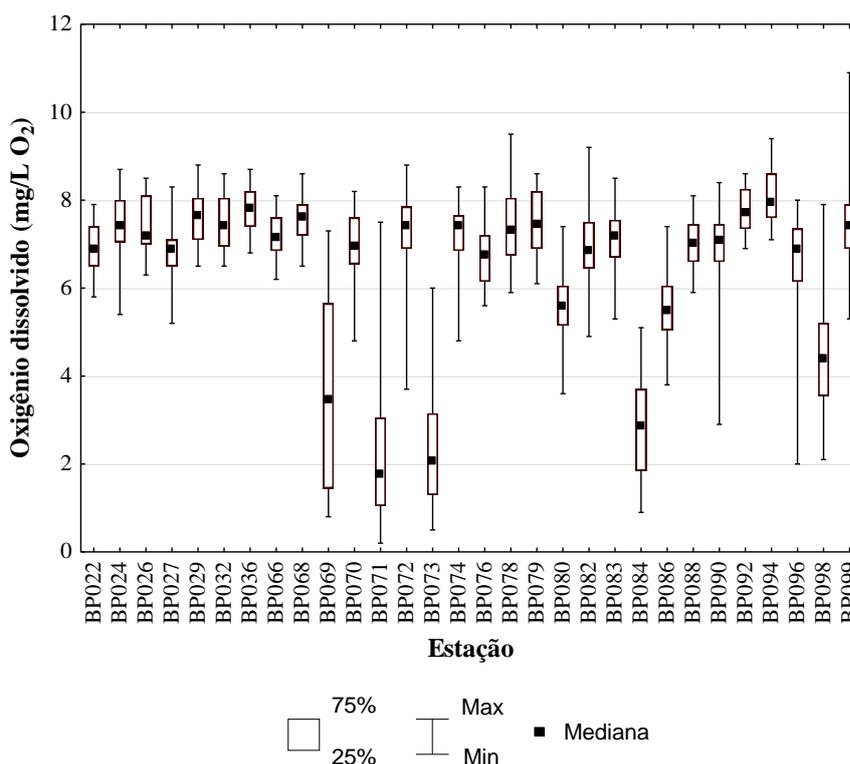
A presença de grande quantidade de matéria orgânica no curso d'água ainda pode acarretar na diminuição do oxigênio dissolvido na água, podendo provocar o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Figura 4-11 – *Box-plot* das concentrações do parâmetro **DBO** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.



A Figura 4-12 apresenta o *box-plot* das concentrações do parâmetro OD e também se verifica que as estações BP073 e BP071 apresentam medianas significativamente inferiores às demais estações, refletindo as péssimas condições de qualidade dos cursos d'água.

Figura 4-12 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **oxigênio dissolvido** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.



Como já mencionado, as estações BP073 e BP071 estão localizadas no município de Betim e como as principais fontes de cloreto total e nitrogênio amoniacal total nas águas superficiais são as descargas de esgotos sanitários e alguns efluentes industriais, essas são as estações que apresentaram medianas significativamente superiores às demais estações, conforme pode ser visualizado na Figura 4-13 para o parâmetro cloreto total e na Figura 4-14 para o parâmetro nitrogênio amoniacal total.

As concentrações para o parâmetro cloreto total encontra-se em conformidade com os limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG 01/2008. No entanto, algumas concentrações para nitrogênio amoniacal total nas estações BP071 e BP073 violaram os limites estabelecidos pela legislação.

A amônia é bastante restritiva à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L, portanto, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas (ANA, 2016).

Figura 4-13 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **cloreto total** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

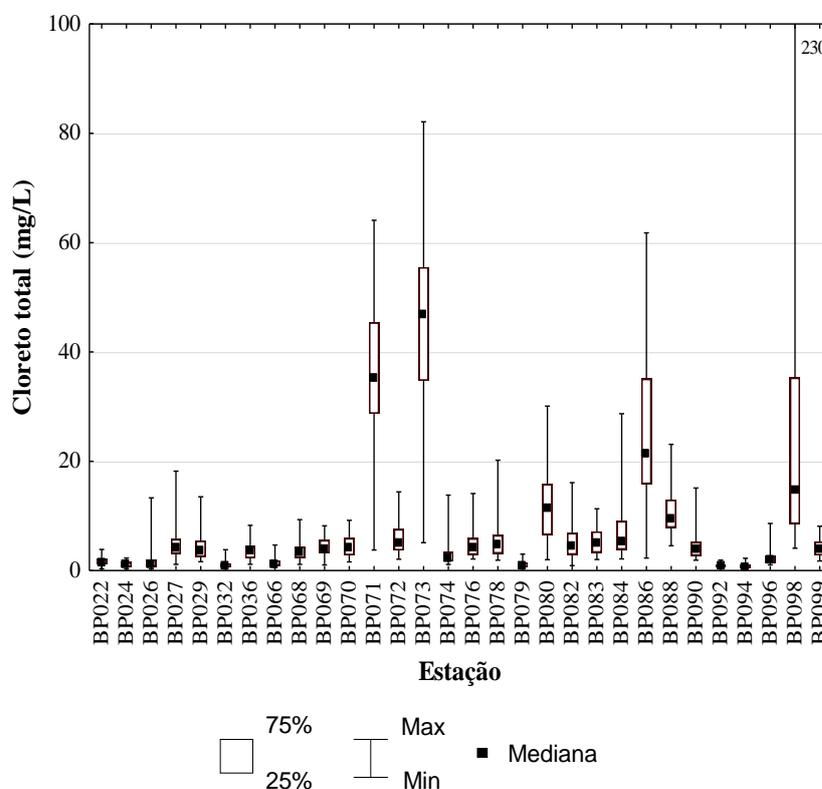
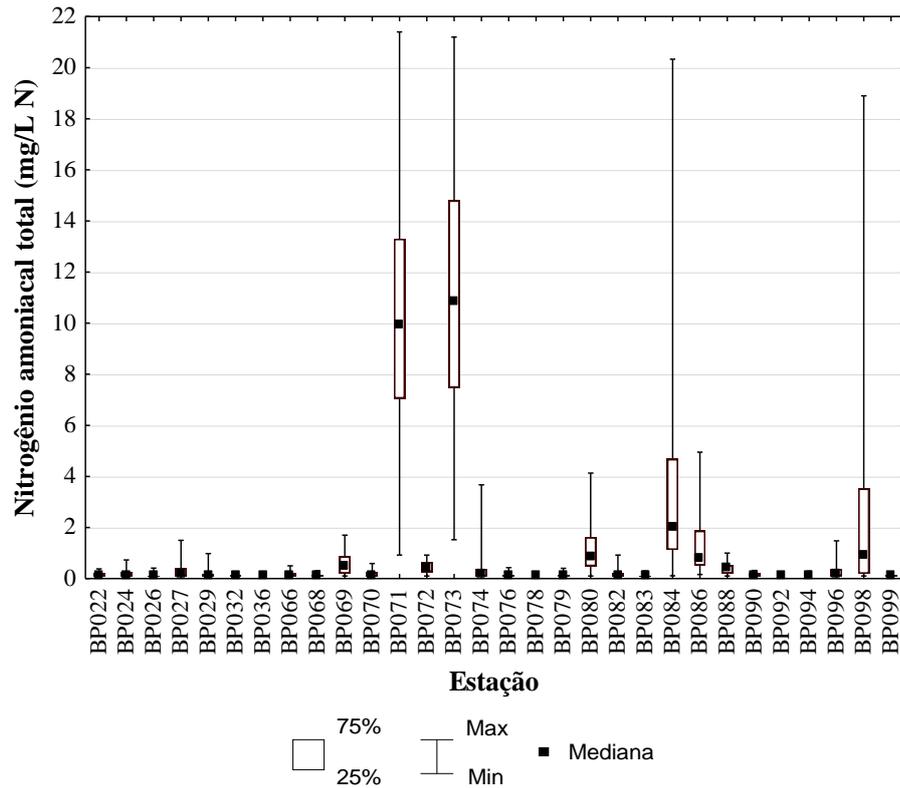


Figura 4-14 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **nitrogênio amoniacal total** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.



Nove estações da bacia do rio Paraopeba apresentaram mediana superior a esse valor, sendo que novamente as estações BP073 e BP071 se diferenciam significativamente das demais estações, conforme Figura 4-15. Esses resultados indicam ambientes impactados.

Outro parâmetro utilizado para a caracterização da qualidade ambiental de um curso d'água é a DQO, que está relacionada principalmente a despejos de origem industrial e conforme pode ser visualizado na Figura 4-16, a estação BP073 também se destaca com as piores condições.

Figura 4-15 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **condutividade elétrica *in loco*** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

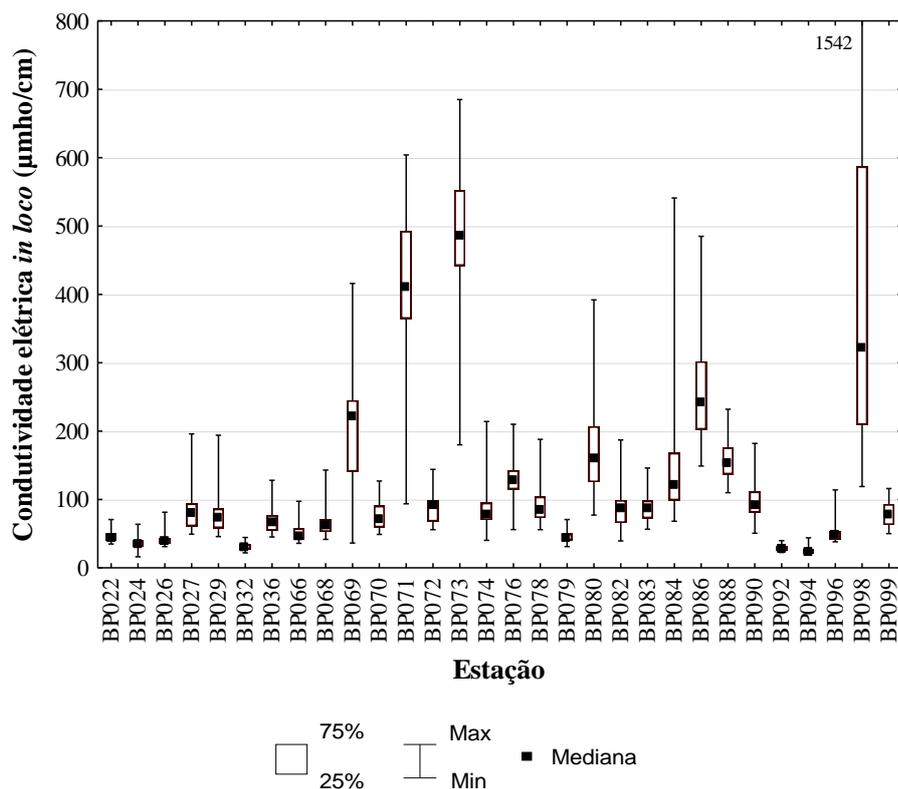
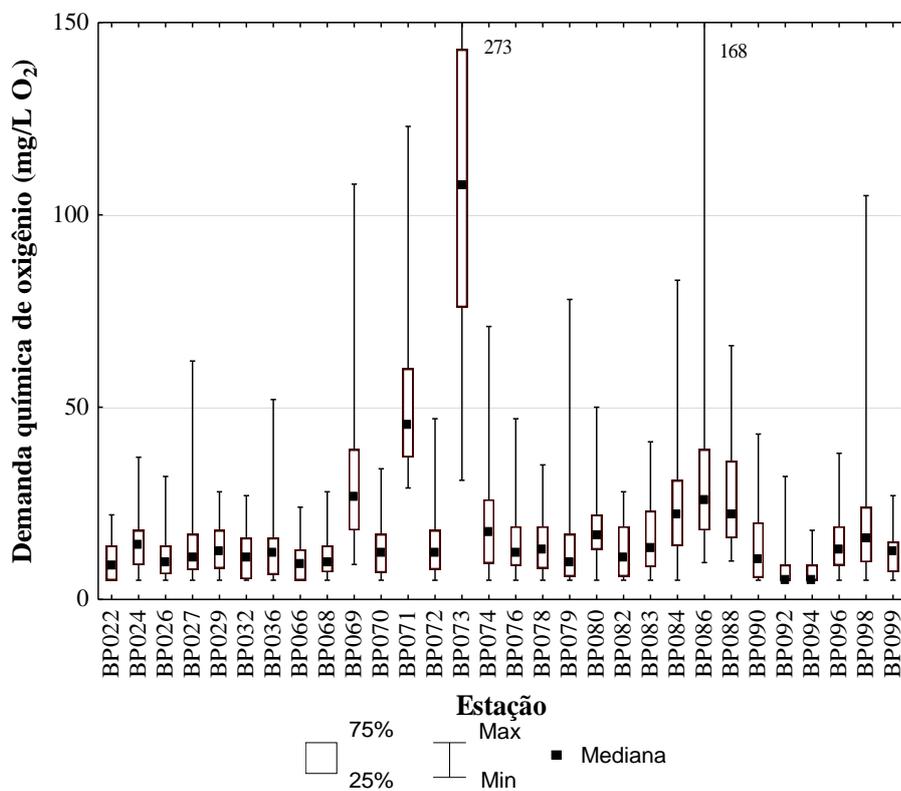


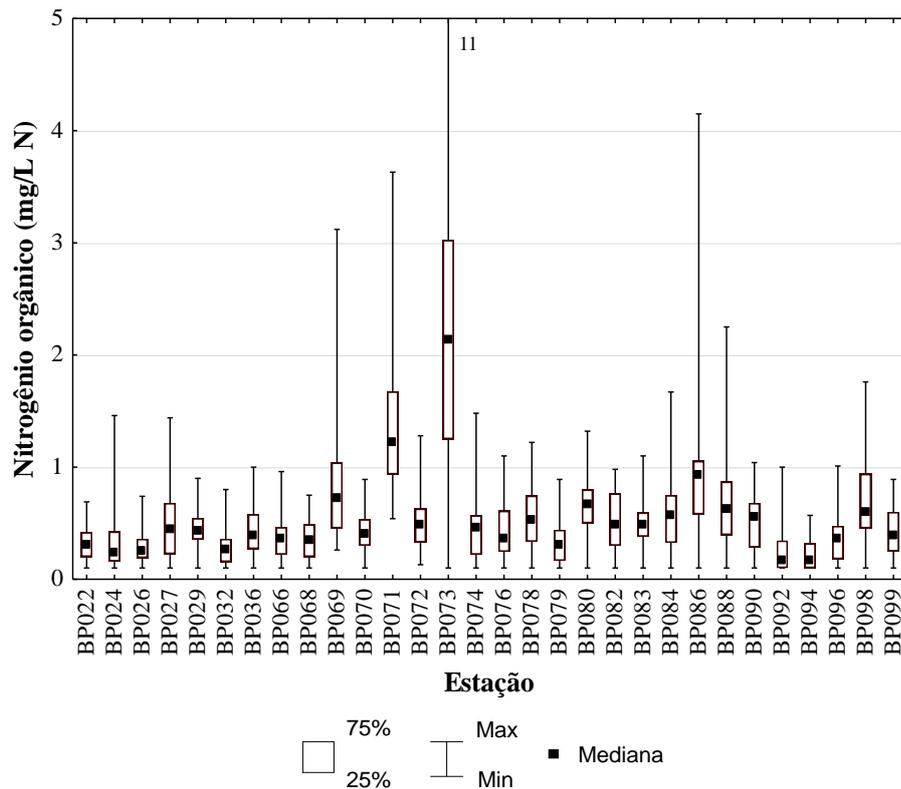
Figura 4-16 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **DQO** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.



O excesso de macronutrientes como o nitrogênio e fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, quando descarregados nas águas naturais, pode acarretar no processo de eutrofização do corpo d'água.

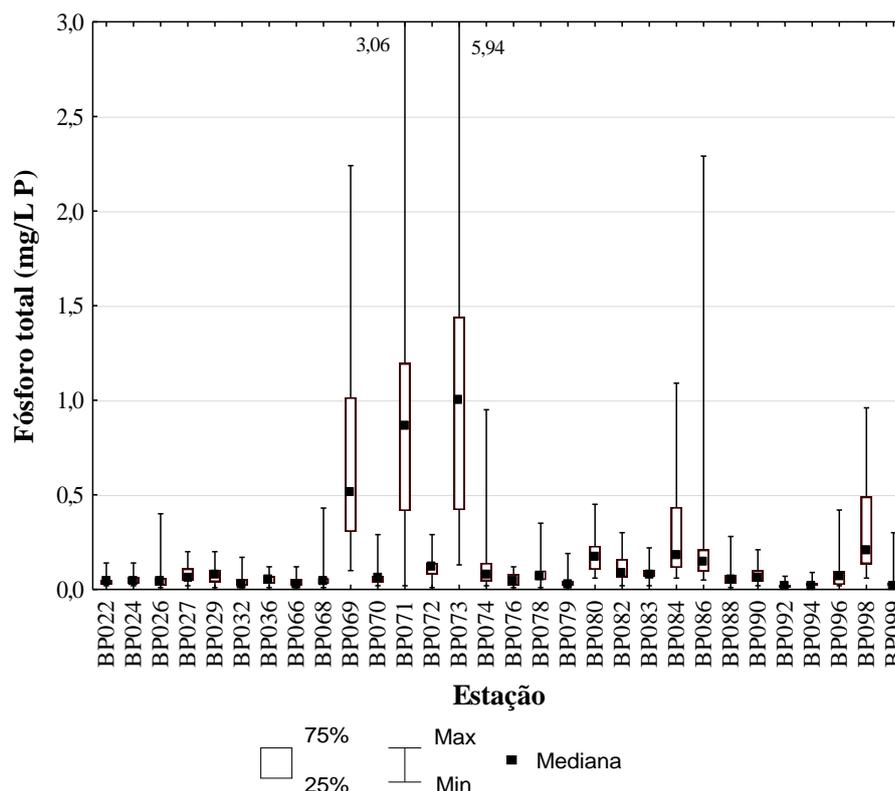
Analisando a série histórica de dados do parâmetro nitrogênio orgânico (Figura 4-17) e do parâmetro fósforo total (Figura 4-18) as estações BP073 e BP071 novamente se destacam apresentando medianas significativamente superiores às demais estações.

Figura 4-17 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **nitrogênio orgânico** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.



O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários além de em alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

Figura 4-18 - *Box-plot* das concentrações do parâmetro **fósforo total** considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.



A Tabela 4-16 apresenta um resumo das estações mais impactadas na bacia do rio Paraopeba e os parâmetros responsáveis de acordo com os resultados dos testes de comparações múltiplas. Observa-se que para os parâmetros  $Cl_T$ ,  $Cl-a$ , Ind. biol., CE, Cor, DBO, DQO,  $P_T$ ,  $N-NH_4^+$ , N, OD, pH, SST e ST, a estação BP073 é a estação que apresenta concentrações significativamente maiores que das outras estações podendo ser considerada a estação mais impactada na bacia do rio Paraopeba seguida pela estação BP071, que apresenta concentrações significativamente superiores às outras estações para os parâmetros CE, Cor, DBO,  $N-NH_4^+$ , N e OD.

Tabela 4-16 – Estações mais impactadas na bacia do rio Paraopeba, considerando concentrações significativamente maiores que das outras.

Estações mais impactadas	Parâmetros responsáveis	Localização
BP073	$Cl_T$ ; $Cl-a$ ; Ind. biol.; CE; Cor; DBO; DQO; $P_T$ ; $N-NH_4^+$ ; N; OD; pH; SST; ST	Betim
BP071	CE; Cor; DBO; $N-NH_4^+$ ; N; OD	Betim e Juatuba
BP086	CE; Cor; OD; Fe; Mn	Betim e Mário Campos
BP084	Cor; Fe; Mn; OD	Conselheiro Lafaiete
BP098	CE; Cor; $N-NO_3^-$ ; OD	Caetanópolis e Paraopeba
BP074	Cor; pH; temperatura	Cachoeira da Prata
BP072	Cor; $N-NH_4^+$	Betim

Tabela 4-16 – Estações mais impactadas na bacia do rio Paraopeba, considerando concentrações significativamente maiores que das outras (Cont.).

<b>Estações mais impactadas</b>	<b>Parâmetros responsáveis</b>	<b>Localização</b>
BP078	pH; temperatura	Curvelo e Pompéu
BP076	Cor; turbidez	Inhaúma e Paraopeba
BP090	Cor; turbidez	Esmeraldas
BP069	OD	Juatuba

Utilizando os resultados dos testes de comparações múltiplas também foi elaborada a Tabela 4-17 com o resumo das estações menos impactadas na bacia do rio Paraopeba e os parâmetros responsáveis. Verifica-se que a estação BP094, localizada no ribeirão Catarina à montante da confluência com o ribeirão Casa Branca, no distrito de Casa Branca, município de Brumadinho, apresenta o maior número de parâmetros com concentrações significativamente menores em relação às outras estações, podendo ser considerada a estação menos impactada na bacia do rio Paraopeba.

Tabela 4-17 – Estações menos impactadas na bacia do rio Paraopeba, considerando concentrações significativamente maiores que das outras.

<b>Estações menos impactadas</b>	<b>Parâmetros responsáveis</b>	<b>Localização</b>
BP094	Cl <sub>T</sub> , CE, Cor, DBO, DQO, Mn, N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N, OD, SST, ST, temperatura, turbidez	Brumadinho
BP092	Cl <sub>T</sub> , CE, DBO, Fe, PT, Mn, N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SST	Brumadinho
BP032	Cl- $\alpha$ , CE, DBO, N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bonfim
BP088	Ind. biol.	Betim
BP066	DBO	Itatiaiuçu
BP036	DBO	Brumadinho
BP068	DBO	Mário Campos e São Joaquim de Bicas
BP024	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Entre Rios de Minas
BP022	pH	Cristiano Ottoni

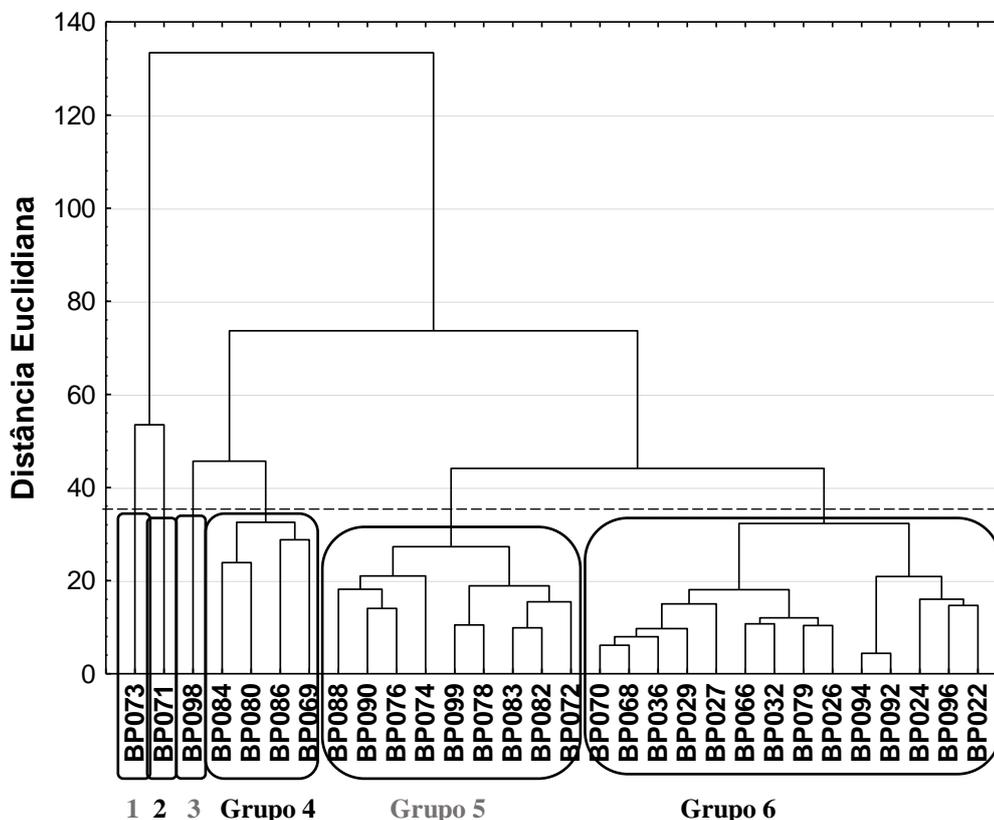
#### **4.3.4 Análise das estações de amostragem mais impactadas da bacia do rio Paraopeba e os parâmetros responsáveis por esse impacto**

Após exame individual de cada outlier dos bancos de dados, decidiu-se pela manutenção de todos os outliers na análise multivariada, assim como na análise dos dados da bacia do rio Piracicaba.

Com a finalidade de agrupar as estações de monitoramento de acordo com suas similaridades foi realizada a Análise de Cluster (AC) no *software* Statistica 10.0. Também foram testados três métodos de aglomeração hierárquica sendo que o método de Ward, apresentou menor

encadeamento. A altura da linha de corte foi calculada utilizando os valores das distâncias de ligação entre as variáveis e resultou em 38,3. Dessa forma, foram formados 6 agrupamentos que são apresentados na Figura 4-19.

Figura 4-19 - Dendrograma da Análise de Cluster para o banco de dados da bacia do rio Paraopeba, referente ao período de 2008 a 2015 para 19 parâmetros e 30 estações de monitoramento.



Analisando-se o dendrograma, observa-se que seis grupos foram formados.

Dentre as trinta estações de monitoramento avaliadas, três estações (BP073, BP071 e BP098) se diferenciaram das demais permanecendo isoladas no dendrograma e podem ser consideradas as mais relevantes na bacia do rio Paraopeba, uma vez que também foram inseridas dentre as mais impactadas da bacia.

Os demais agrupamentos formados são: (4) estações BP084, BP080, BP086 e BP069, (5) estações BP088, BP090, BP076, BP074, BP099, BP078, BP083, BP082 e BP072 e (6) estações BP070, BP068, BP036, BP029, BP027, BP066, BP032, BP079, BP026, BP094, BP092, BP024, BP096 e BP022. A menor distância Euclidiana ocorreu entre as estações BP094 e BP092, sendo, portanto, as estações com maior similaridade.

Nota-se que as estações que foram agrupadas isoladamente estão localizadas em regiões próximas aos municípios de Betim, Juatuba, Caetanópolis e Paraopeba, em afluentes do rio Paraopeba.

A estação BP073 está localizada no ribeirão das Areias ou riacho das Pedras e recebe lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais do município de Betim (IGAM, 2014). A estação BP071 se localiza no rio Betim, à jusante da confluência com o ribeirão Areias, e por isso também é afetada por toda a poluição proveniente da região da estação BP073. Já a estação BP098, está localizada na foz do ribeirão do Cedro, no rio Paraopeba, em Caetanópolis. Os principais fatores de pressão no ribeirão do Cedro são: o lançamento de esgoto sanitário, carga difusa, pecuária e atividade minerária (IGAM, 2013).

Para justificar os agrupamentos encontrados na AC e identificar os principais parâmetros responsáveis pela poluição/degradação em cada um dos grupos foi aplicada a análise fatorial para os agrupamentos com mais de uma estação.

Para a escolha do número de fatores adequados ao estudo foram excluídos os fatores com autovalores menores que um (LIU *et al.*, 2003; KOWLKOWSKI *et al.*, 2006). Nessa pesquisa somente foram utilizadas as cargas moderadas (entre 0,75-0,50) e fortes (maiores que 0,75), por serem consideradas as mais importantes para a variância encontrada nos dados, auxiliando na identificação das principais fontes de poluição que atuam sobre a qualidade da água monitorada.

O resultado da AF explica de 68,9 a 69,7% da variabilidade da qualidade das águas superficiais de cada agrupamento formado pela AC, restando de cinco a 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 4-18 para o grupo 4.

O grupo 4 é formado pelas estações BP084, BP080, BP086 e BP069 e tem 69,73% de sua variabilidade explicada por cinco fatores. O fator 1 está de moderado a fortemente correlacionado com matéria orgânica (DBO, DQO) e nutrientes (N e P<sub>T</sub>), indicando, portanto, possível contaminação por esgoto doméstico.

Tabela 4-18 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes ao grupo 4 formado pela Análise de Cluster, resultados da análise dos dados de amostragem na bacia do rio Paraopeba.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl <sub>T</sub>	0,08721	0,00139	0,45024	0,21684	<b>-0,71879</b>
Cl- <i>a</i>	0,10764	-0,03096	-0,18697	-0,12832	<b>-0,75231</b>
Ind. biol.	0,46580	-0,00076	-0,13619	0,12486	-0,20919
CE	0,31215	-0,08043	<b>0,68405</b>	0,28567	-0,40491
Cor	-0,05432	<b>0,76274</b>	-0,20768	-0,03438	0,04070
DBO	<b>0,85522</b>	0,07588	0,03184	0,08500	-0,03855
DQO	<b>0,87037</b>	0,14402	0,10063	0,15153	-0,05596
Fe	0,24938	-0,11296	0,00926	<b>0,75205</b>	0,04233
P <sub>T</sub>	<b>0,78312</b>	-0,08933	0,18574	-0,00504	0,32154
Mn	-0,17749	0,29036	-0,34433	<b>0,69693</b>	0,09367
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,06849	0,01990	<b>0,80839</b>	-0,03532	0,10473
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,29175	-0,07748	0,04251	<b>0,81037</b>	-0,13546
N	<b>0,71616</b>	0,04834	0,17315	0,04212	-0,18556
OD	-0,33466	0,23722	0,35388	-0,48700	-0,34495
pH	0,21817	-0,04064	<b>0,72353</b>	-0,09126	0,01929
SST	0,10630	<b>0,95178</b>	0,00748	-0,05998	0,01500
ST	0,19778	<b>0,88298</b>	0,30495	-0,00860	-0,13914
Temperatura	0,07822	0,08082	-0,33371	-0,49848	0,06129
Turbidez	-0,01670	<b>0,95780</b>	-0,08069	-0,05015	0,05994
Variabilidade (%)	21,71037	18,14426	13,32247	9,53891	7,01449
% acumulada	21,71037	39,85463	53,17710	62,71601	69,73050

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

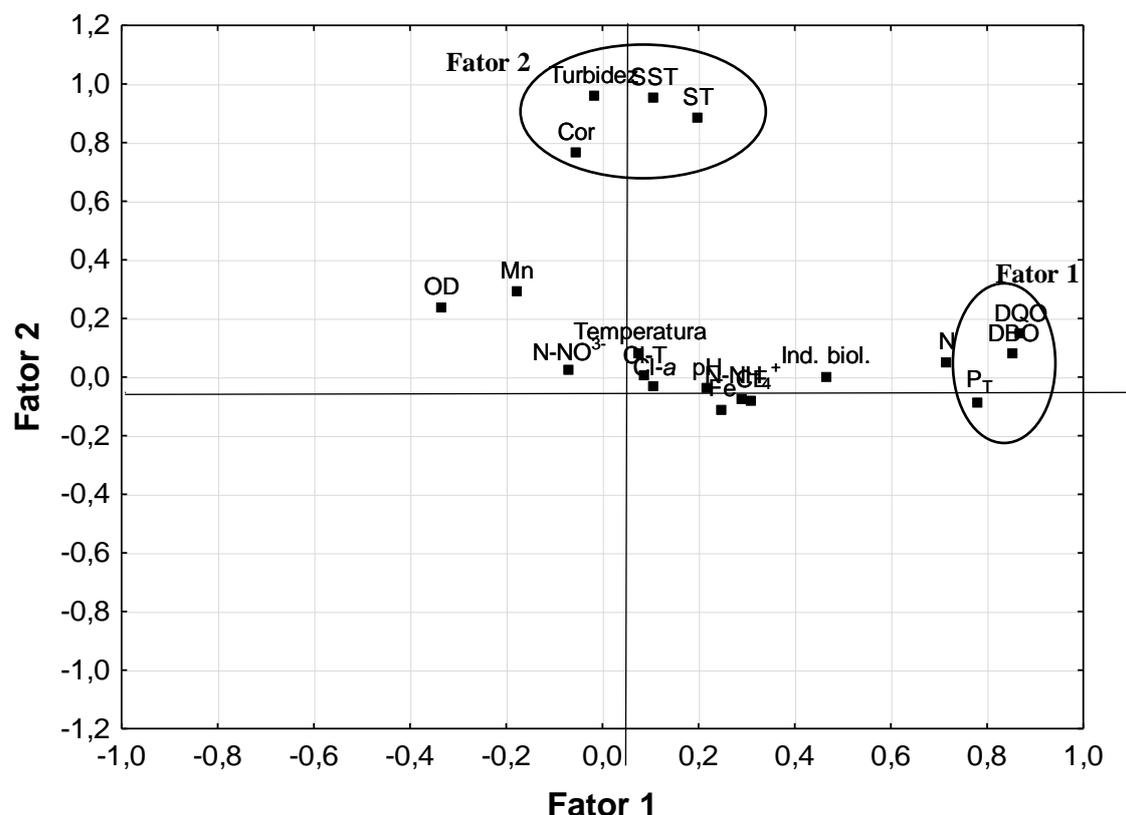
**Negrito e sublinhado** - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

As estações BP084 e BP080 estão localizadas no rio Maranhão, que recebe os efluentes dos municípios de Conselheiro Lafaiete e Congonhas. A estação BP086, localizada no ribeirão Sarzedo próximo de sua foz no Rio Paraopeba em Mário Campos e a estação BP069, localizada no ribeirão Serra Azul em Juatuba, também recebem os efluentes sem tratamento dos municípios adjacentes.

O lançamento de esgotos domésticos e diversos efluentes industriais e as atividades de mineração são as principais causas associadas a esses parâmetros.

O gráfico das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* é apresentado na Figura 4-20 para o Grupo 4. Através desse gráfico é possível notar os parâmetros que estão mais proximamente associados ao fator 1 e ao fator 2. Assim, foi possível agrupar os parâmetros por fatores, de acordo com os resultados da Tabela 4-18. Observa-se que os parâmetros mais próximos ao eixo central carregam muito pouco dos fatores 1 e 2.

Figura 4-20 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 4 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba.



Os valores das cargas fatoriais de cada parâmetro para cada fator e a variabilidade da qualidade da água explicada por cada fator para o grupo 5 estão apresentados na Tabela 4-19.

Tabela 4-19 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes ao grupo 5 formado pela Análise de Cluster, resultados da análise dos dados de amostragem na bacia do rio Paraopeba.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Cl <sub>T</sub>	-0,08392	<b>0,90468</b>	0,06532	-0,01342	-0,04152	0,07495
Cl-a	-0,02185	0,11397	-0,01772	-0,13889	0,65115	0,37226
Ind. biol.	0,22752	-0,34035	<b>0,51834</b>	<b>0,05470</b>	0,00552	0,08825
CE	-0,16650	<b>0,88614</b>	0,09833	-0,06182	-0,10576	0,04075
Cor	<b>0,71458</b>	-0,19358	-0,03426	0,00637	0,04246	-0,16677
DBO	0,04225	0,37781	<b>0,67912</b>	0,09561	0,03459	0,05702
DQO	0,49029	0,45759	0,33752	0,02055	0,06628	-0,01559
Fe	-0,02808	-0,21891	<b>0,62106</b>	-0,24251	0,09965	-0,29124
P <sub>T</sub>	0,22678	0,10786	<b>0,59398</b>	0,08384	-0,26180	0,00089
Mn	<b>0,59969</b>	0,39747	0,05443	0,15917	0,21175	-0,13579
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,16056	0,30641	-0,04202	-0,12699	-0,71289	0,27793
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,08275	0,37506	<b>0,71858</b>	-0,02441	0,10233	-0,08341
N	0,33543	0,43203	0,21148	-0,35920	-0,23276	0,08616
OD	-0,11778	-0,19297	-0,16055	-0,47215	0,05931	<b>0,66771</b>
pH	-0,17243	0,14229	0,00211	0,08569	0,00220	<b>0,85304</b>
SST	<b>0,94292</b>	-0,04838	0,10517	0,06629	0,01166	-0,03763
ST	<b>0,94444</b>	0,03723	0,12332	0,02968	-0,02623	-0,02176

Tabela 4-19 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes ao grupo 5 formado pela Análise de Cluster, resultados da análise dos dados de amostragem na bacia do rio Paraopeba (Cont.).

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Temperatura	0,13000	-0,09092	0,01942	<b>0,90604</b>	-0,02850	-0,03202
Turbidez	<b>0,92623</b>	-0,19429	0,04041	0,02095	-0,03968	-0,06384
Variabilidade (%)	25,46199	17,59374	7,55724	7,11310	5,92229	5,56338
% acumulada	25,46199	43,05573	50,61296	57,72606	63,64835	69,21173

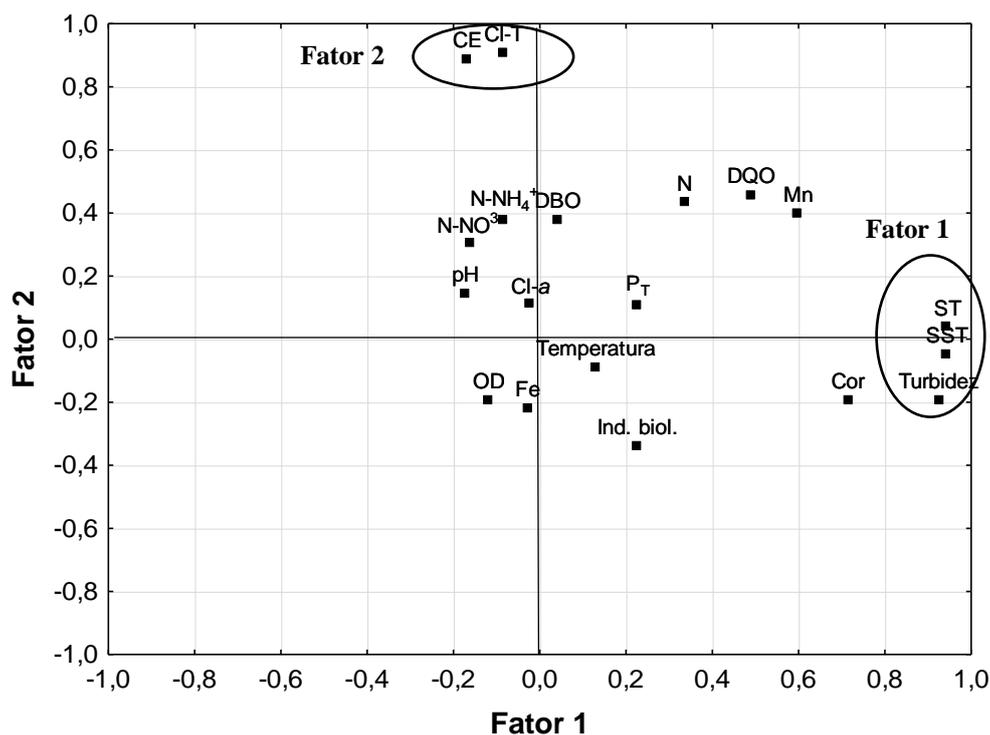
**Negrito** - Correlações moderadas (valor absoluto entre 0,50 - 0,75)

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

O grupo 5, composto por nove estações de monitoramento, tem 69,2% de sua variabilidade explicada por seis fatores. O fator 1 possui correlações fortes relacionadas a série de sólidos (SST, ST) e turbidez, e correlações moderadas relacionadas aos parâmetros cor e manganês total. Esses parâmetros indicam que a principal fonte de poluição nessas estações é o carreamento de sólidos para o corpo d'água, que é intensificada pelo mau uso do solo e atividades de mineração.

A Figura 4-21 apresenta o gráfico das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* para o Grupo 5. Através desse gráfico é possível notar os parâmetros que estão mais proximamente associados ao fator 1 e ao fator 2. Assim, foi possível agrupar os parâmetros por fatores, de acordo com os resultados da Tabela 4-19.

Figura 4-21 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 5 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba.



A Tabela 4-20 apresenta as cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial para o Grupo 6.

Tabela 4-20 - Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes ao grupo 6 formado pela Análise de Cluster, resultados da análise dos dados de amostragem na bacia do rio Paraopeba.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl <sub>T</sub>	0,02541	<b><u>0,82101</u></b>	0,21529	0,13712	0,24344
Cl- <i>a</i>	0,10431	-0,03466	-0,06287	0,22415	<b><u>0,79377</u></b>
Ind. biol.	0,02397	-0,14426	<b>0,74427</b>	0,01000	-0,07352
CE	0,05733	<b><u>0,86369</u></b>	0,23637	0,06753	0,20966
Cor	<b>0,61207</b>	-0,23432	-0,05429	0,36710	-0,15099
DBO	0,09534	0,18225	<b><u>0,85610</u></b>	-0,07834	0,05879
DQO	0,58058	0,07712	0,49104	0,09717	-0,05355
Fe	-0,07313	0,05615	0,07235	0,44799	0,10425
P <sub>T</sub>	0,28440	0,27775	<b>0,52891</b>	0,23234	-0,21026
Mn	<b><u>0,78049</u></b>	0,19454	0,20713	-0,17980	0,17190
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,05704	<b><u>0,84850</u></b>	0,03670	0,01052	-0,09300
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,04530	0,37029	<b>0,69164</b>	-0,06205	0,27994
N	0,28845	0,39374	0,15465	-0,14047	0,45881
OD	-0,13653	-0,05080	<b>-0,70145</b>	-0,48293	-0,06889
pH	0,06832	<b>0,64329</b>	-0,12952	-0,04112	-0,35278
SST	<b><u>0,96341</u></b>	-0,01591	0,02318	0,06686	0,09039
ST	<b><u>0,95943</u></b>	0,06861	0,03926	0,09960	0,06917
Temperatura	0,21806	0,01983	-0,00365	<b><u>0,77457</u></b>	0,00598
Turbidez	<b><u>0,94638</u></b>	0,00971	0,07187	0,00649	0,07444
Variabilidade (%)	27,96992	17,58877	10,59307	6,54462	6,19743
% acumulada	27,96992	45,55869	56,15175	62,69638	68,89381

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

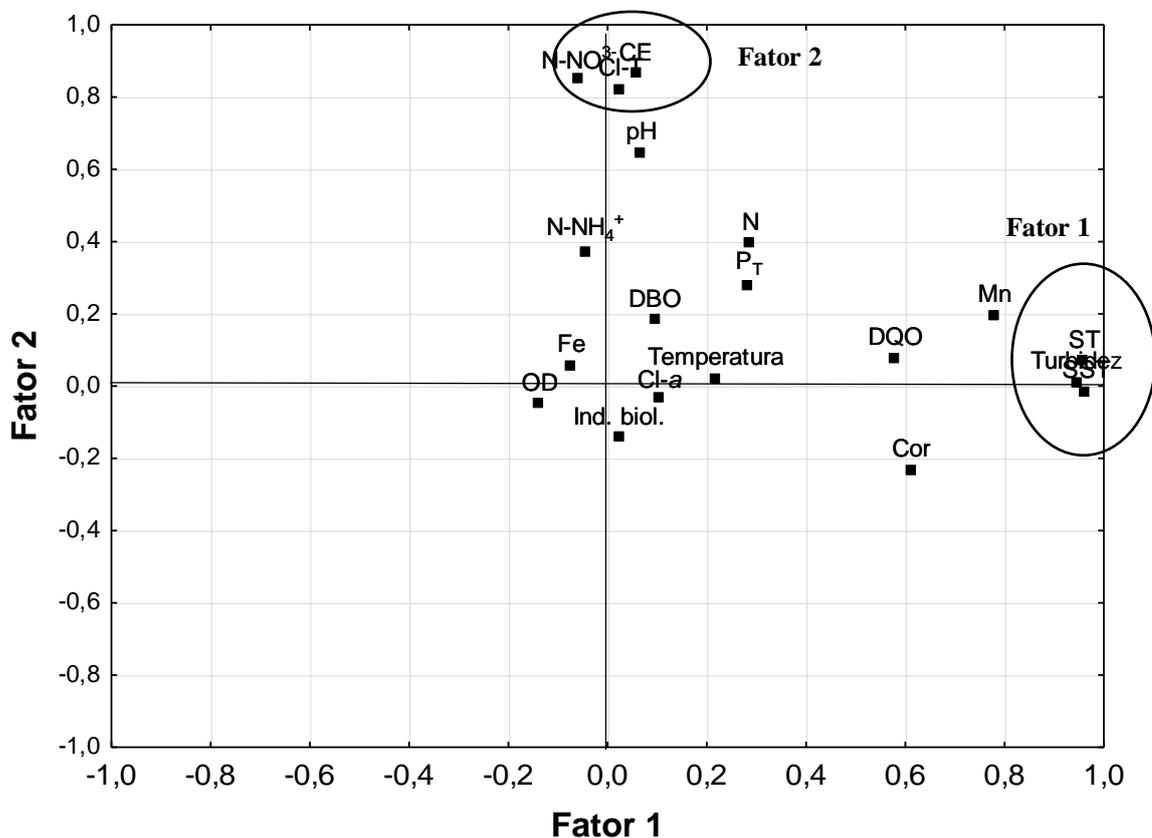
**Negrito e sublinhado** - Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

O grupo 6 é formado por quatorze estações, situadas nos municípios de Cristiano Ottoni, Entre Rios de Minas, Jeceaba, Congonhas, Belo Vale, Bonfim, Brumadinho, Itatiaiuçu, Mário Campos, São Joaquim de Bicas, Betim, Conselheiro Lafaiete e São Brás do Suaçuí. Possui 68,9% de sua variabilidade explicada por cinco fatores. O fator 1 possui correlações fortes relacionadas a série de sólidos (SST, ST), turbidez e manganês e correlação moderada ao parâmetro cor verdadeira, semelhante ao Grupo 5. Sendo assim, a principal fonte de poluição nessas estações também é o carreamento de sólidos para o corpo d'água, que é intensificada pelo mau uso do solo e atividades de mineração.

No entanto, como observado na Tabela 4-17, das nove estações consideradas menos impactadas na bacia do rio Paraopeba, oito estão no Grupo 6, logo esse pode ser considerado o grupo que possui as estações menos impactadas na bacia, apresentando uma água de melhor qualidade em seus cursos d'água.

A Figura 4-22 apresenta o gráfico das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* para o Grupo II. Assim, foi possível agrupar os parâmetros por fatores, de acordo com os resultados da Tabela 4-20.

Figura 4-22 - Gráfico das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* da análise fatorial, referentes à análise do Grupo 6 do banco de dados de monitoramento da bacia do rio Paraopeba.



Sendo assim, a diminuição da qualidade da água nas estações desses 3 grupos ocorre devido principalmente aos lançamentos de esgotos sanitários, sobretudo dos municípios de Betim, Brumadinho, Congonhas e Conselheiro Lafaiete, e às atividades de agropecuária. As atividades industriais desenvolvidas também estão associadas à degradação, assim como as cargas difusas, os processos erosivos e assoreamento.

#### 4.3.5 Conclusões da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba

Na bacia do rio Paraopeba os municípios que mais contribuem para a má qualidade dos corpos d'água da bacia do rio Paraopeba são Betim, Ibité, Conselheiro Lafaiete, Mateus Leme e Congonhas. Além da população de aproximadamente 730 mil habitantes, na região desses municípios existe também uma alta concentração de indústrias, o que, juntamente com a parcela de esgotos não tratados, potencializa os efeitos negativos na qualidade dos recursos

hídricos. O ribeirão das Areias ou riacho das Pedras em Betim pode ser classificado como o curso d'água mais impactado da bacia do rio Paraopeba por se destacar com concentrações significativamente maiores de  $Cl_T$ ;  $Cl-a$ ; Ind. biol.; CE; Cor; DBO; DQO;  $P_T$ ;  $N-NH_4^+$ ; N; OD; pH; SST; ST. Os cursos d'água menos impactados são o ribeirão Casa Branca e o ribeirão Catarina localizados em Brumadinho, considerando as concentrações dos parâmetros  $Cl_T$ , CE, Cor, DBO, DQO, Fe, Mn,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , N, OD, SST, ST, temperatura e turbidez.

Como observado para a bacia do rio Piracicaba, a qualidade das águas também tem sido agravada pelos processos erosivos e assoreamento que contribuem para impactar a qualidade das águas. Dessa forma, são necessários investimentos em saneamento básico, melhoria na eficiência do tratamento dos efluentes industriais, manejo adequado do solo, preservação da vegetação marginal e ações de educação ambiental.

#### ***4.4 Considerações sobre a avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba e do rio Paraopeba***

A bacia do rio Piracicaba possui um conjunto expressivo de atividades econômicas (siderurgia, celulose e mineração de ferro) com alto grau de impacto ambiental, além de expressiva concentração urbana e massivos reflorestamentos por monocultura de eucaliptos para produção de carvão vegetal e celulose (PARH, 2010). Além disso, os lançamentos de esgotos sanitários têm impactado a qualidade das águas assim como as cargas difusas, os processos erosivos e assoreamento.

O rio do Peixe, localizado em Nova Era, foi identificado como o curso d'água mais impactado da bacia do rio Piracicaba, uma vez que os parâmetros  $Cl_T$ ;  $Cl-a$ ; CE; DQO;  $P_T$ ;  $N-NO_3^-$ ; pH; SDT; ST apresentaram valores acima dos limites preconizados pela legislação ambiental nas análises realizadas na estação RD030 e medianas superiores às demais estações de monitoramento da bacia. Já o rio Maquiné, em Catas Altas, foi considerado o curso d'água menos degradado, já que a estação RD099 apresentou concentrações de  $Cl_T$ ;  $Cl-a$ ; ind. biol., CE;  $P_T$ ;  $N-NO_3^-$ ;  $N_2$ ; pH; SDT; SST; ST e Turb. significativamente inferiores às outras, no entanto essa estação apresentou concentrações acima dos limites estabelecidos pela legislação ambiental para os parâmetros ferro dissolvido e manganês total, possivelmente em função das atividades econômicas desenvolvidas na região.

Já na bacia do rio Paraopeba, a exploração de minério de ferro e manganês ocorre na região do Quadrilátero Ferrífero e no alto e médio curso da bacia do rio Paraopeba. Outras atividades

minerárias realizadas na bacia são a extração de areia e argila e a lavra de ardósia. As atividades industriais destacam-se em Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco, Congonhas, Ibirité, Sete Lagoas, Cachoeira da Prata e Paraopeba. Ainda devem ser ressaltadas as atividades siderúrgicas localizadas em Betim, com alto desenvolvimento industrial, e urbanização na área que corresponde a Região Metropolitana de Betim e a conurbação de Betim e Contagem (IGAM, 2013).

O ribeirão das Areias ou riacho das Pedras em Betim foi identificado como o curso d'água mais impactado da bacia do rio Paraopeba por se destacar com concentrações significativamente maiores dos parâmetros  $Cl^-_T$ ;  $Cl^-_a$ ; Ind. biol.; CE; Cor; DBO; DQO;  $P_T$ ;  $N-NH_4^+$ ; N; OD; pH; SST; ST. Os cursos d'água menos impactados estão localizadas em Brumadinho, sendo o ribeirão Casa Branca e o ribeirão Catarina, considerando as concentrações dos parâmetros  $Cl^-_T$ , CE, Cor, DBO, DQO, Fe; Mn,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , N, OD, SST, ST, temperatura e turbidez.

Desta forma, espera-se que em função uso e ocupação do solo semelhantes entre as bacias o risco de uma bacia degradar o meio ambiente seja nulo, ou seja, uma bacia não apresente uma chance maior de violação de alguns parâmetros de qualidade da água que a outra, principalmente aqueles ligados às atividades minerárias e metalúrgicas. Esta hipótese será testada no capítulo a seguir.

## **5 CÁLCULO DO RISCO RELATIVO DOS CORPOS D'ÁGUA DAS BACIAS VIOLAREM OS LIMITES LEGAIS PRECONIZADOS PELA DN COPAM/CERH-MG 01/2008**

### **5.1 Metodologia**

#### **5.1.1 Análise de violações aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008**

Antes de se efetuar o cálculo do risco relativo das concentrações dos parâmetros medidos nos corpos d'água das bacias violarem os limites legais, foi necessário efetuar uma avaliação individual de cada dado, de cada estação de amostragem, de cada bacia.

A análise de violações aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 foi realizada para os 34 parâmetros que possuem limite legal. Para o cálculo foram utilizados os dados brutos das 37 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba e das 13 estações da bacia do rio Piracicaba no período de fevereiro de 2000 a novembro de 2015, levando em consideração as classes de enquadramento dos corpos d'água. Os limites legais estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08 para os parâmetros analisados, por classe de enquadramento, estão apresentados na Tabela 5-1.

Buscando identificar quais os parâmetros responsáveis pela maior degradação ambiental nas bacias do rio Piracicaba e do rio Paraopeba foram estabelecidos quatro intervalos de percentuais de violação do total de amostras. Os intervalos utilizados foram:

- percentual de violação de até 25%;
- percentual de violação entre 26% e 49%;
- percentual de violação entre 50% e 74%; e
- percentual de violação superior a 75%.

Para identificar a bacia mais impactada foram calculados os percentuais de estações das bacias que violaram cada parâmetro.

Tabela 5-1 - Limites legais estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08 por classes de enquadramento

Parâmetro	Unidade	Valores máximos permitidos		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
Alcalinidade total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	-	-
Alumínio dissolvido	mg/L Al	0,1	0,1	0,2
Arsênio total	mg/L As	0,01	0,01	0,033
Bário total	mg/L Ba	0,7	0,7	1,0
Cálcio total	mg/L Ca	-	-	-
Chumbo total	mg/L Pb	0,01	0,01	0,033
Cianeto livre	mg/L CN	0,005	0,005	0,022
Cloreto total	mg/L Cl	250	250	250
Clorofila <i>a</i>	µg/L	10	30	60
Cobre dissolvido	mg/L Cu	0,009	0,009	0,013
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	200	1000	4000
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	µmho/cm	-	-	-
Cor verdadeira	mg/L Pt	-	75	75
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O <sub>2</sub>	3	5	10
Demanda Química de Oxigênio	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	-
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	-	-
Fenóis totais	mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,003	0,003	0,01
Ferro dissolvido	mg/L Fe	0,3	0,3	5,0
Fósforo total	mg/L P	0,1	0,1	0,15
Magnésio total	mg/L Mg	-	-	-
Manganês total	mg/L Mn	0,1	0,1	0,5
Níquel total	mg/L Ni	0,025	0,025	0,025
Nitrato	mg/L N	10,0	10,0	10,0
Nitrogênio amoniacal total	mg/L N	3,7: pH ≤ 7,5 2,0: 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0: 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5: pH > 8,5	3,7: pH ≤ 7,5 2,0: 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0: 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5: pH > 8,5	13,3: pH ≤ 7,5 5,6: 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2: 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0: pH > 8,5
Oxigênio dissolvido	mg/L O <sub>2</sub>	6	5	4
pH <i>in loco</i>		6 - 9	6 - 9	6 - 9
Potássio dissolvido	mg/L K	-	-	-
Sódio dissolvido	mg/L Na	-	-	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500
Sólidos em suspensão totais	mg/L	50	100	100
Sólidos totais	mg/L	-	-	-
Substâncias tensoativas	mg/L LAS	0,5	0,5	0,5
Sulfato total	mg/L SO <sub>4</sub>	250	250	250
Temperatura da água	°C	-	-	-
Turbidez	UNT	40	100	100
Zinco total	mg/L Zn	0,18	0,18	5

### **5.1.2 Cálculo do Risco Relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados pela DN COPAM/CERH-MG 01/2008**

Para calcular o risco relativo das concentrações dos parâmetros medidos nos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008 foi feita a avaliação das estimativas realizadas de violação/não violação através de tabelas de contingência, comparando as bacias do rio Piracicaba e Paraopeba. Nas tabelas foram utilizadas as contagens do número de violação/não violação e não os percentuais de violação.

Com as informações obtidas na tabela de contingência, foi calculado o risco relativo das violações de uma bacia serem maiores que a de outra, em função das atividades econômicas predominantes, por exemplo. O risco relativo, nesta pesquisa, foi calculado usando-se a fórmula do *odds ratio* (OR) ou razão de chances (RC), por meio da seguinte equação:

$$RC = \frac{O_{11} \times O_{22}}{O_{12} \times O_{21}} \quad (5-1)$$

A razão de chances é definida como a chance de violação em determinada bacia ser maior que na outra, em função da série histórica dos dados.

Foi utilizado, ainda, o Método de Woolf para determinação do intervalo de 95% de confiança para a RC, que significa que a razão de chances verdadeira pode ser qualquer valor entre os dois extremos calculados.

### **5.2 Resultados e discussão das análises de violações aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008**

Após análise do percentual de violação dos 34 parâmetros com limites preconizados pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008, os resultados referentes às 13 estações de monitoramento da bacia do rio Piracicaba são apresentados na Tabela 5-2.

Para melhor visualização, a Tabela 5-2 resume os resultados em: parâmetros que apresentaram violação de até 25%, representados pela cor verde; parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 26% e 49%, representado pela cor amarela; parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 50% e 74%, representado pela cor vermelha; e os parâmetros que apresentaram percentual de violação superior a 75%, representado pela cor preta.

Tabela 5-2 - Percentual de violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Piracicaba no período de fevereiro de 2008 a novembro de 2015.

Estação / Parâmetro	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba	Rio Santa Bárbara	Rio Piracicaba	Rio do Peixe	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba	Rio Doce	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba	Rio da Prata	Rio Maquiné
Alumínio dissolvido	5%	10%	0%	5%	19%	14%	14%	14%	14%	0%	0%	10%	0%
Arsênio total	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Boro total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				
Cádmio total	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	3%	6%	2%	3%	9%	8%	6%	6%	15%	0%	0%	0%	0%
Cianeto Livre	23%	23%	23%	27%	23%	27%	23%	23%	18%	23%	23%	31%	23%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cobre dissolvido	5%	5%	7%	5%	5%	0%	2%	5%	2%	3%	0%	0%	0%
Indicador biológico	91%	92%	55%	89%	77%	67%	43%	91%	87%	55%	93%	100%	52%
Cor verdadeira	16%	19%	16%	19%	16%	19%	19%	16%	15%	0%	7%	14%	0%
Cromo total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				
Demanda bioquímica de oxigênio	0%	2%	0%	0%	3%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Densidade de cianobactérias					0%		0%	0%					
Fenóis totais	2%	2%	2%	2%	7%	0%	0%	7%	2%	0%	7%	7%	0%
Ferro dissolvido	16%	26%	17%	19%	27%	8%	21%	19%	20%	7%	0%	31%	97%
Fósforo total	5%	13%	3%	6%	61%	5%	5%	8%	17%	3%	3%	3%	3%
Manganês total	75%	73%	59%	41%	51%	23%	21%	38%	64%	100%	76%	24%	100%
Mercurio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Níquel total	2%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Oxigênio dissolvido	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
pH in loco	6%	0%	3%	0%	2%	2%	0%	0%	1%	10%	0%	0%	10%
Selênio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	5%	5%	2%	11%	19%	11%	3%	11%	18%	7%	7%	24%	3%
Substâncias tensoativas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfeto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	11%	14%	2%	9%	16%	13%	9%	13%	17%	14%	10%	31%	10%
Zinco total	2%	0%	0%	3%	2%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%

- Parâmetros que apresentaram violação de até 25%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 50% e 74%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 26% e 49%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação superior a 75%

Como pode ser observado um parâmetro crítico para a bacia do Piracicaba é o indicador microbiológico. Isso pode ser devido principalmente ao elevado lançamento de esgoto sanitário sem o devido tratamento ao longo da bacia. As estações de monitoramento com mais de 75% de violação estão localizadas próximas às sedes municipais de Rio Piracicaba (RD025), João Monlevade (RD026), Nova Era (RD029, RD030, RD076), Coronel Fabriciano e Timóteo (RD034), Ipatinga (RD035) e Alvinópolis (RD075). O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis já tinha indicado que as mesmas estações apresentavam medianas acima das demais estações.

De acordo com as informações do Relatório de Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade da água na bacia do rio Piracicaba (IGAM, 2014), o município de Rio Piracicaba (RD025) existe apenas uma ETE que atende o distrito de Padre Pinto. Para o restante do município não existe sistema de esgotamento sanitário e os pontos de lançamento do esgoto *in natura* estão localizados diretamente no rio Piracicaba.

O município de João Monlevade (RD026) possui rede coletora de esgotos e duas ETEs, no entanto o percentual da população urbana atendida por tratamento de esgotos é baixo e existem pontos de lançamento de esgoto *in natura*, no córrego Jacuí, afluente do rio Piracicaba (IGAM, 2014).

A estação RD076, apesar de localizada dentro do município de Nova Era, recebe contribuição do município de São Domingos do Prata e de outros distritos próximos, que não tratam seus esgotos contribuindo para a degradação da qualidade das águas do rio. O município de Nova Era também não possui tratamento de esgotos (IGAM, 2014).

Em Coronel Fabriciano e Timóteo (RD034), nem toda população urbana é atendida por serviço de coleta de esgoto e muito menos por tratamento (IGAM, 2014). A ausência do tratamento de esgotos no município de Coronel Fabriciano é um problema grave, uma vez que a população do município corresponde à aproximadamente 110 mil habitantes (IBGE, 2016).

Apesar de existirem quatro ETEs no município de Ipatinga que atendem 98% da população, é necessário universalizar o atendimento aos serviços de esgotamento sanitário, evitando o lançamento clandestino na rede pluvial e o uso de fossas negras, uma vez que foram identificadas violações aos padrões de qualidade para o parâmetro indicador microbiológico (FEAM, 2013).

O parâmetro ferro dissolvido também apresentou violação na bacia e demonstra a importância da atividade mineradora na bacia, uma vez que a estação RD099 está localizada no município de Catas Altas próxima à várias áreas com concessão de lavra e autorização de pesquisa de minério de ferro (DNPM, 2016). Conforme apresentado no capítulo anterior, essa mesma estação foi classificada como a mais impactada na bacia para os parâmetros ferro dissolvido e manganês total.

O parâmetro manganês total também está relacionado à atividade mineradora, a alta concentração de manganês nas águas superficiais pode ser proveniente de diversas atividades antrópicas e naturais. 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).

Na bacia do rio Piracicaba as violações ocorreram nas estações RD025, RD074, RD075 e RD099, estações localizadas em regiões com exploração de minério de ferro, ouro e alumínio dos municípios de Rio Piracicaba, Alvinópolis, Mariana e Catas Altas. As estações RD074, RD075 e RD099 correspondem ao Grupo 2 formado pela Análise de Cluster no capítulo anterior.

A estação RD030 localizada no rio do Peixe próximo de sua foz no Rio Piracicaba, no município de Nova Era, apresentou 77% de violação das amostras para o parâmetro indicador microbiológico, 61% para o parâmetro fósforo total, 51% para o parâmetro manganês total e 27% para o parâmetro ferro dissolvido confirmando, portanto, que o rio do Peixe é o corpo d'água mais impactado na bacia do rio Piracicaba, como constatado no capítulo anterior.

Após análise do percentual de violação dos 34 parâmetros, os resultados referentes às 37 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba são apresentados na Tabela 5-3 e Tabela 5-4.

Os parâmetros que apresentam o maior percentual de violação por estação de monitoramento na bacia do rio Paraopeba, indicados pela cor preta, são o indicador microbiológico, o fósforo total, o manganês total, os sólidos em suspensão totais, a turbidez, os sólidos dissolvidos totais, o cianeto livre, o nitrogênio amoniacal total, o ferro dissolvido, o OD e a DBO.

Esses parâmetros também foram identificados nas análises do capítulo anterior e como parâmetros críticos na maioria das estações tem-se o indicador microbiológico, o fósforo total e o manganês total.

Tabela 5-3 - Percentual de violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Paraopeba no período de fevereiro de 2008 a novembro de 2015 (BP014 a BP072).

Estação / Parâmetro	BP014	BP016	BP018	BP020	BP022	BP024	BP026	BP027	BP029	BP032	BP036	BP066	BP068	BP069	BP070	BP071	BP072
	Ribeirão Soledade	Rio Preto	Córrego Mãe-D'água	Córrego Maria-josé	Rio Paraopeba	Rio Brumado	Rio Camapuã	Rio Paraopeba	Rio Paraopeba	Rio Macaúbas	Rio Paraopeba	Rio Veloso	Rio Paraopeba	Ribeirão Serra Azul	Rio Paraopeba	Rio Betim	Rio Paraopeba
Alumínio dissolvido					0%	13%	13%	19%	19%	25%	25%	6%	20%	25%	31%	6%	25%
Arsênio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	3%	6%	6%	0%	3%	0%	6%
Bário total					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Boro total					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	0%	0%	0%	0%	0%	9%	13%	16%	16%	19%	13%	6%	10%	0%	11%	9%	16%
Cianeto Livre	0%	0%	0%	0%	23%	23%	23%	27%	23%	23%	23%	23%	23%	38%	23%	8%	27%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	8%	0%
Cobre dissolvido	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Indicador biológico	0%	100%	0%	100%	94%	97%	98%	97%	73%	94%	55%	90%	94%	94%	86%	83%	89%
Cor verdadeira	0%	0%	0%	0%	0%	30%	33%	29%	31%	33%	27%	18%	25%	6%	31%	27%	37%
Cromo total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	5%	0%	3%	10%	3%	0%	0%	0%	2%
Demanda bioquímica de oxigênio	100%	0%	0%	0%	0%	12%	2%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	73%	0%	67%	3%
Densidade de cianobactérias																0%	
Fenóis totais	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	3%	2%	0%	2%	0%	0%	3%	0%	6%	5%
Ferro dissolvido	0%	0%	0%	0%	36%	36%	36%	23%	23%	45%	25%	42%	16%	15%	23%	0%	30%
Fósforo total	100%	0%	100%	100%	3%	3%	13%	27%	20%	9%	14%	9%	17%	94%	20%	91%	55%
Manganês total	0%	100%	100%	100%	36%	55%	46%	98%	98%	21%	95%	45%	89%	67%	81%	0%	70%
Mercurio total					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Níquel total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	3%	0%	3%	13%	0%	0%	0%	3%	2%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%
Oxigênio dissolvido	0%	0%	0%	0%	0%	6%	3%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	79%	2%	89%	2%
pH in loco	0%	0%	0%	0%	24%	6%	0%	2%	0%	9%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%
Selênio total					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	0%	100%	0%	0%	0%	30%	31%	27%	23%	27%	28%	6%	22%	21%	20%	16%	20%
Substâncias tensoativas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	42%	2%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfeto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	0%	100%	0%	0%	0%	0%	42%	27%	25%	42%	27%	9%	22%	12%	23%	14%	23%
Zinco total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%

- Parâmetros que apresentaram violação de até 25%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 50% e 74%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 26% e 49%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação superior a 75%

Tabela 5-4 - Percentual de violação aos limites preconizados pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Paraopeba no período de fevereiro de 2008 a novembro de 2015 (BP073 a BP099).

Estação / Parâmetro	BP073	BP074	BP075	BP076	BP078	BP079	BP080	BP081	BP082	BP083	BP084	BP085	BP086	BP088	BP090	BP092	BP094	BP096	BP098	BP099
	Ribeirão das Areias ou Riacho das Pedras	Ribeirão dos Macacos	Córrego Pintado	Ribeirão São João	Rio Paraopeba	Rio Paraopeba	Rio Maranhão	Ribeirão Ibitité	Rio Paraopeba	Rio Paraopeba	Rio Maranhão	Ribeirão Ibitité	Ribeirão Sarzedo	Rio Betim	Ribeirão Grande	Ribeirão Casa Branca	Ribeirão Catarina	Rio Manso	Ribeirão do Cedro	Rio Paraopeba
Alumínio dissolvido	6%	19%	67%	19%	31%	13%	31%	0%	13%	13%	25%	0%	6%	56%	38%	0%	0%	13%	25%	19%
Arsênio total	0%	0%	0%	0%	3%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%
Bário total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Boro total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio total	3%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	21%	6%	0%	20%	11%	9%	16%	0%	14%	13%	6%	0%	5%	3%	11%	0%	0%	0%	5%	10%
Cianeto Livre	58%	31%	58%	23%	23%	23%	58%	33%	23%	27%	31%	75%	31%	42%	23%	23%	23%	23%	31%	16%
Cloreto total	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	45%	18%	8%	3%	17%	5%	5%	0%	6%	6%	3%	0%	18%	29%	3%	0%	0%	3%	6%	17%
Cobre dissolvido	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	2%	2%	2%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Indicador biológico	100%	100%	92%	41%	23%	94%	97%	100%	56%	42%	97%	67%	89%	14%	50%	57%	34%	90%	50%	35%
Cor verdadeira	24%	36%	0%	47%	31%	24%	22%	8%	24%	27%	33%	0%	14%	4%	41%	2%	0%	8%	38%	23%
Cromo total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Demanda bioquímica de oxigênio	97%	30%	83%	0%	2%	6%	22%	100%	0%	0%	42%	8%	38%	11%	0%	0%	0%	17%	28%	0%
Densidade de cianobactérias			20%					0%				0%	0%	0%						0%
Fenóis totais	27%	6%	0%	3%	6%	2%	5%	0%	3%	5%	11%	0%	6%	6%	0%	2%	4%	0%	13%	0%
Ferro dissolvido	24%	42%	0%	27%	8%	45%	13%	50%	16%	6%	52%	75%	25%	13%	39%	2%	2%	32%	20%	6%
Fósforo total	100%	33%	75%	13%	23%	9%	80%	92%	42%	23%	70%	92%	55%	9%	13%	0%	0%	17%	88%	6%
Manganês total	97%	30%	100%	22%	62%	89%	100%	100%	60%	65%	100%	100%	94%	84%	30%	0%	0%	54%	75%	23%
Mercurio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Níquel total	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
Nitrato	3%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	85%	0%	58%	0%	2%	3%	100%	0%	0%	0%	25%	50%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	23%	0%
Oxigênio dissolvido	94%	6%	8%	0%	2%	3%	22%	83%	2%	0%	95%	17%	16%	11%	2%	0%	0%	12%	60%	0%
pH in loco	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	12%	6%	2%	0%	3%
Selênio total	0%	0%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	4%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%
Sólidos em suspensão totais	24%	30%	8%	33%	23%	37%	17%	0%	28%	27%	6%	0%	13%	19%	17%	0%	0%	0%	8%	13%
Substâncias tensoativas	61%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	57%	0%	0%	19%	14%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfeto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	9%	55%	8%	50%	30%	39%	17%	0%	23%	28%	5%	17%	9%	16%	30%	2%	0%	0%	15%	13%
Zinco total	18%	0%	8%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

- Parâmetros que apresentaram violação de até 25%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 50% e 74%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação entre 26% e 49%
- Parâmetros que apresentaram percentual de violação superior a 75%

O indicador microbiológico é devido principalmente ao elevado lançamento de esgoto sanitário sem o devido tratamento ao longo da bacia. As diversas estações de monitoramento com mais de 75% de violação se encontram localizadas próximas aos municípios de Congonhas (BP016, BP020, BP027, BP079, BP080), Cristiano Ottoni (BP022), Entre Rios de Minas (BP024), Jeceaba (BP026, BP027), Bonfim (BP032), Itatiaiuçu (BP066), Mário Campos (BP068, BP086), São Joaquim de Bicas (BP068, BP070), Juatuba (BP069, BP071), Betim (BP070, BP071, BP072, BP073, BP086), Cachoeira da Prata (BP074), Ibirité (BP075, BP081), Conselheiro Lafaiete (BP079, BP084), São Brás do Suaçuí (BP079) e Brumadinho (BP096).

De acordo com as informações do Relatório de Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade da água na bacia do rio Paraopeba (IGAM, 2013), o município de Betim é aquele que mais contribui no lançamento de esgotos sanitários na estação BP073. As estações BP024 e BP026 sofrem influência do lançamento de esgotos sanitários do município de Entre Rios de Minas, que conta com 80% de esgoto coletado, mas sem tratamento dos efluentes gerados. O município de Congonhas possui 4 ETEs, mas apenas 7,72% do esgoto coletado, o que contribui para a degradação da qualidade das águas nas estações próximas. A estação BP094 recebe todo o esgoto sanitário proveniente da área urbana de Brumadinho, e este município não possui estação de tratamento de esgoto.

A estação de monitoramento BP069 recebe impactos de grande parte dos esgotos de Juatuba e Mateus Leme. A estação localizada na cidade de Cachoeira da Prata a montante de sua foz no rio Paraopeba (BP074) recebe influência dos lançamentos sanitários dos municípios de Cachoeira da Prata e Fortunas de Minas (IGAM, 2013).

O fósforo total aparece em águas naturais devido, principalmente, aos lançamentos de esgotos sanitários e ao uso de fertilizantes em atividades agrícolas. Na bacia do rio Paraopeba, as estações que apresentaram maiores percentuais de violações foram: riacho das Pedras ou ribeirão das Areias (BP073) e rio Betim (BP071) em Betim, ribeirão Serra Azul em Juatuba (BP069), ribeirão do Cedro em Caetanópolis (BP098), ribeirão Soledade (BP014), córrego Mãe-D'água (BP018), córrego Maria-José (BP020) e rio Maranhão (BP080) em Congonhas, córrego Pintado (BP075) e ribeirão Ibirité (BP081 e BP085) em Ibirité.

Na bacia do rio Paraopeba as violações ao parâmetro manganês total ocorreram nas estações localizadas nos municípios de Congonhas, Jeceaba, Belo Vale, Brumadinho, Mário Campos,

São Joaquim de Bicas, Betim, Ibirité, Conselheiro Lafaiete, São Brás do Suaçuí, Caetanópolis e Paraopeba.

O parâmetro ferro dissolvido também está relacionado à atividade mineradora e apresentou violação na bacia do rio Paraopeba e demonstra a importância da atividade mineradora na bacia, uma vez que a estação BP085 está próxima às áreas de pesquisa no município de Ibirité (DNPM, 2016).

O aporte de manganês total e ferro dissolvido na água superficial também pode ser resultado do carreamento de solos e ocorrência de processos de erosão nas margens do rio ou por efluentes industriais.

A estação BP073, localizada no ribeirão das Areias ou riacho das Pedras no município de Betim, foi a estação que apresentou o maior número de parâmetros com concentrações que violaram os limites preconizados na legislação, sendo eles: cianeto livre, clorofila *a*, indicador microbiológico, DBO, fenóis, fósforo total, manganês total, nitrogênio amoniacal total, OD e substâncias tensoativas. Isso corrobora com o já identificado no capítulo anterior, que o ribeirão das Areias ou riacho das Pedras é o corpo d'água mais impactado na bacia do rio Paraopeba.

A Tabela 5-5 mostra o percentual de estações de monitoramento nas bacias do rio Paraopeba e rio Piracicaba com violações acima de 75% ao limite legal, considerando o período entre 2000 e 2015.

A bacia do rio Paraopeba apresentou um maior número de estações que violaram os parâmetros observados acima de 75% quando comparada com a bacia do rio Piracicaba, indicando a bacia do rio Paraopeba como mais impactada. No entanto, a porcentagem de estações na bacia do rio Piracicaba que violaram os parâmetros indicador microbiológico e ferro dissolvido foi maior que na bacia do rio Paraopeba.

Tabela 5-5 - Porcentagem de estações de monitoramento nas bacias do rio Paraopeba e rio Piracicaba com violações acima de 75% para os respectivos parâmetros, considerando o período entre 2000 e 2015.

<b>Parâmetros</b>	<b>Piracicaba</b>	<b>Paraopeba</b>
Alumínio dissolvido	0%	0%
Arsênio total	0%	0%
Bário total	0%	0%
Boro total	0%	0%
Cádmio total	0%	0%
Chumbo total	0%	0%
Cianeto Livre	0%	3%
Cloreto total	0%	0%
Clorofila a	0%	0%
Cobre dissolvido	0%	0%
Indicador microbiológico	62%	59%
Cor verdadeira	0%	0%
Cromo total	0%	0%
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0%	11%
Densidade de cianobactérias	0%	0%
Fenóis totais	0%	0%
Ferro dissolvido	8%	3%
Fósforo total	0%	30%
Manganês total	31%	49%
Mercurio total	0%	0%
Níquel total	0%	0%
Nitrato	0%	0%
Nitrito	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	0%	5%
Oxigênio dissolvido	0%	14%
pH in loco	0%	0%
Selênio total	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	3%
Sólidos em suspensão totais	0%	3%
Substâncias tensoativas	0%	0%
Sulfato total	0%	0%
Sulfeto	0%	0%
Turbidez	0%	3%
Zinco total	0%	0%

### **5.3 Resultados e discussão do cálculo do Risco Relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados pela DN COPAM/CERH-MG 01/2008**

A Tabela 5-6 apresenta o número de violações/não violações os valores preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008 dos parâmetros das 37 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba e das 13 estações da bacia do rio Piracicaba no período de fevereiro de 2000 a novembro de 2015.

Tabela 5-6 – Número de violações/não violações aos valores preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008 dos parâmetros das 37 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba e das 13 estações da bacia do rio Piracicaba no período de fevereiro de 2000 a novembro de 2015.

Parâmetros	Bacia do rio Paraopeba			Bacia do rio Piracicaba		
	Total de amostras	Nº de violações	Nº de não violações	Total de amostras	Nº de violações	Nº de não violações
Alumínio dissolvido	497	92	405	305	23	282
Arsênio total	920	12	908	419	1	418
Bário total	894	0	894	359	0	359
Boro total	453	0	453	123	0	123
Chumbo total	1351	141	1210	611	43	568
Cianeto Livre	579	175	404	295	71	224
Cloreto total	1638	1	1637	747	0	747
Clorofila <i>a</i>	1086	114	972	465	0	465
Cobre dissolvido	805	5	800	514	16	498
Indicador microbiológico	1615	1255	360	745	573	172
Cor verdadeira	1358	327	1031	373	54	319
Cromo total	1200	13	1187	223	0	223
Demanda Bioquímica de Oxigênio	1638	320	1318	747	6	741
Densidade de cianobactérias	123	4	119	70	0	70
Fenóis totais	1576	62	1514	580	20	560
Ferro dissolvido	1638	388	1250	595	129	466
Fósforo total	1638	541	1097	742	90	652
Manganês total	1620	1022	598	658	351	307
Mercurio total	814	2	812	420	0	420
Níquel total	1046	11	1035	599	2	597
Nitrato	1638	2	1636	747	1	746
Nitrito	1384	0	1384	509	0	509
Nitrogênio amoniacal total	1638	106	1532	747	0	747
Oxigênio dissolvido	1638	371	1267	747	0	747
pH in loco	1638	31	1607	747	15	732
Selênio total	909	1	908	304	0	304
Sólidos dissolvidos totais	1330	15	1315	668	0	668
Sólidos em suspensão totais	1637	426	1211	747	73	674
Substâncias tensoativas	1115	67	1048	603	0	603

Tabela 5-6 – Número de violações/não violações aos valores preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008 dos parâmetros das 37 estações de monitoramento da bacia do rio Paraopeba e das 13 estações da bacia do rio Piracicaba no período de fevereiro de 2000 a novembro de 2015 (Cont.).

Parâmetros	Bacia do rio Paraopeba			Bacia do rio Piracicaba		
	Total de amostras	Nº de violações	Nº de não violações	Total de amostras	Nº de violações	Nº de não violações
Sulfato total	817	0	817	367	0	367
Sulfeto	1059	0	1059	586	1	585
Turbidez	1638	497	1141	747	91	656
Zinco total	1149	13	1136	585	5	580

Quinn e Keough (2002) recomendam que todos os valores esperados devem ser maiores que 5 para que uma tabela  $2 \times 2$  seja considerada. Sendo assim, não foram elaboradas as tabelas de contingência para os parâmetros bário total, boro total, cloreto total, clorofila *a*, cromo total, densidade de cianobactérias, mercúrio total, nitrito, nitrogênio amoniacal total, OD, selênio total, sólidos dissolvidos totais, substâncias tensoativas, sulfato total e sulfeto, uma vez que apresentaram valores de violações/não violações abaixo de 5.

Optou-se por apresentar, detalhadamente, os cálculos para obtenção do risco relativo de um parâmetro como exemplo, no caso o manganês total. Assim, a Tabela 5-7 apresenta a tabela de contingência  $2 \times 2$  com os valores observados.

Tabela 5-7 - Tabela de contingência  $2 \times 2$  para o cálculo de violação ao limite legal de manganês total – valores observados

Bacia	Violou o limite legal de manganês total		Total
	Sim	Não	
Bacia do rio Paraopeba	1022	598	1620
Bacia do rio Piracicaba	122	446	568
Total	1144	1044	2188

Para o cálculo da frequência esperada, considerou-se que a proporção de violação nas duas bacias é a mesma:

$$E_{11} = \Sigma (\text{total}) \times [\Sigma (\text{linha 1}) / \Sigma (\text{total})] \times [\Sigma (\text{coluna 1}) / \Sigma (\text{total})] = 2188 \times (1620/2188) \times (1144/2188) = 847$$

$$E_{12} = \Sigma (\text{total}) \times [\Sigma (\text{linha 1}) / \Sigma (\text{total})] \times [\Sigma (\text{coluna 2}) / \Sigma (\text{total})] = 2188 \times (1620/2188) \times (1044/2188) = 773$$

$$E_{21} = \Sigma (\text{total}) \times [\Sigma (\text{linha 2}) / \Sigma (\text{total})] \times [\Sigma (\text{coluna 1}) / \Sigma (\text{total})] = 2188 \times (568/2188) \times (1144/2188) = 297$$

$$E_{22} = \Sigma (\text{total}) \times [\Sigma (\text{linha 2}) / \Sigma (\text{total})] \times [\Sigma (\text{coluna 2}) / \Sigma (\text{total})] = 2188 \times (568/2188) \times (1044/2188) = 271$$

Assim, a Tabela 5-8 apresenta o número teórico esperado de observações.

Tabela 5-8 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de manganês total – valores esperados

Bacia	Violou o limite legal de manganês total		Total
	Sim	Não	
Bacia do rio Paraopeba	847	773	1620
Bacia do rio Piracicaba	297	271	568
Total	1144	1044	2188

As hipóteses estatísticas são: H<sub>0</sub>: proporção de violações ao limite legal de manganês total é a mesma nas duas bacias; H<sub>a</sub>: proporção de violações ao limite legal de manganês total depende da bacia hidrográfica.

O cálculo do teste é efetuado como a seguir:

$$\chi^2 = \sum_{\text{todas células}} \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} = \frac{(1022 - 847)^2}{847} + \frac{(598 - 773)^2}{773} + \frac{(122 - 297)^2}{297} + \frac{(446 - 271)^2}{271} = 291,83$$

A estatística do teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) segue aproximadamente uma distribuição  $\chi^2$  com graus de liberdade (gl) = (L – 1) (C – 1), sendo L igual a linhas e C a colunas. Uma vez que L = 2 e C = 2, os graus de liberdade para qui-quadrado são (2 – 1)(2 – 1) = 1, deve-se rejeitar H<sub>0</sub> se  $\chi^2$  calc. >  $\chi^2_{0,05; 1} = 3,84$ , valor obtido nas tabelas de valores críticos da distribuição qui-quadrado, para um nível de significância igual a 5% e um grau de liberdade (CALLEGARI-JACQUES, 2003, pag. 235).

Uma vez que  $\chi^2$  calc. = 291,83 >  $\chi^2_{0,05; 1} = 3,84$ , rejeita-se a hipótese de independência do número de violações ao limite legal de manganês total nas duas bacias, ainda que a atividade minerária e metalúrgica esteja presente nas duas regiões.

Rejeitada a hipótese de independência, calcula-se o risco relativo com as informações obtidas na tabela de contingência:

$$RC = \frac{O_{11} \times O_{22}}{O_{12} \times O_{21}} = \frac{1022 \times 446}{122 \times 598} = 6,25$$

O resultado mostra que o risco relativo de ocorrência de violações ao limite legal de manganês total na bacia do rio Paraopeba, em relação à bacia do rio Piracicaba, é de 6,25. Esse resultado indica um risco 6 vezes maior da bacia do rio Paraopeba violar os limites da legislação para manganês total em relação à bacia do rio Piracicaba.

O manganês e seus compostos são usados principalmente na indústria do aço e pode ocorrer naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antrópicas também podem ser responsáveis pela contaminação da água. As duas bacias estudadas apresentam atividades econômicas ligadas à siderurgia, contudo, na bacia do rio Paraopeba possivelmente as atividades desenvolvidas principalmente no município de Betim causam mais impactos à qualidade da água.

Para determinação do intervalo de 95% de confiança para a RC foi utilizado o Método de Woolf, que utiliza a curva normal como uma aproximação para o  $\ln RC$ , a partir do erro padrão:

$$EP(\ln RC) = \sqrt{\frac{1}{O_{11}} + \frac{1}{O_{12}} + \frac{1}{O_{21}} + \frac{1}{O_{22}}} = \sqrt{\frac{1}{1022} + \frac{1}{122} + \frac{1}{598} + \frac{1}{446}} = 0,114$$

Intervalo de 95% de confiança =  $\ln RC \pm 1,96 [EP(\ln RC)]$

$\ln(6,25) \pm 1,96(0,114) = 1,832 \pm 0,223 = (1,609 \text{ a } 2,055)$

Exponencial (1,609) = 4,99 e exponencial (2,055) = 7,82

Assim, o risco relativo de violação ao limite legal de manganês total na bacia do rio Paraopeba em relação à bacia do rio Piracicaba é de 6,25, com intervalo de 95% de confiança de 4,99 – 7,82.

Para os parâmetros arsênio total, cádmio total, cianeto livre, fenóis totais, ferro dissolvido, fósforo total, níquel total, nitrato, pH *in loco* e zinco não existe o risco de uma bacia apresentar uma chance maior de violação que a outra, portanto estes parâmetros não serão mencionados.

Os cálculos apontaram que nove parâmetros apresentaram proporção de violações ao limite legal dependentes da bacia hidrográfica. Serão apresentadas as tabelas de contingência 2 x 2 com os valores observados e os valores esperados para alguns deles, mas todos os resultados serão comentados após a tabela resumo apresentada no final do capítulo.

A Tabela 5-9 apresenta a tabela de contingência 2 x 2 com os valores observados e a Tabela 5-10 apresenta os valores esperados para o parâmetro indicador microbiológico.

Tabela 5-9 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal do indicador microbiológico – valores observados

<b>Bacia</b>	<b>Violou o limite legal do indicador microbiológico</b>		<b>Total</b>
	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
Bacia do rio Paraopeba	1255	360	1615
Bacia do rio Piracicaba	573	16	589
Total	1828	376	2204

Tabela 5-10 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal do indicador microbiológico – valores esperados

<b>Bacia</b>	<b>Violou o limite legal do indicador microbiológico</b>		<b>Total</b>
	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
Bacia do rio Paraopeba	1339	276	1615
Bacia do rio Piracicaba	489	100	589
Total	1828	376	2204

Sendo  $\chi^2_{\text{calc.}} = 116,87 > \chi^2_{0,05; 1} = 3,84$ , rejeita-se a hipótese de independência do número de violações ao limite legal de indicador microbiológico nas duas bacias. Calculando o risco relativo com as informações obtidas na tabela de contingência foi obtido o RC igual a 0,09 e o intervalo de 95% de confiança de 0,06 – 0,16. Nesse caso, de acordo com Bernardes e Callegari-Jacques (1998), como o RC apresentou valor menor que 1, a probabilidade é menor no primeiro grupo do que no segundo, sendo assim, a bacia do rio Piracicaba apresenta maior chance de violação do que a bacia do rio Paraopeba.

A Tabela 5-11 apresenta a tabela de contingência 2 x 2 com os valores observados e a Tabela 5-12 apresenta os valores esperados para o parâmetro turbidez.

Tabela 5-11 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de turbidez – valores observados

<b>Bacia</b>	<b>Violou o limite legal de turbidez</b>		<b>Total</b>
	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
Bacia do rio Paraopeba	497	1141	1638
Bacia do rio Piracicaba	91	656	747
Total	588	1797	2385

Tabela 5-12 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de turbidez – valores esperados

<b>Bacia</b>	<b>Violou o limite legal de turbidez</b>		<b>Total</b>
	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
Bacia do rio Paraopeba	404	1234	1638
Bacia do rio Piracicaba	184	563	747
Total	588	1797	2385

Uma vez que  $\chi^2_{\text{calc.}} = 91,08 > \chi^2_{0,05; 1} = 3,84$ , rejeita-se a hipótese de independência do número de violações ao limite legal turbidez nas duas bacias. Calculando o risco relativo com as informações obtidas na tabela de contingência foi obtido o RC igual a 3,14 e o intervalo de 95% de confiança de 2,46 – 4,00.

Logo, a bacia do rio Paraopeba apresenta 3 vezes mais chances de violar os limites da legislação do que a bacia do rio Piracicaba. Esse resultado faz sentido, uma vez que, a bacia do rio Paraopeba também apresenta mais chance de violar o parâmetro manganês total, alumínio dissolvido e sólidos dissolvidos totais.

O parâmetro turbidez está fortemente relacionado à presença de sólidos em suspensão totais. O aumento da turbidez e sua consequente violação aos limites preconizados na legislação ambiental pode ocorrer devido à erosão das margens dos rios em estações chuvosas, lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais principalmente atividades de mineração.

A Tabela 5-13 apresenta a tabela de contingência 2 x 2 com os valores observados e a Tabela 5-14 apresenta os valores esperados para o parâmetro DBO.

Tabela 5-13 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de demanda bioquímica de oxigênio – valores observados

Bacia	Violou o limite legal de demanda bioquímica de oxigênio		Total
	Sim	Não	
Bacia do rio Paraopeba	320	1318	1638
Bacia do rio Piracicaba	6	741	747
Total	326	2059	2385

Tabela 5-14 - Tabela de contingência 2 x 2 para o cálculo de violação ao limite legal de demanda bioquímica de oxigênio – valores esperados

Bacia	Violou o limite legal de demanda bioquímica de oxigênio		Total
	Sim	Não	
Bacia do rio Paraopeba	224	1414	1638
Bacia do rio Piracicaba	102	645	747
Total	326	2059	2385

Sendo  $\chi^2_{\text{calc.}} = 152,57 > \chi^2_{0,05; 1} = 3,84$ , rejeita-se a hipótese de independência do número de violações ao limite legal de DBO nas duas bacias. Calculando o risco relativo com as informações obtidas na tabela de contingência foi obtido o RC igual a 29,98 e o intervalo de 95% de confiança de 13,30 – 67,58. Sendo assim, a bacia do rio Paraopeba apresenta quase 30 vezes mais chance de violar os limites preconizados pela legislação que a bacia do rio Piracicaba, resultado difícil de explicar com os dados analisados.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica (ANA, 2016). Na bacia do rio Paraopeba os municípios apresentam lançamentos de esgotos sanitários não tratados ou com tratamento ineficiente nos cursos d'água. Mas como visto anteriormente, a bacia do rio Piracicaba também não apresenta tratamento para todos os efluentes gerados. No entanto, a população residente na bacia do rio Paraopeba é cerca de 3 vezes maior que na bacia do rio Piracicaba, o que poderia acarretar em uma carga muito maior de DBO, explicando o enorme risco de violar os limites preconizados pela legislação.

A Tabela 5-15 apresenta um resumo do risco relativo de violações na bacia do rio Paraopeba em relação à bacia do rio Piracicaba e o intervalo de 95% de confiança do risco para os todos os parâmetros em que a proporção de violações ao limite legal depende da bacia hidrográfica.

Tabela 5-15 - Risco relativo de violações na bacia do rio Paraopeba em relação à bacia do rio Piracicaba e o respectivo intervalo de confiança.

<b>Parâmetro</b>	<b>RC</b>	<b>Intervalo de 95% de confiança</b>
Alumínio dissolvido	2,79	1,72 – 4,51
Chumbo total	2,31	1,52 – 3,51
Cobre dissolvido	0,19	0,07 – 0,53
Indicador microbiológico	0,09	0,06 – 0,16
Cor verdadeira	1,87	1,37 – 2,57
Demanda bioquímica de oxigênio	29,98	13,30 – 67,58
Manganês total	6,25	4,99 – 7,82
Sólidos em suspensão totais	3,25	2,49 – 4,24
Turbidez	3,14	2,46 – 4,00

Pela Tabela 5-15 pode-se observar que a razão de chances da bacia do rio Paraopeba violar os limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH 01/2008 é maior para os parâmetros alumínio dissolvido, chumbo total, cor verdadeira, DBO, manganês total, sólidos em suspensão totais e turbidez, enquanto para os parâmetros cobre dissolvido e indicador microbiológico as chances são maiores para a bacia do rio Piracicaba.

Algumas hipóteses foram aventadas para explicar as diferenças observadas, conforme apresentado a seguir:

Na água, o alumínio dissolvido é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes e o aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (CETESB, 2009). A bacia do rio Paraopeba apresentou um risco quase 3 vezes maior de violar os limites da legislação para alumínio dissolvido que a bacia do rio Piracicaba, sendo assim, as atividades industriais existentes na bacia do rio Paraopeba podem gerar mais impactos que as atividades do mesmo ramo na bacia do rio Piracicaba.

De acordo com a CETESB (2009), a presença do chumbo total na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo, e esse metal possui ampla aplicação industrial na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas etc., mais presentes na bacia do rio Paraopeba.

O parâmetro cor verdadeira geralmente é um indicador da presença de metais (Fe, Mn), matéria orgânica oriunda da degradação de matéria de origem vegetal, plâncton, dentre outras substâncias dissolvidas na água e se refere à determinação de cor em amostras sem sólidos suspensos. Os resultados não conformes de cor verdadeira vinculam-se principalmente à ocorrência de manganês total e ferro dissolvido. Logo, a bacia do rio Paraopeba apresenta quase 2 vezes mais chances de violar os limites da legislação do que a bacia do rio Piracicaba. Esse resultado faz sentido, uma vez que, a bacia do rio Paraopeba também apresenta mais chance de violar o parâmetro manganês total e alumínio dissolvido.

#### **5.4 Conclusões**

Na bacia do rio Piracicaba foram verificadas violações superiores à 75% das amostras para os parâmetros indicador microbiológico, ferro dissolvido e manganês total. Esses parâmetros estão associados aos lançamentos de esgotos sanitários e às atividades minerárias na bacia.

O rio do Peixe próximo de sua foz no Rio Piracicaba, no município de Nova Era, apresentou 77% de violação das amostras para o parâmetro indicador microbiológico, 61% para o parâmetro fósforo total, 51% para o parâmetro manganês total e 27% para o parâmetro ferro dissolvido sendo identificado como o corpo d'água mais impactado na bacia do rio Piracicaba.

Já a bacia do rio Paraopeba apresentou um maior número de estações que violaram os parâmetros observados acima de 75% quando comparada com a bacia do rio Piracicaba, indicando a bacia do rio Paraopeba como mais impactada. Os parâmetros responsáveis pela pior degradação da bacia são: cianeto livre, indicador microbiológico, DBO, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, nitrogênio amoniacal total, OD, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais e turbidez.

O ribeirão das Areias ou riacho das Pedras no município de Betim apresentou o maior número de parâmetros com concentrações que violaram os limites preconizados na legislação, sendo portanto, o corpo d'água mais impactado na bacia do rio Paraopeba.

Foi observado que para muitos parâmetros de qualidade da água houve pouca ou nenhuma violação da legislação ambiental, isso pode ter acontecido em função de limites muito permissíveis, uma vez que a degradação dos corpos d'água decorre das atividades industriais e dos lançamentos de esgotos domésticos nas bacias estudadas.

Quando comparadas utilizando o risco relativo, a bacia do rio Paraopeba apresenta risco maior de violação do que a bacia do rio Piracicaba para os parâmetros alumínio dissolvido, chumbo total, cor verdadeira, DBO, manganês total, sólidos em suspensão totais e turbidez. Já para os parâmetros cobre dissolvido e indicador microbiológico a bacia do rio Piracicaba que apresenta risco maior de violação do que a bacia do rio Paraopeba.

Por apresentarem uso e ocupação do solo e atividades econômicas semelhantes era esperado que não ocorresse um maior risco de uma bacia degradar o meio ambiente em relação à outra, no entanto, isso não foi confirmado. Isso pode estar relacionado ao fato das cargas de efluentes lançados nos cursos d'água da bacia do rio Paraopeba serem bem maiores que na bacia do rio Piracicaba.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho utilizou técnicas estatísticas multivariadas para a avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba e do rio Paraopeba. Também foi realizada a análise de risco relativo dos corpos d'água das bacias violarem os limites legais preconizados na DN COPAM/CERH-MG 01/2008.

As técnicas estatísticas multivariadas utilizadas (Análises de Cluster 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 bacias.

A Análise de Cluster possibilitou a identificação de estações de monitoramento similares quanto à qualidade da água, enquanto que a Análise Fatorial permitiu a determinação das principais fontes de poluição responsáveis pela degradação da qualidade da água em cada agrupamento identificado pela Análise de Cluster. As áreas de maior degradação na bacia do rio Piracicaba são os municípios de Rio Piracicaba, João Monlevade, Nova Era, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Santa Bárbara, Santa Rita Durão, Santa Rita Fonseca e Antônio Dias, e nos municípios de Betim, Ibirité, Conselheiro Lafaiete, Mateus Leme e Congonhas, na bacia do rio Paraopeba.

Considerando as duas bacias, os parâmetros indicador microbiológico, manganês total e ferro dissolvido foram considerados os mais relevantes para a caracterização da qualidade da água. Diversos corpos d'água apresentaram alta contaminação por matéria orgânica biodegradável e aporte de sólidos, mas destacam-se o rio do Peixe, em Nova Era e o ribeirão Areias ou riacho das Pedras, em Betim, cuja qualidade da água é a mais degradada na bacia do rio Piracicaba e do rio Paraopeba, respectivamente.

A análise das violações e a utilização do risco relativo de violação aos limites preconizados pela legislação ambiental entre a bacia do rio Paraopeba e a bacia do rio Piracicaba confirmou os impactos que ambas as bacias sofrem em decorrência das atividades econômicas presentes. O estudo mostrou, ainda, que mesmo apresentando atividades semelhantes, a bacia do rio Paraopeba apresenta maiores chances de violação para os parâmetros alumínio dissolvido, chumbo total, cor verdadeira, DBO, manganês total, sólidos em suspensão totais e turbidez.

Foi observado, também, que as duas bacias são fortemente impactadas por esgoto doméstico, efluentes industriais, mineração, agricultura e áreas de pastagens. No entanto, a contaminação por esgoto doméstico é o maior problema nestas bacias e, por isso, tornam-se necessárias ações mais efetivas em saneamento básico, contemplando coleta e tratamentos eficientes.

Para trabalhos futuros recomendam-se os seguintes pontos:

- Utilizar dados de estações pluviométricas, a fim de avaliar os períodos de seca e de chuva separadamente, para identificar se essas características hidrológicas interferem nas análises dos parâmetros de qualidade da água.
- Identificar estações de monitoramento existentes em locais de lançamento de esgotos e realizar uma análise a montante e a jusante desses pontos, principalmente avaliando os parâmetros de indicador microbiológico e oxigênio dissolvido.
- Utilização de cargas, e não de concentrações, dos parâmetros de qualidade da água.
- Elaborar mapas temáticos de uso e cobertura do solo, utilizando imagens de satélite, para identificar as possíveis fontes de poluição em cada bacia e compreender melhor as violações aos limites das legislações ambientais, de acordo com características específicas de cada bacia.
- Discussão e revisão dos limites da legislação ambiental a fim de avaliar se realmente refletem as condições do corpo d'água ou se estão permissíveis. Essa análise deve levar em consideração a comparação com os limites adotados em outros países.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas – ANA. Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA. Disponível em < [http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn1](http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn1)>. Acesso em: 23 de fev. de 2017.
- ALMEIDA, KATIANE CRISTINA DE BRITO. *Avaliação da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais da bacia do rio das Velhas utilizando o método da entropia*. 98 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- AMARAL, ROSA CAROLINA. *Impacto da implantação de perímetros irrigados na qualidade das águas superficiais da porção mineira do Médio São Francisco*. 124 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- ANDERSON, R. L. "Use of Contingency Tables in the Analysis of Consumer Preference Studies." *Biometrics* 15, no. 4 (1959): 582-90. doi:10.2307/2527656.
- AZHAR, S. C., ARISA, A. Z., YUSOFFA, M. K., RAMLIA, M. F., JUAHIRC, H. Classification of river water quality using multivariate analysis. *Procedia Environmental Sciences* v. 30, p. 79 – 84, 2015.
- BARBOSA, THAÍS BAÊTA COSTA. *Avaliação da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Paracatu em função do uso e ocupação do solo*. 174 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- BERNARDES, W. M.; CALLEGARI-JACQUES, S. M. Epidemiologia: Pesquisa populacional: Estudos analíticos: Medidas de escolha: Risco relativo: Odds ratio. *Jornal de pediatria*. Rio de Janeiro. Vol. 74, no. 3 (1998), p. 247-251
- BRASIL. Resolução Nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2005.
- BU, H.; TAN, X.; LI, S.; ZHANG, Q. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n. 73, p. 907-913, 2010.
- CALAZANS, 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*. 2015. 196 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- CALLEGARI-JACQUES, S. *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed, 2003, 255 p.
- CARVALHO, Maria Angélica G.. *Métodos Estatísticos para Análise de Dados de Monitoração Ambiental*. 2003. 135 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- CATAPRETA, C. A. A.; HELLER, L. Associação entre coleta de resíduos sólidos domiciliares e saúde, Belo Horizonte (MG), Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 5(2), 88-96. Belo Horizonte (1999). <https://dx.doi.org/10.1590/S1020-49891999000200003>

- CBH-PIRACICABA, 2016. Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba. Disponível em <<http://www.cbhipiracicabamg.org.br/rio-piracicabamg>>. Acesso em 01 de maio de 2016.
- CHRISTOFARO, C.; LEÃO, M. M. D. Tratamento de dados censurados em estudos ambientais. *Química Nova*, vol. 37, n. 1, p.104-110, 2014.
- 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>>.
- CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÓPEBA – CIBAPAR. *A Bacia*. Disponível em: <[www.cibapar.org.br](http://www.cibapar.org.br)>. Acesso em 02/05/2016.
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano para incremento do percentual de tratamento de esgotos sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2013. 613 p.
- 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.
- GLANTZ, S. A. *Primer of biostatistics*. McGraw-Hill Medical Pub. Division: 2014 - 520 páginas
- GNANADESIKAN, R. *Methods for Statistical Data Analysis of Multivariate Observations*. 384 p. New Jersey, 1997. 2<sup>nd</sup> edition.
- GONÇALVES, FABRÍCIA MOREIRA. *Bacia hidrográfica do Paraíba do Sul: Avaliação integrada da qualidade das águas dos Estados de Minas Gerais, Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo*. 155 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2016.
- HAIR, J. F. JR.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W.. *Análise Multivariada de dados*. Bookman: São Paulo, 2009. 6<sup>a</sup> ed.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa\\_tcu.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_tcu.shtm)>. Acesso em: 08 de fev. de 2017
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2º Relatório de Gestão e Situação dos Recursos Hídricos em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014. 259 p.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade da água na bacia do rio Paraopeba. Belo Horizonte: IGAM, 2013. 41p.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade da água na bacia do rio Piracicaba. Belo Horizonte: IGAM, 2014. 99p.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 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: 08 de fev. de 2017.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2015: resumo executivo. Belo Horizonte: IGAM, 2016. 179p.
- JUNG, K. Y., LEE K., IMA, T. H. Evaluation of water quality for the Nakdong River watershed using multivariate analysis. *Environmental Technology & Innovation*. V. 5 (2016) p. 67–82

JUNIOR, B. S. G. Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. *Agro@ambiente On-line*, 01 October 2015, Vol.9 (3), pp.235-242

KOWLKOWSKI, T.; ZBYTNIIEWSKI, R.; SZPEJNA, J.; BUSZEWSKI, B. Application of chemometrics in water classification. *Water Research*, v. 40, n. 4, p. 744-752, 2006.

LIMA, HIGOR SUZUKI. *Qu*Qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio Doce e sua relação com aspectos socioambientais. 169 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2016.

LIU, Cheng-Wuing; LIN, Kao-Hung; KUO, Yi-Ming. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *The Science of Total Environment*, n. 313, p. 77-89, 2003.

LOPES, F. B., DE ANDRADE, E. M., MEIRELES, A. C. M., BECKER, H., BATISTA, A. A. Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil/Investigação da qualidade das águas de um grande reservatório na região semiárida do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, Brasil, 2014, Vol. 18(4), p.437(9).

MAILHOT, A., TALBOT, G., & LAVALLÉE, B. Relationships between rainfall and Combined Sewer Overflow (CSO) occurrences. *Journal of Hydrology* (2015) v. 523, p. 602-609.

MIERES, L. S., ROSA, A. F. M., SALDANHA, C. B., ALVES, R. C. M., SALDANHA, R. L. Avaliação de fontes alternativas de dados de precipitação para aplicação em modelos hidrológicos. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5300

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 5 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte: COPAM, 2008.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 14, de 28 de dezembro de 1995. Dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba. Belo Horizonte: COPAM, 1995.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM-MG nº 09, de 19 de abril de 1994. Dispõe sobre o enquadramento da Bacia do Rio Piracicaba. Belo Horizonte: COPAM, 1994.

MINGOTI, S. A.; *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*, Editora UFMG, 2005.

MOHAMED, I. OTHMAN F. , IBRAHIM A. I. N., ALAA-ELDIN, M. E., YUNUS, R. M. Assessment of water quality parameters using multivariate analysis for Klang River basin, Malaysia. *Environ Monit Assess* (2015) p. 187:4182

MOSTAFAEI, A. Application of Multivariate Statistical Methods and Water-Quality Index to Evaluation of Water Quality in the Kashkan River. *Environmental Management* (2014) v. 53 p. 865–881

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

NORMANDO, D.; TJÄDERHANE, L.; QUINTÃO, C. C. A. A escolha do teste estatístico – um tutorial em forma de apresentação em PowerPoint. *Dental Press J. Orthod.*, v. 15, n. 1, p. 101-106, 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.
- OMO-IRABOR, O. O.; OLOBANIYI, S. B.; ODUYEMI, K.; AKUNNA, J. Surface and groundwater water quality assessment using multivariate analytical methods: A case study of the Western Niger Delta, Nigeria. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 33, p. 666-673, 2008.
- PARH. Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO2: PARH Piracicaba. Consórcio Ecoplan-Lume Ambiental, 2010. 100p.
- PINTO, CAROLINA CRISTIANE. *Importância da avaliação de dados de concentração e de carga de poluentes em Bacias Hidrográficas: exemplo da bacia do rio Verde*. 189 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- QUINN, G.P. & KEOUGH, M.J. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, Cambridge: 2002.
- RUMEL, D. "Odds ratio": algumas considerações. *Revista de Saúde Pública* (1986), v. 20(3), p. 253-258.
- SHARMA, S. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley & Sons, Inc, New York: 1996.
- SHRESTHA, S. ; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling and Software*, 2007, Vol.22(4), pp.464-475
- 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, W. L, PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. *Ciênc. saúde coletiva*. Vol. 12(1): 131-143 Mar. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000100016>.
- SOUZA, A., BERTOSSI, A. P. A., LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 9, n. 3, p. 227-234, julho-setembro, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2312>
- SOUZA, MARIA DO CARMO FONTE BOA. *Aspectos Hidrodinâmicos e Qualidade das Águas Subterrâneas nas Sub-Bacias do Rio Verde Grande, Jequitai e Pacuí – MG*. 179 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- TRINDADE, ANA LAURA CERQUEIRA. *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.

TRINDADE, Ana Laura Cerqueira *et al.* Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.13-24, Feb. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016131457>.

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

WANG Q., WU X., ZHAO B., QIN J., PENG T. Combined Multivariate Statistical Techniques, Water Pollution Index (WPI) and Daniel Trend Test Methods to Evaluate Temporal and Spatial Variations and Trends of Water Quality at Shanchong River in the Northwest Basin of Lake Fuxian, China. *PLoS ONE* 10(4): e0118590. doi:10.1371/journal.pone.0118590 (2015)

WU, Mei-Lin ; WANG, You-Shao ; WANG, Yu-Tu ; SUN, Fu-Lin ; SUN, Cui-Ci ; CHENG, Hao ; DONG, Jun-De. Seasonal and spatial variations of water quality and trophic status in Daya Bay, South China Sea, *Marine Pollution Bulletin* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.042>

WUNDERLIN, D. A.; DÍAZ, M. Del P.; AMÉ, M. V.; PESCE, S. F.; HUED, A. C.; BISTONI, M. de Los A. Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality. A case study: Suquía River Basin (Córdoba-Argentina). *Water Research*, v. 35, n. 12, p. 2881-2894, 2001.

ZAR, J.H. *Biostatistical analysis*. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1999, 4ªed. 663p.

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.

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

## **APÊNDICE I**

Tabelas e figuras relacionadas ao Capítulo 4, subcapítulo 4.2 – Resultados da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba:

Tabela I.1 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro cloreto total (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	1,16	1,03	1,02	0,37	3,19	0,80	1,30	0,62	1,63	3,42
RD026	29	2,36	2,16	2,09	0,85	5,92	1,75	2,97	1,08	1,45	2,99
RD027	29	1,43	1,33	1,34	0,76	3,76	0,98	1,61	0,62	2,30	7,07
RD029	29	1,88	1,76	1,68	0,94	3,48	1,26	2,47	0,71	0,60	-0,74
RD030	29	4,57	4,19	4,19	1,73	12,90	3,68	4,59	2,20	2,32	7,08
RD031	29	2,57	2,39	2,48	1,04	5,54	1,92	2,91	1,02	1,00	1,20
RD032	29	2,57	2,39	2,48	1,04	5,54	1,92	2,91	1,02	1,00	1,20
RD034	29	3,63	3,39	3,23	1,93	7,80	2,70	4,45	1,44	1,12	1,21
RD035	29	2,76	2,68	2,70	1,56	4,14	2,30	3,18	0,68	0,36	-0,49
RD074	29	0,86	0,81	0,79	0,50	1,75	0,62	1,03	0,33	1,16	0,97
RD075	29	0,76	0,71	0,69	0,33	1,54	0,56	0,83	0,31	1,26	1,18
RD076	29	1,98	1,72	1,54	0,79	9,17	1,37	2,23	1,52	4,05	19,08
RD099	29	1,98	1,72	1,54	0,79	9,17	1,37	2,23	1,52	4,05	19,08

Tabela I.2 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro clorofila *a* (µg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	28	1,43	0,48	1,02	0,01	5,61	0,47	2,02	1,50	1,48	1,67
RD026	29	2,69	0,92	1,34	0,01	14,15	0,67	3,07	3,16	2,15	5,44
RD027	29	2,36	1,35	2,07	0,01	8,37	0,73	3,74	2,07	1,08	0,85
RD029	29	3,21	0,90	2,15	0,01	24,70	0,80	3,24	4,75	3,69	15,71
RD030	28	4,17	2,03	3,92	0,01	18,69	1,43	5,43	4,08	2,18	5,96
RD031	29	2,13	1,24	1,67	0,01	9,92	0,93	2,40	2,12	2,17	5,79
RD032	29	2,13	1,24	1,67	0,01	9,92	0,93	2,40	2,12	2,17	5,79
RD034	29	2,24	0,98	1,14	0,01	11,78	0,53	2,67	2,73	2,33	5,83
RD035	29	3,73	1,09	1,91	0,01	18,16	0,67	5,07	4,68	1,73	2,66
RD074	29	2,28	0,87	1,25	0,01	10,68	0,53	3,00	2,60	1,71	2,81
RD075	29	1,67	0,73	1,07	0,01	8,22	0,53	2,67	1,81	2,13	5,53
RD076	28	1,36	0,45	0,94	0,01	6,68	0,33	1,63	1,57	2,15	5,11
RD099	28	1,36	0,45	0,94	0,01	6,68	0,33	1,63	1,57	2,15	5,11

Tabela I.3 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro condutividade elétrica ( $\mu\text{mho/cm}$ ).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	28,61	27,74	28,10	17,20	46,40	23,20	32,90	7,40	0,76	-0,06
RD026	29	46,21	43,10	40,70	23,60	100,00	33,70	52,20	19,04	1,39	1,51
RD027	29	54,50	52,06	48,90	29,30	92,20	44,50	63,50	17,38	0,88	-0,01
RD029	29	50,59	48,63	48,10	28,60	83,50	39,60	60,50	14,80	0,72	-0,23
RD030	29	83,11	78,87	75,50	39,40	202,00	69,60	89,70	30,30	2,19	7,78
RD031	29	51,12	49,61	46,70	35,90	85,50	41,40	59,90	13,37	0,99	0,21
RD032	29	51,12	49,61	46,70	35,90	85,50	41,40	59,90	13,37	0,99	0,21
RD034	29	62,95	60,91	55,70	37,20	112,00	49,90	71,10	17,15	1,04	1,00
RD035	29	53,98	53,07	52,10	37,50	81,00	47,30	58,30	10,44	0,91	0,68
RD074	29	32,52	30,19	32,80	9,70	59,10	25,10	39,50	11,64	0,06	-0,15
RD075	29	27,12	25,49	25,90	12,90	47,90	19,40	33,50	9,63	0,46	-0,66
RD076	29	37,19	36,59	35,60	29,00	62,60	31,70	41,10	7,27	1,66	4,09
RD099	29	37,19	36,59	35,60	29,00	62,60	31,70	41,10	7,27	1,66	4,09

Tabela I.4 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro demanda química de oxigênio ( $\text{mg/L O}_2$ ).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	28	8,11	7,28	5,25	5,00	19,00	5,00	11,00	4,11	1,08	0,17
RD026	28	10,52	9,01	8,15	5,00	30,00	5,25	13,00	6,59	1,56	2,09
RD027	28	7,96	7,24	6,70	5,00	19,00	5,00	9,30	3,96	1,47	1,25
RD029	28	10,98	9,07	8,45	5,00	42,00	5,00	13,00	8,23	2,36	6,83
RD030	28	19,07	13,37	12,00	5,00	103,00	7,75	18,00	22,52	2,97	8,83
RD031	28	8,55	7,79	7,40	5,00	21,00	5,00	9,90	4,13	1,54	2,29
RD032	28	8,55	7,79	7,40	5,00	21,00	5,00	9,90	4,13	1,54	2,29
RD034	28	9,85	8,85	8,55	5,00	21,00	5,65	14,00	4,68	0,72	-0,53
RD035	28	10,03	9,04	9,15	5,00	20,00	5,70	13,00	4,66	0,67	-0,68
RD074	29	9,43	8,27	7,70	5,00	23,00	5,00	12,00	5,22	1,11	0,43
RD075	29	8,66	7,67	7,30	5,00	24,00	5,00	10,00	4,92	1,73	2,79
RD076	29	10,82	9,35	8,60	5,00	26,00	5,60	14,00	6,25	1,06	0,12
RD099	29	10,82	9,35	8,60	5,00	26,00	5,60	14,00	6,25	1,06	0,12

Tabela I.5 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro feofitina a (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	28	3,76	0,67	1,86	0,01	29,84	0,42	3,29	6,27	3,07	11,00
RD026	28	3,28	0,74	1,21	0,01	42,01	0,31	2,96	7,86	4,75	23,92
RD027	28	1,69	0,76	1,19	0,01	5,97	0,31	2,82	1,66	1,03	0,15
RD029	28	2,70	0,77	0,86	0,01	22,03	0,27	3,68	4,31	3,58	15,55
RD030	28	4,62	1,40	2,58	0,01	38,85	0,88	5,03	7,50	3,80	16,86
RD031	28	1,36	0,37	0,95	0,01	6,06	0,11	2,25	1,54	1,42	1,97
RD032	28	1,36	0,37	0,95	0,01	6,06	0,11	2,25	1,54	1,42	1,97
RD034	28	1,97	0,42	1,18	0,01	11,32	0,06	3,30	2,49	2,15	6,25
RD035	28	3,55	0,97	1,81	0,01	16,07	0,35	6,28	4,43	1,49	1,51
RD074	28	3,60	1,13	1,72	0,01	26,49	0,72	3,14	5,94	2,87	8,62
RD075	28	2,46	0,68	0,73	0,01	22,24	0,34	3,08	4,35	3,76	16,58
RD076	28	2,63	0,82	1,42	0,01	15,22	0,35	3,70	3,32	2,26	6,69
RD099	28	2,63	0,82	1,42	0,01	15,22	0,35	3,70	3,32	2,26	6,69

Tabela I.6 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro fósforo total (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	0,06	0,04	0,04	0,01	0,29	0,02	0,06	0,06	2,73	8,75
RD026	29	0,07	0,06	0,06	0,02	0,15	0,04	0,08	0,03	1,16	1,06
RD027	29	0,03	0,02	0,02	0,01	0,14	0,02	0,03	0,03	3,47	13,69
RD029	29	0,05	0,04	0,04	0,01	0,24	0,03	0,06	0,04	3,10	12,44
RD030	29	0,14	0,13	0,13	0,06	0,29	0,11	0,16	0,05	1,30	2,50
RD031	29	0,04	0,03	0,03	0,01	0,16	0,02	0,05	0,03	2,36	7,52
RD032	29	0,04	0,03	0,03	0,01	0,16	0,02	0,05	0,03	2,36	7,52
RD034	29	0,05	0,05	0,05	0,02	0,11	0,03	0,07	0,02	0,48	-0,42
RD035	29	0,07	0,06	0,06	0,02	0,20	0,04	0,08	0,05	1,39	1,78
RD074	29	0,03	0,02	0,02	0,01	0,11	0,02	0,03	0,03	1,95	3,17
RD075	29	0,03	0,02	0,02	0,01	0,14	0,02	0,03	0,03	2,75	8,07
RD076	29	0,05	0,04	0,04	0,01	0,19	0,03	0,05	0,03	2,82	10,58
RD099	29	0,05	0,04	0,04	0,01	0,19	0,03	0,05	0,03	2,82	10,58

Tabela I.7 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro indicador microbiológico (NMP/100mL).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	8895,54	5619,71	7900,00	23,00	24000,00	3300,00	12033,30	7006,07	1,05	0,26
RD026	29	15407,31	6742,11	9594,00	23,00	61314,00	4884,00	22000,00	16379,81	1,57	1,90
RD027	29	1550,24	490,46	790,00	23,00	11061,00	70,00	2300,00	2298,61	2,87	10,17
RD029	29	11363,23	3814,25	5000,00	23,00	90000,00	2160,00	13000,00	18482,82	3,25	12,07
RD030	29	28853,56	4531,32	5000,00	50,00	241960,00	900,00	11000,00	59359,43	2,58	6,20
RD031	29	4957,91	1620,97	1700,00	110,00	35000,00	460,00	4900,00	8500,96	2,51	5,87
RD032	29	4957,91	1620,97	1700,00	110,00	35000,00	460,00	4900,00	8500,96	2,51	5,87
RD034	29	18726,00	8757,93	17000,00	23,00	86644,00	7000,00	24809,00	18344,43	1,97	5,71
RD035	29	14638,12	5067,21	7900,00	23,00	90000,00	1700,00	20982,00	19754,36	2,34	6,74
RD074	29	2562,77	991,45	1300,00	30,00	28000,00	500,00	2282,00	5165,72	4,57	22,72
RD075	29	8144,84	4511,21	5000,00	40,00	30000,00	2489,00	11000,00	7627,91	1,29	1,12
RD076	29	7743,07	3509,74	2800,00	230,00	54000,00	1664,00	8000,00	11582,99	2,89	9,37
RD099	29	7743,07	3509,74	2800,00	230,00	54000,00	1664,00	8000,00	11582,99	2,89	9,37

Tabela I.8 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro nitrato (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	0,37	0,30	0,27	0,08	0,95	0,18	0,49	0,24	0,96	0,12
RD026	29	0,51	0,42	0,36	0,11	1,35	0,26	0,71	0,32	0,83	0,18
RD027	29	0,41	0,32	0,29	0,11	1,00	0,18	0,58	0,27	0,83	-0,46
RD029	29	0,59	0,45	0,44	0,14	2,58	0,25	0,80	0,50	2,36	7,77
RD030	29	1,61	1,12	1,36	0,02	5,09	0,72	2,09	1,24	1,25	1,30
RD031	29	0,65	0,50	0,51	0,02	1,51	0,32	0,98	0,41	0,58	-0,68
RD032	29	0,65	0,50	0,51	0,02	1,51	0,32	0,98	0,41	0,58	-0,68
RD034	29	0,95	0,65	0,75	0,01	2,20	0,40	1,56	0,66	0,46	-1,12
RD035	29	0,75	0,55	0,63	0,02	1,91	0,42	0,97	0,51	0,88	0,18
RD074	29	0,37	0,28	0,27	0,05	1,28	0,17	0,53	0,29	1,45	2,21
RD075	29	0,29	0,21	0,19	0,03	0,92	0,14	0,40	0,23	1,26	1,07
RD076	29	0,31	0,23	0,21	0,07	0,94	0,13	0,37	0,27	1,38	0,81
RD099	29	0,31	0,23	0,21	0,07	0,94	0,13	0,37	0,27	1,38	0,81

Tabela I.9 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro nitrogênio amoniacal total (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	0,16	0,13	0,10	0,10	0,94	0,10	0,15	0,16	4,05	18,49
RD026	29	0,30	0,24	0,27	0,10	0,92	0,10	0,42	0,21	1,06	1,12
RD027	29	0,14	0,13	0,10	0,10	0,44	0,10	0,15	0,08	2,73	8,67
RD029	29	0,16	0,14	0,10	0,10	0,54	0,10	0,15	0,12	2,22	4,00
RD030	29	0,32	0,23	0,18	0,10	1,25	0,10	0,48	0,28	1,58	2,99
RD031	29	0,15	0,13	0,10	0,10	0,35	0,10	0,17	0,07	1,55	1,67
RD032	29	0,15	0,13	0,10	0,10	0,35	0,10	0,17	0,07	1,55	1,67
RD034	29	0,25	0,20	0,17	0,10	1,09	0,13	0,30	0,22	2,51	7,47
RD035	29	0,13	0,12	0,10	0,10	0,29	0,10	0,15	0,05	2,07	4,52
RD074	29	0,12	0,12	0,10	0,10	0,32	0,10	0,12	0,04	3,66	15,71
RD075	29	0,13	0,12	0,10	0,10	0,54	0,10	0,11	0,09	4,00	17,65
RD076	29	0,13	0,12	0,10	0,10	0,30	0,10	0,15	0,05	2,31	5,81
RD099	29	0,13	0,12	0,10	0,10	0,30	0,10	0,15	0,05	2,31	5,81

Tabela I.10 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro oxigênio dissolvido (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	7,90	7,88	8,00	6,50	9,30	7,50	8,20	0,62	0,12	0,15
RD026	29	7,69	7,67	7,70	5,80	8,90	7,50	8,10	0,65	-0,91	1,64
RD027	29	7,91	7,89	7,90	6,80	9,10	7,50	8,30	0,63	0,27	-0,58
RD029	29	7,94	7,92	8,00	7,00	9,40	7,40	8,30	0,61	0,40	-0,35
RD030	29	7,99	7,98	8,00	7,20	9,30	7,70	8,20	0,49	0,54	0,51
RD031	29	8,42	8,41	8,40	7,60	9,70	8,00	8,80	0,50	0,51	-0,16
RD032	29	8,42	8,41	8,40	7,60	9,70	8,00	8,80	0,50	0,51	-0,16
RD034	29	7,63	7,60	7,60	6,00	9,30	7,30	8,00	0,62	0,03	1,87
RD035	29	7,93	7,91	8,00	6,40	9,10	7,60	8,30	0,61	-0,29	0,12
RD074	29	7,91	7,89	7,90	7,10	9,40	7,50	8,10	0,53	0,92	0,83
RD075	29	8,00	7,98	7,80	7,10	9,40	7,50	8,30	0,55	0,70	0,16
RD076	29	8,23	8,22	8,30	7,50	9,60	7,80	8,50	0,53	0,55	-0,04
RD099	29	8,23	8,22	8,30	7,50	9,60	7,80	8,50	0,53	0,55	-0,04

Tabela I.11 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro pH *in loco*.

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	6,58	6,57	6,50	5,60	7,70	6,30	6,90	0,42	0,22	0,76
RD026	29	6,69	6,68	6,60	6,00	7,80	6,40	7,00	0,40	0,59	0,65
RD027	29	6,56	6,54	6,50	5,90	7,40	6,20	6,90	0,39	0,06	-0,79
RD029	29	6,86	6,85	6,80	6,20	7,90	6,70	7,00	0,35	1,06	2,60
RD030	29	6,97	6,96	7,00	6,40	7,80	6,80	7,00	0,31	0,96	2,33
RD031	29	6,80	6,79	6,80	6,00	7,40	6,70	7,00	0,35	-0,50	0,07
RD032	29	6,80	6,79	6,80	6,00	7,40	6,70	7,00	0,35	-0,50	0,07
RD034	29	6,77	6,77	6,80	6,10	7,60	6,60	7,00	0,32	0,10	0,76
RD035	29	6,74	6,73	6,70	6,00	7,40	6,50	7,10	0,39	-0,14	-0,80
RD074	29	6,53	6,52	6,60	5,60	7,60	6,20	6,80	0,47	0,02	0,02
RD075	29	6,49	6,48	6,40	6,10	7,90	6,30	6,50	0,40	1,95	4,71
RD076	29	6,79	6,78	6,70	6,00	7,50	6,60	7,00	0,31	0,11	1,09
RD099	29	6,79	6,78	6,70	6,00	7,50	6,60	7,00	0,31	0,11	1,09

Tabela I.12 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro sólidos dissolvidos totais (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	28	34,25	32,25	29,50	18,00	68,00	25,50	38,50	12,96	1,28	1,16
RD026	28	38,21	36,62	35,00	19,00	59,00	31,00	46,00	11,25	0,38	-0,68
RD027	28	38,71	37,61	37,50	21,00	56,00	31,50	45,50	9,30	0,22	-0,57
RD029	28	41,86	40,25	39,50	22,00	72,00	36,00	49,50	12,12	0,83	0,96
RD030	28	69,82	64,58	61,50	41,00	244,00	51,50	70,00	37,99	3,86	17,28
RD031	28	41,61	40,81	42,50	28,00	56,00	35,50	46,50	8,06	-0,24	-0,87
RD032	28	41,61	40,81	42,50	28,00	56,00	35,50	46,50	8,06	-0,24	-0,87
RD034	28	50,68	50,12	49,50	36,00	72,00	46,00	56,00	7,76	0,67	1,11
RD035	29	48,52	46,70	44,00	28,00	91,00	41,00	58,00	14,47	1,24	1,53
RD074	29	26,79	25,67	25,00	13,00	52,00	22,00	29,00	8,44	1,45	3,01
RD075	29	25,86	25,19	24,00	17,00	48,00	22,00	26,00	6,58	1,80	4,09
RD076	29	38,66	36,62	37,00	25,00	110,00	30,00	40,00	16,11	3,35	14,00
RD099	29	38,66	36,62	37,00	25,00	110,00	30,00	40,00	16,11	3,35	14,00

Tabela I.13 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro sólidos suspensos totais (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	38,90	19,21	19,00	1,00	235,00	10,00	42,00	56,76	2,95	8,59
RD026	29	34,97	22,29	20,00	2,00	126,00	12,00	43,00	33,66	1,44	1,33
RD027	29	12,59	8,00	11,00	1,00	48,00	3,00	16,00	11,85	1,79	3,67
RD029	29	60,93	19,55	20,00	2,00	864,00	8,00	37,00	159,35	4,90	25,22
RD030	29	177,21	37,03	26,00	1,00	2048,00	19,00	71,00	444,19	3,44	12,12
RD031	29	21,90	11,61	16,00	1,00	152,00	5,00	25,00	29,89	3,31	13,06
RD032	29	21,90	11,61	16,00	1,00	152,00	5,00	25,00	29,89	3,31	13,06
RD034	29	32,55	18,32	18,00	1,00	153,00	12,00	30,00	37,88	2,06	3,83
RD035	29	66,90	41,03	35,00	2,00	230,00	21,00	72,00	65,67	1,23	0,20
RD074	29	21,69	7,47	6,00	1,00	204,00	3,00	18,00	44,66	3,42	11,72
RD075	29	22,76	7,68	7,00	1,00	249,00	3,00	13,00	50,90	3,73	14,85
RD076	29	40,07	20,78	19,00	2,00	262,00	11,00	41,00	53,77	2,86	9,94
RD099	29	40,07	20,78	19,00	2,00	262,00	11,00	41,00	53,77	2,86	9,94

Tabela I.14 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro sólidos totais (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	73,10	58,16	55,00	24,00	300,00	35,00	72,00	65,54	2,70	7,34
RD026	29	73,10	65,74	60,00	35,00	166,00	47,00	88,00	36,37	1,10	0,27
RD027	29	50,83	48,69	48,00	30,00	104,00	41,00	53,00	16,65	1,74	3,53
RD029	29	102,76	70,48	61,00	34,00	936,00	44,00	86,00	165,84	4,85	24,88
RD030	29	247,45	127,85	90,00	48,00	2292,00	80,00	134,00	474,23	3,56	13,19
RD031	29	63,21	58,08	55,00	33,00	190,00	45,00	72,00	31,71	2,64	8,87
RD032	29	63,21	58,08	55,00	33,00	190,00	45,00	72,00	31,71	2,64	8,87
RD034	29	82,97	76,21	73,00	43,00	208,00	57,00	93,00	39,89	1,82	3,01
RD035	29	115,41	97,02	77,00	46,00	307,00	63,00	127,00	76,11	1,27	0,32
RD074	29	48,34	39,86	32,00	21,00	232,00	28,00	48,00	44,53	3,40	11,87
RD075	29	48,45	38,57	33,00	18,00	272,00	28,00	44,00	50,35	3,69	14,76
RD076	29	78,66	64,66	52,00	34,00	372,00	45,00	81,00	67,11	3,28	13,07
RD099	29	78,66	64,66	52,00	34,00	372,00	45,00	81,00	67,11	3,28	13,07

Tabela I.15 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro temperatura da água (°C).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	22,80	22,66	23,00	17,80	27,10	20,20	25,10	2,59	-0,08	-1,05
RD026	29	23,41	23,23	23,80	18,30	30,20	21,10	24,80	2,96	0,18	-0,50
RD027	29	21,78	21,61	21,80	14,40	25,10	21,00	23,70	2,66	-1,00	0,93
RD029	29	24,50	24,32	24,80	19,40	30,40	21,80	26,80	2,99	0,01	-0,83
RD030	29	24,59	24,42	24,20	19,80	31,40	22,30	26,00	2,99	0,71	0,41
RD031	29	25,64	25,46	24,90	21,20	33,90	23,30	27,80	3,15	0,59	0,10
RD032	29	25,64	25,46	24,90	21,20	33,90	23,30	27,80	3,15	0,59	0,10
RD034	29	26,30	26,14	26,10	21,40	34,60	24,10	27,60	3,02	0,85	1,64
RD035	29	24,95	24,77	24,80	20,10	33,10	23,10	26,50	3,10	0,47	0,59
RD074	29	23,56	23,37	23,40	18,20	28,70	20,70	25,50	2,98	0,00	-1,04
RD075	29	23,19	22,96	23,50	17,60	29,30	21,50	25,20	3,29	-0,12	-0,72
RD076	29	23,77	23,55	23,50	18,00	31,70	20,70	25,50	3,30	0,56	0,26
RD099	29	23,77	23,55	23,50	18,00	31,70	20,70	25,50	3,30	0,56	0,26

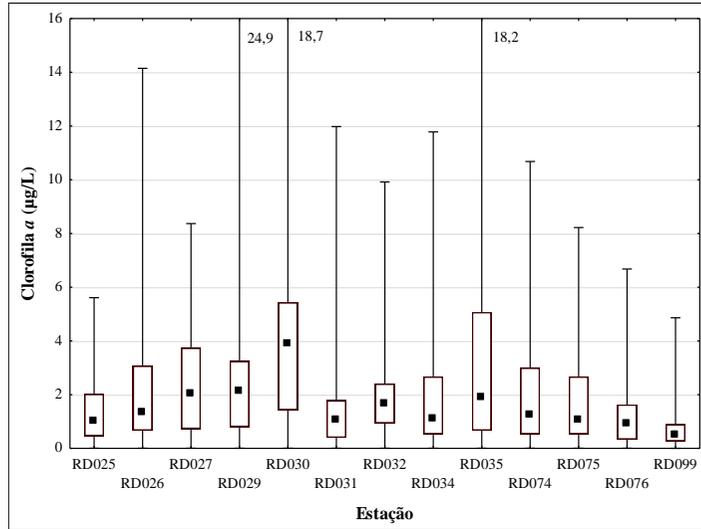
Tabela I.16 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba relativa ao parâmetro turbidez (UNT).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
RD025	29	43,74	25,01	22,70	4,01	197,00	11,30	54,10	49,06	1,70	2,43
RD026	29	53,01	27,57	24,00	5,67	314,00	11,10	59,30	70,17	2,33	6,03
RD027	29	16,54	8,21	8,95	0,76	86,90	2,78	26,10	20,01	2,05	4,67
RD029	29	49,08	18,17	18,00	2,26	455,00	5,00	43,80	89,95	3,63	15,27
RD030	29	161,01	30,32	20,30	4,39	2155,00	11,20	57,70	445,06	3,88	15,66
RD031	29	28,77	14,77	16,00	2,09	195,00	5,50	31,70	40,12	3,03	10,64
RD032	29	28,77	14,77	16,00	2,09	195,00	5,50	31,70	40,12	3,03	10,64
RD034	29	32,84	17,82	15,30	3,22	173,00	8,57	36,20	43,90	2,37	5,07
RD035	29	63,22	30,12	28,00	2,76	382,00	11,90	72,90	86,24	2,49	6,69
RD074	29	36,69	17,87	13,40	4,52	248,00	8,71	24,30	57,57	2,57	6,46
RD075	29	42,86	15,64	11,80	3,47	380,00	6,58	30,10	85,95	3,10	9,54
RD076	29	41,18	21,72	21,60	2,21	337,00	11,10	40,60	65,98	3,64	14,99
RD099	29	41,18	21,72	21,60	2,21	337,00	11,10	40,60	65,98	3,64	14,99

Figura I.1 - *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.

**Box-plot das concentrações dos parâmetros**

**Resultados do teste de comparações múltiplas**



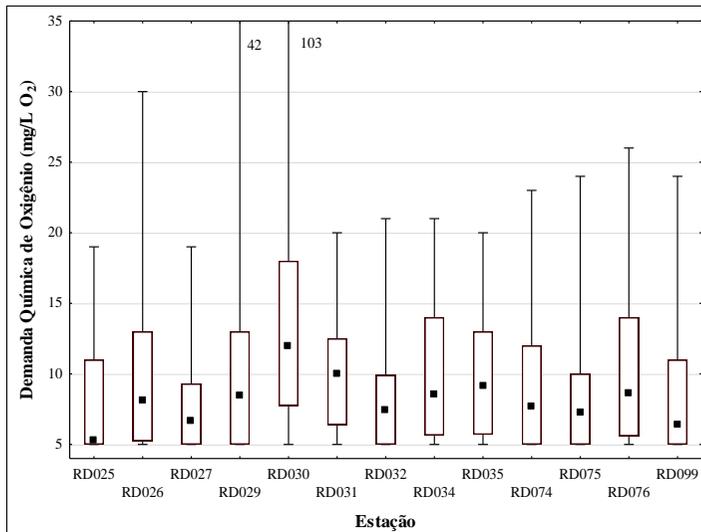
**Clorofila a (µg/L)**

Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>↑</b>	<b>=</b>							
<b>RD026</b>	<b>=</b>												
<b>RD027</b>	<b>=</b>												
<b>RD029</b>	<b>=</b>												
<b>RD030</b>	<b>↓</b>	<b>=</b>	<b>↓</b>	<b>↓</b>									
<b>RD031</b>	<b>=</b>												
<b>RD032</b>	<b>=</b>												
<b>RD034</b>	<b>=</b>												
<b>RD035</b>	<b>=</b>												
<b>RD074</b>	<b>=</b>												
<b>RD075</b>	<b>=</b>												
<b>RD076</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>↑</b>	<b>=</b>							
<b>RD099</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>↑</b>	<b>=</b>							

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

75% Max  
 25% Min ■ Mediana

**Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg/L O<sub>2</sub>)**



Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>↑</b>	<b>=</b>							
<b>RD026</b>	<b>=</b>												
<b>RD027</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>↑</b>	<b>=</b>							
<b>RD029</b>	<b>=</b>												
<b>RD030</b>	<b>↓</b>	<b>=</b>	<b>↓</b>	<b>=</b>									
<b>RD031</b>	<b>=</b>												
<b>RD032</b>	<b>=</b>												
<b>RD034</b>	<b>=</b>												
<b>RD035</b>	<b>=</b>												
<b>RD074</b>	<b>=</b>												
<b>RD075</b>	<b>=</b>												
<b>RD076</b>	<b>=</b>												
<b>RD099</b>	<b>=</b>												

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

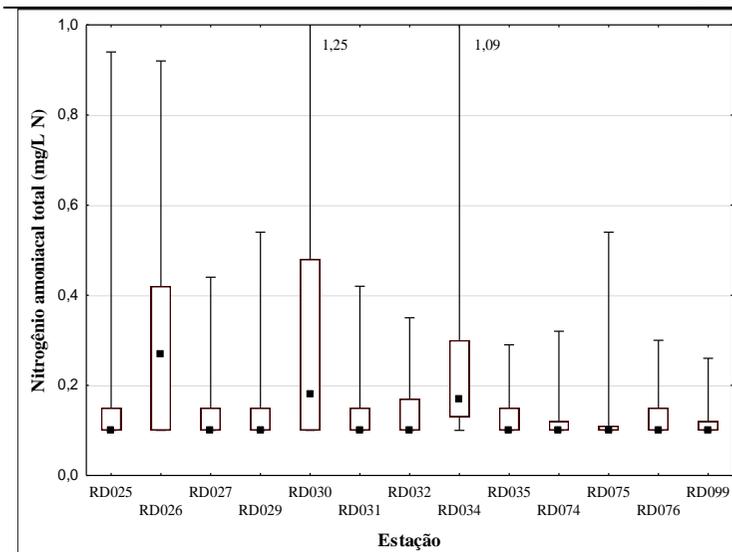
75% Max  
 25% Min ■ Mediana

Figura I.1 - *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba (Continuação).

**Box-plot das concentrações dos parâmetros**

**Resultados do teste de comparações múltiplas**

**Nitrogênio amoniacal total (mg/L N)**

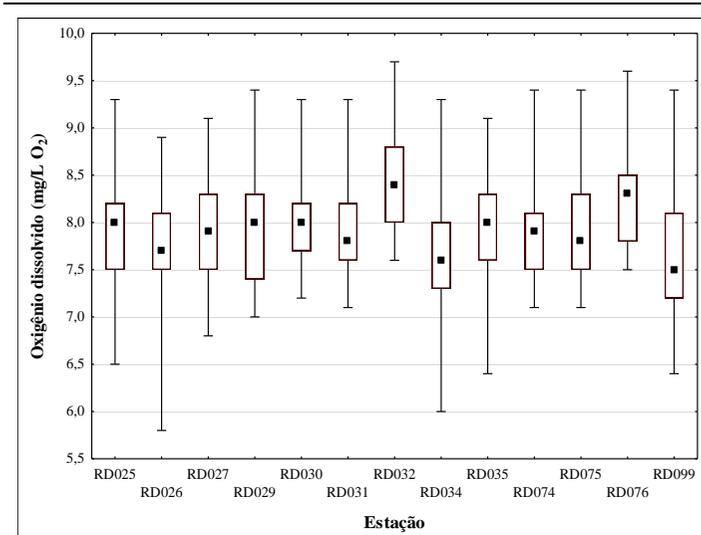


Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
RD025	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD026	=	=	=	=	=	↓	=	=	=	↓	↓	=	↓
RD027	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD029	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD030	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
RD031	=	↑	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=
RD032	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD034	=	=	=	=	=	↓	=	=	=	↓	↓	=	↓
RD035	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD074	=	↑	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=
RD075	=	↑	=	=	↑	=	=	↑	=	=	=	=	=
RD076	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD099	=	↑	=	=	↑	=	=	↑	=	=	=	=	=

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

75% Max  
 25% Min ■ Mediana

**Oxigênio dissolvido (mg/L O<sub>2</sub>)**



Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
RD025	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD026	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=	=
RD027	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD029	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD030	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD031	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD032	=	↓	=	=	=	=	=	↓	=	=	=	=	↓
RD034	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	↑	=
RD035	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD074	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD075	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD076	=	=	=	=	=	=	=	↓	=	=	=	=	↓
RD099	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	↑	=

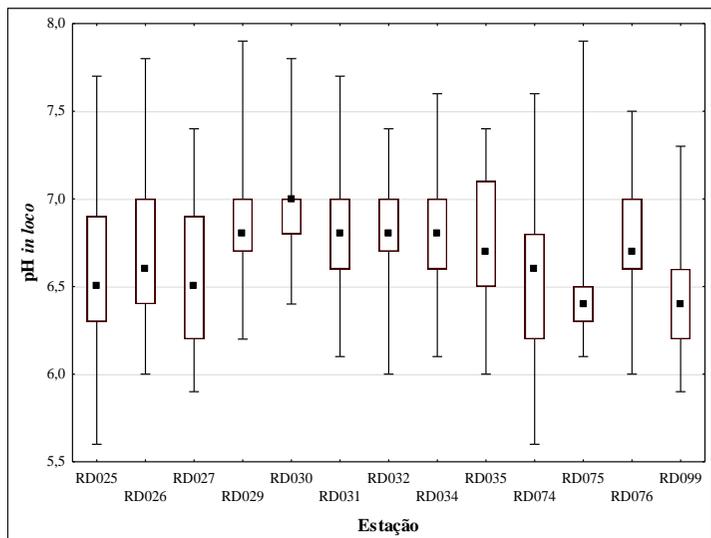
= Grupo em *itálico* (acima) não se difere significativamente do grupo em **negrito** (à esquerda)  
 ↑ Grupo em *itálico* (acima) significativamente maior que o grupo em **negrito** (à esquerda)  
 ↓ Grupo em *itálico* (acima) significativamente menor que o grupo em **negrito** (à esquerda)

75% Max  
 25% Min ■ Mediana

Figura I.1 - *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba (Continuação).

**Box-plot das concentrações dos parâmetros**

**Resultados do teste de comparações múltiplas**



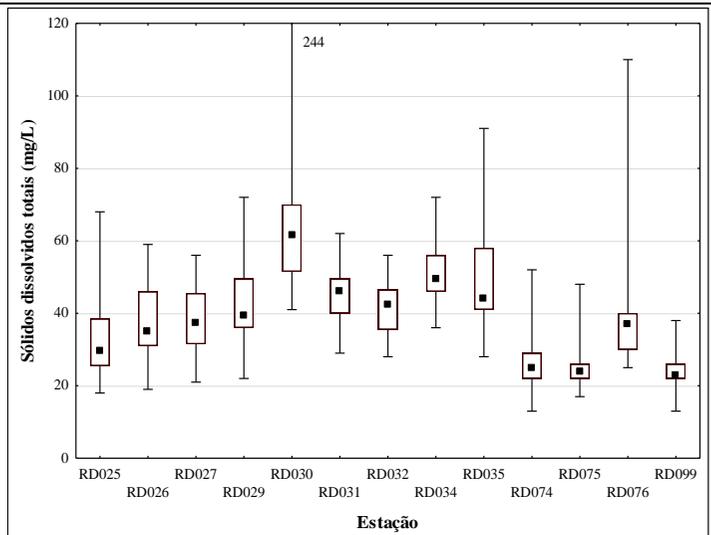
*pH in loco*

Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
RD025	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=
RD026	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD027	=	=	<b>=</b>	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=
RD029	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	↓	=	↓
RD030	↓	=	↓	=	<b>=</b>	=	=	=	=	↓	=	=	↓
RD031	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	↓
RD032	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	↓	=	↓
RD034	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	↓
RD035	=	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=
RD074	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=
RD075	=	=	=	↑	↑	=	↑	=	=	=	<b>=</b>	=	=
RD076	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	↓
RD099	=	=	=	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	=	↑	<b>=</b>

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

75% Max ■ Mediana  
 25% Min

**Sólidos dissolvidos totais (mg/L)**



Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
RD025	<b>=</b>	=	=	=	↑	↑	=	↑	↑	=	=	=	=
RD026	=	<b>=</b>	=	=	↑	=	=	↑	=	↓	↓	=	↓
RD027	=	=	<b>=</b>	=	↑	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
RD029	=	=	=	<b>=</b>	↑	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
RD030	↓	↓	↓	↓	<b>=</b>	=	↓	=	=	↓	↓	↓	↓
RD031	↓	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	↓	↓	=	↓
RD032	=	=	=	=	↑	=	<b>=</b>	=	=	↓	↓	=	↓
RD034	↓	↓	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	↓	↓	↓	↓
RD035	↓	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	↓	↓	=	↓
RD074	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	<b>=</b>	=	=	=
RD075	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	<b>=</b>	↑	=
RD076	=	=	=	=	↑	=	=	↑	=	=	=	<b>=</b>	↓
RD099	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	<b>=</b>

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

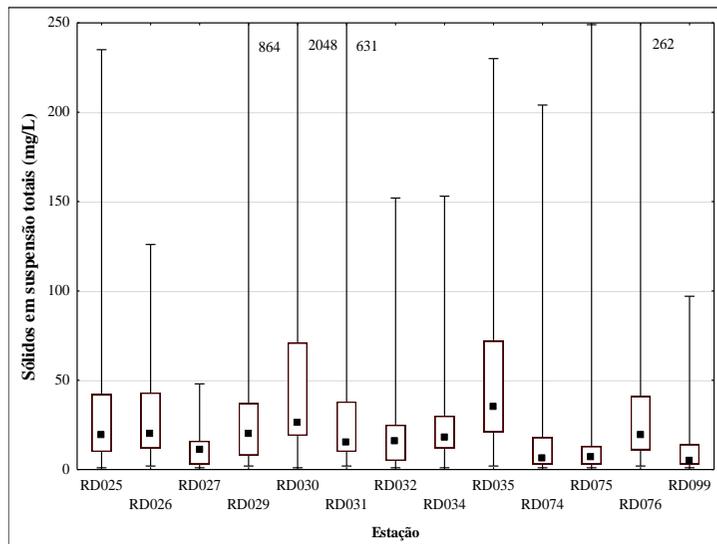
75% Max ■ Mediana  
 25% Min

Figura I.1 - *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba (Continuação).

**Box-plot das concentrações dos parâmetros**

**Resultados do teste de comparações múltiplas**

**Sólidos em suspensão totais (mg/L)**

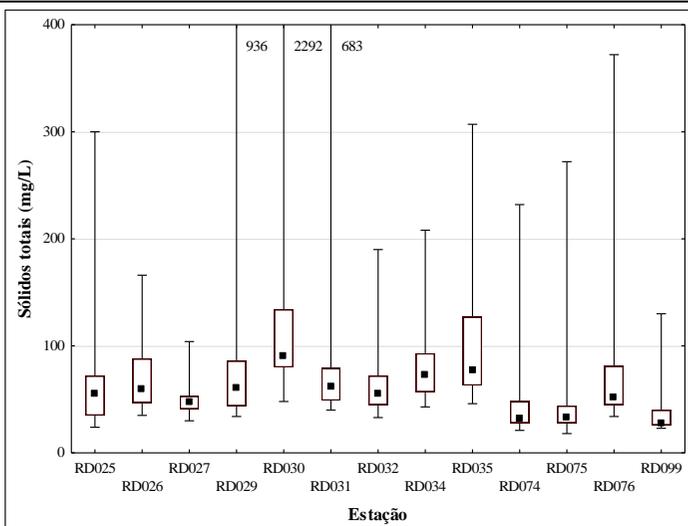


Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD026</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	=	↓
<b>RD027</b>	=	=	=	=	↑	=	=	=	↑	=	=	=	=
<b>RD029</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD030</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD031</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD032</b>	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=
<b>RD034</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD035</b>	=	=	↓	=	=	=	↓	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD074</b>	=	=	=	=	↑	=	=	=	↑	=	=	=	=
<b>RD075</b>	=	↑	=	=	↑	=	=	=	↑	=	=	=	=
<b>RD076</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD099</b>	=	↑	=	=	↑	=	=	=	↑	=	=	↑	=

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

75%    Max    ■ Mediana  
 25%    Min

**Sólidos totais (mg/L)**



Estação	RD025	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>	=	=	=	↑	=	=	=	↑	=	=	=	↓
<b>RD026</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD027</b>	=	=	=	↑	=	=	↑	↑	=	↓	=	=
<b>RD029</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD030</b>	↓	=	↓	↓	=	↓	=	=	↓	↓	↓	↓
<b>RD031</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD032</b>	=	=	=	↑	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD034</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD035</b>	↓	=	↓	=	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD074</b>	=	↑	=	↑	↑	=	↑	↑	=	=	↑	=
<b>RD075</b>	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	↑	=
<b>RD076</b>	=	=	=	=	↑	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD099</b>	↑	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	↑	=

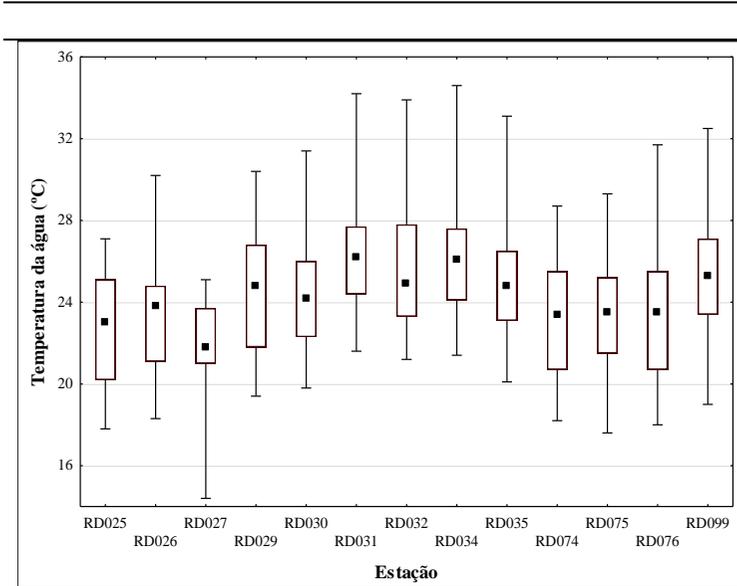
= Grupo em *itálico* (acima) não se difere significativamente do grupo em **negrito** (à esquerda)  
 ↑ Grupo em *itálico* (acima) significativamente maior que o grupo em **negrito** (à esquerda)  
 ↓ Grupo em *itálico* (acima) significativamente menor que o grupo em **negrito** (à esquerda)

75%    Max    ■ Mediana  
 25%    Min

Figura I.1 - *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba (Continuação).

**Box-plot das concentrações dos parâmetros**

**Resultados do teste de comparações múltiplas**

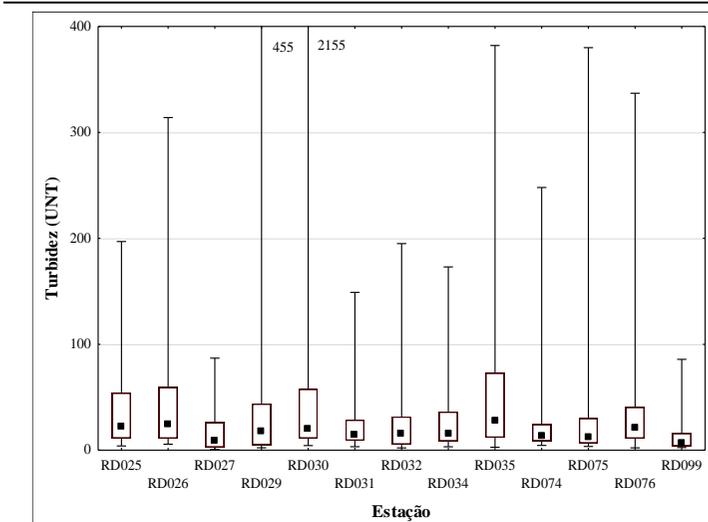


Temperatura da água (°C)

Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>	=	=	=	=	=	↑	=	↑	=	=	=	=	=
<b>RD026</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD027</b>	=	=	=	=	=	↑	↑	↑	↑	=	=	=	↑
<b>RD029</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD030</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD031</b>	↓	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD032</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD034</b>	↓	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	↓	=	=
<b>RD035</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD074</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD075</b>	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=
<b>RD076</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD099</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=

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

75% Max  
 25% Min ■ Mediana



Turbidez (UNT)

Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
<b>RD025</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD026</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD027</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=
<b>RD029</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD030</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD031</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD032</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD034</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD035</b>	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓
<b>RD074</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD075</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD076</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>RD099</b>	↑	↑	=	=	↑	=	=	=	↑	=	=	=	=

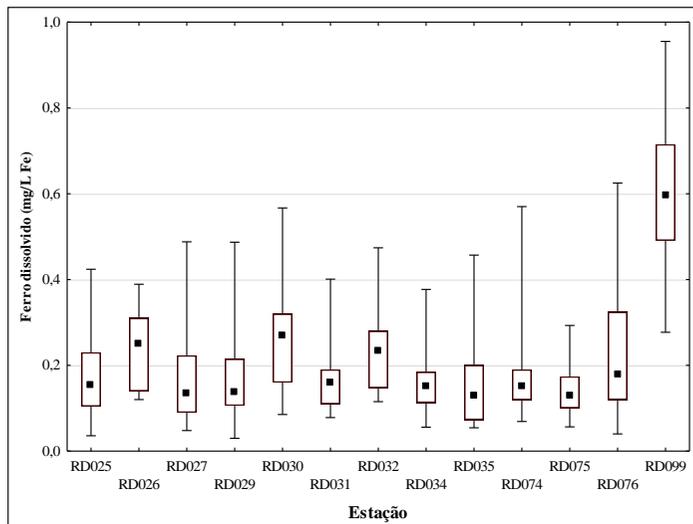
= Grupo em *itálico* (acima) não se difere significativamente do grupo em **negrito** (à esquerda)  
 ↑ Grupo em *itálico* (acima) significativamente maior que o grupo em **negrito** (à esquerda)  
 ↓ Grupo em *itálico* (acima) significativamente menor que o grupo em **negrito** (à esquerda)

75% Max  
 25% Min ■ Mediana

Figura I.1 - *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados, e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba (Continuação).

**Box-plot das concentrações dos parâmetros**

**Resultados do teste de comparações múltiplas**



Ferro dissolvido (mg/L Fe)

Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
RD025	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑
RD026	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
RD027	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑
RD029	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	↑
RD030	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	=	↑
RD031	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	↑
RD032	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	↑
RD034	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	↑
RD035	=	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	↑
RD074	=	=	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	↑
RD075	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	↑
RD076	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	↑
RD099	↓	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	<b>=</b>

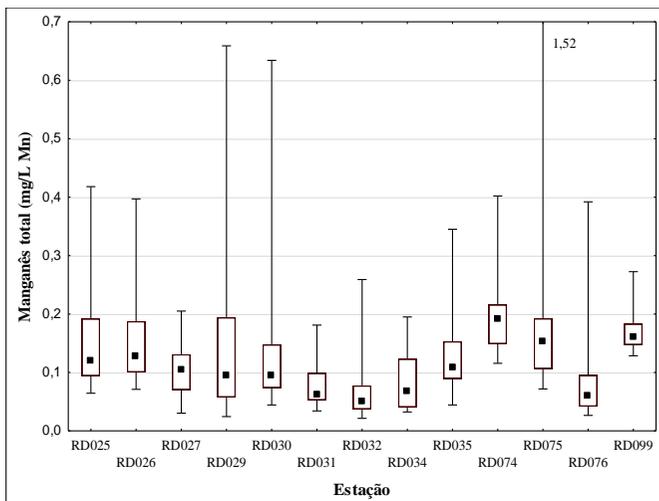
= Grupo em *itálico* (acima) não se difere significativamente do grupo em **negrito** (à esquerda)

↑ Grupo em *itálico* (acima) significativamente maior que o grupo em **negrito** (à esquerda)

↓ Grupo em *itálico* (acima) significativamente menor que o grupo em **negrito** (à esquerda)

75% Max  
25% Min ■ Mediana

**Mangânês total (mg/L Mn)**



Estação	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD034	RD035	RD074	RD075	RD076	RD099
RD025	<b>=</b>	=	=	=	=	↓	↓	=	=	=	=	↓	=
RD026	=	<b>=</b>	=	=	=	↓	↓	=	=	=	=	↓	=
RD027	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	↑
RD029	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	↑	=	=	↑
RD030	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=	=	=	=	=
RD031	↑	↑	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	↑	↑	=	↑
RD032	↑	↑	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	↑	↑	=	↑
RD034	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	↑	↑	=	↑
RD035	=	=	=	=	=	=	=	=	<b>=</b>	=	=	=	=
RD074	=	=	↓	↓	=	↓	↓	↓	=	<b>=</b>	=	↓	=
RD075	=	=	=	=	=	↓	↓	↓	=	=	<b>=</b>	↓	=
RD076	↑	↑	=	=	=	=	=	=	=	↑	↑	<b>=</b>	↑
RD099	=	=	↓	↓	=	↓	↓	↓	=	=	=	↓	<b>=</b>

= Grupo em *itálico* (acima) não se difere significativamente do grupo em **negrito** (à esquerda)

↑ Grupo em *itálico* (acima) significativamente maior que o grupo em **negrito** (à esquerda)

↓ Grupo em *itálico* (acima) significativamente menor que o grupo em **negrito** (à esquerda)

75% Max  
25% Min ■ Mediana

Tabela I.17 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro condutividade elétrica *in loco*, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Piracicaba.

<i>Estação</i>	<i>RD025</i>	<i>RD026</i>	<i>RD027</i>	<i>RD029</i>	<i>RD030</i>	<i>RD031</i>	<i>RD032</i>	<i>RD034</i>	<i>RD035</i>	<i>RD074</i>	<i>RD075</i>	<i>RD076</i>	<i>RD099</i>
<b>RD025</b>		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	=	=
<b>RD026</b>	↓		=	=	↑	=	=	↑	=	=	↓	=	↓
<b>RD027</b>	↓	=		=	=	=	=	=	=	↓	↓	↓	↓
<b>RD029</b>	↓	=	=		↑	=	=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD030</b>	↓	↓	=	↓		↓	=	=	=	↓	↓	↓	↓
<b>RD031</b>	↓	=	=	=	↑		=	=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD032</b>	↓	=	=	=	=	=		=	=	↓	↓	=	↓
<b>RD034</b>	↓	↓	=	=	=	=	=		=	↓	↓	↓	↓
<b>RD035</b>	↓	=	=	=	=	=	=	=		↓	↓	↓	↓
<b>RD074</b>	=	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		=	=	=
<b>RD075</b>	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=		=	=
<b>RD076</b>	=	=	↑	=	↑	=	=	↑	↑	=	=		=
<b>RD099</b>	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

## **APÊNDICE II**

Tabelas e figuras relacionadas ao Capítulo 4, subcapítulo 4.3 –Resultados da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba:

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	1,72	1,57	1,48	0,33	3,88	1,25	2,15	0,72	0,96	1,34
BP024	32	1,11	0,95	1,02	0,30	2,30	0,67	1,53	0,58	0,50	-0,64
BP026	32	1,63	1,14	1,09	0,30	13,30	0,75	1,91	2,24	4,83	25,60
BP027	32	4,75	4,04	4,10	1,15	18,20	3,12	5,75	3,13	2,66	10,51
BP029	32	4,39	3,76	3,77	1,62	13,50	2,56	5,44	2,80	1,99	4,61
BP032	32	1,10	0,94	0,98	0,30	3,83	0,67	1,30	0,71	2,18	6,27
BP036	32	3,56	3,27	3,72	1,16	8,28	2,30	4,46	1,48	0,95	1,88
BP066	32	1,59	1,38	1,20	0,54	4,68	0,95	1,83	1,01	1,86	3,12
BP068	31	3,48	3,12	3,37	1,14	9,32	2,34	4,40	1,76	1,67	4,00
BP069	32	4,29	3,97	3,85	1,04	8,20	3,19	5,56	1,63	0,49	-0,12
BP070	32	4,51	4,08	4,10	1,60	9,21	2,83	5,92	2,07	0,75	-0,21
BP071	32	34,75	29,95	35,20	3,77	64,10	28,70	45,40	15,00	-0,40	-0,26
BP072	32	5,81	5,21	5,16	2,07	14,40	3,72	7,57	2,83	1,11	1,28
BP073	32	44,93	39,77	46,80	5,10	82,10	34,75	55,50	17,78	-0,39	0,18
BP074	32	3,10	2,60	2,24	1,13	13,80	1,74	3,40	2,47	3,16	11,65
BP076	32	5,22	4,51	4,28	2,11	14,10	2,91	5,90	3,18	1,57	1,91
BP078	32	5,48	4,83	4,83	1,89	20,20	3,15	6,47	3,40	2,86	11,00
BP079	32	1,14	0,98	0,94	0,30	3,01	0,65	1,51	0,63	1,09	1,09
BP080	32	11,96	10,17	11,25	1,98	30,10	6,54	15,80	6,75	1,04	1,09
BP082	32	5,20	4,18	4,60	0,91	16,10	2,93	6,86	3,35	1,29	2,59
BP083	32	5,51	4,94	4,91	2,02	11,30	3,30	7,15	2,63	0,75	-0,29
BP084	32	7,24	5,92	5,42	2,14	28,70	3,86	9,05	5,80	2,60	7,42
BP086	32	25,28	20,98	21,30	2,30	61,80	15,85	35,10	13,56	0,72	0,54
BP088	32	10,58	9,92	9,41	4,55	23,10	7,88	12,95	4,03	1,25	2,05
BP090	32	4,72	4,12	3,91	1,90	15,10	2,75	5,25	2,90	2,01	4,53
BP092	32	0,90	0,81	0,85	0,34	1,92	0,60	1,08	0,41	0,84	0,08
BP094	32	0,76	0,64	0,54	0,30	2,26	0,43	1,02	0,52	1,49	1,45
BP096	32	2,47	2,12	1,92	1,06	8,63	1,49	2,63	1,69	2,39	5,88
BP098	32	31,08	17,65	14,60	4,09	230,00	8,56	35,30	44,19	3,36	13,34
BP099	30	4,07	3,76	3,80	1,76	8,12	2,79	5,30	1,68	0,75	-0,19

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	2,11	0,91	1,81	0,01	10,68	0,46	3,04	2,15	2,14	7,13
BP024	32	1,87	0,68	1,30	0,01	16,02	0,49	2,18	2,84	4,22	20,81
BP026	32	1,73	0,59	1,12	0,01	7,12	0,44	2,24	1,79	1,39	1,65
BP027	32	2,88	1,21	1,90	0,01	12,39	0,67	4,58	2,81	1,43	2,68
BP029	32	2,43	0,98	1,69	0,01	6,68	0,84	3,57	2,08	0,77	-0,48
BP032	32	1,08	0,28	0,64	0,01	8,01	0,07	1,43	1,49	3,44	15,33
BP036	30	3,09	0,97	2,94	0,01	10,52	0,67	5,07	2,63	0,73	0,46
BP066	32	1,22	0,68	0,98	0,01	6,10	0,39	1,60	1,25	2,44	7,43
BP068	30	3,05	0,94	2,58	0,01	16,46	0,80	4,15	3,32	2,40	8,38
BP069	32	3,76	1,16	1,78	0,01	22,70	0,75	6,46	4,74	2,34	7,22
BP070	30	3,64	1,38	2,67	0,01	15,20	0,80	4,98	3,70	1,50	2,21
BP071	32	23,65	8,82	9,81	0,27	195,80	2,96	23,68	39,73	3,20	11,60
BP072	32	3,66	0,87	1,83	0,01	18,69	0,65	5,29	4,62	2,05	4,40
BP073	31	57,78	14,01	24,03	0,01	723,33	3,34	62,75	130,00	4,77	24,68
BP074	32	4,66	1,23	3,30	0,01	16,02	0,43	6,59	4,66	0,93	-0,09
BP076	32	4,40	0,69	2,46	0,01	37,38	0,07	6,44	6,88	3,76	17,55
BP078	31	19,60	2,82	4,81	0,01	231,67	1,49	16,55	43,78	4,14	19,30
BP079	32	1,95	0,44	0,85	0,01	14,24	0,40	2,04	3,08	2,96	9,36
BP080	32	7,64	4,03	3,78	0,53	50,94	1,94	7,60	11,11	2,81	8,06
BP082	32	10,20	2,27	2,60	0,01	165,12	1,34	6,93	29,73	4,95	25,72
BP083	32	8,34	1,52	2,97	0,01	116,15	1,38	6,14	20,57	4,96	26,26
BP084	32	4,68	2,35	3,63	0,01	32,39	1,06	5,60	5,94	3,49	15,42
BP086	30	17,12	5,43	5,88	0,40	153,34	1,07	15,04	32,56	3,28	11,36
BP088	31	9,56	4,15	5,28	0,01	48,95	1,66	14,24	11,28	1,91	4,00
BP090	32	4,98	0,92	3,03	0,01	30,26	0,39	6,31	6,80	2,41	6,36
BP092	32	0,94	0,52	0,85	0,01	2,97	0,38	1,49	0,68	0,72	0,85
BP094	32	1,68	0,85	1,25	0,01	7,30	0,47	1,82	1,86	1,76	2,60
BP096	30	3,84	1,20	1,89	0,01	32,04	0,80	4,27	6,37	3,48	13,66
BP098	31	3,89	0,72	1,07	0,01	39,07	0,40	1,87	9,44	3,45	11,19
BP099	30	19,08	3,06	3,15	0,01	308,96	1,07	9,79	56,24	5,05	26,62

Tabela II.3 - 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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	45,85	45,33	43,55	34,80	70,60	40,45	49,75	7,43	1,45	2,80
BP024	32	36,20	35,01	34,00	16,10	63,70	31,00	39,95	9,65	0,98	1,93
BP026	32	41,34	40,41	39,15	31,00	81,40	36,15	42,85	10,11	2,46	7,66
BP027	32	84,55	80,23	80,25	49,20	196,00	60,95	93,95	30,49	1,76	4,55
BP029	32	79,81	75,28	73,45	45,80	194,00	58,35	86,45	31,59	2,03	4,87
BP032	32	30,82	30,43	29,50	21,80	44,40	27,65	34,10	5,04	0,63	0,53
BP036	32	69,55	66,98	65,45	45,10	128,00	54,65	76,80	20,71	1,30	1,44
BP066	32	51,81	50,33	46,30	35,80	97,40	42,20	57,45	13,79	1,63	2,81
BP068	31	66,87	64,05	62,00	41,60	143,00	52,80	70,70	22,06	1,80	3,95
BP069	32	202,97	180,42	221,00	36,30	416,00	141,00	245,00	86,88	0,34	0,84
BP070	32	77,08	74,22	71,80	48,80	127,00	59,35	90,60	22,12	0,73	-0,46
BP071	32	400,18	369,79	411,50	93,70	604,00	364,50	492,50	132,27	-0,83	0,12
BP072	32	89,95	86,24	91,15	55,90	144,00	67,95	99,10	27,01	0,63	-0,63
BP073	32	465,72	445,36	486,50	180,00	685,00	442,00	552,00	123,97	-0,80	0,29
BP074	32	87,91	82,90	78,85	40,20	214,00	70,00	95,05	34,28	2,06	5,64
BP076	32	128,11	123,61	128,00	56,00	210,00	115,00	142,50	32,63	0,07	1,39
BP078	32	92,26	88,59	85,65	55,80	188,00	73,15	103,90	29,08	1,59	2,93
BP079	32	45,54	44,87	43,60	31,00	70,60	40,45	49,60	8,25	1,11	2,03
BP080	32	175,64	161,65	159,00	77,20	392,00	125,50	207,00	75,58	1,14	1,27
BP082	32	88,82	83,23	87,30	39,40	187,00	65,95	98,95	34,23	1,25	1,80
BP083	32	89,94	87,20	86,95	56,40	146,00	72,70	98,05	23,64	0,93	0,18
BP084	32	148,21	131,01	121,00	68,20	541,00	99,00	168,00	94,50	2,91	10,00
BP086	32	263,03	253,03	241,00	149,00	485,00	202,50	302,00	77,89	1,10	1,23
BP088	32	160,38	157,57	152,50	110,00	232,00	137,00	176,00	31,46	0,79	-0,20
BP090	32	101,88	96,64	92,40	50,70	182,00	81,10	111,50	35,38	1,09	0,57
BP092	32	28,94	28,67	27,80	22,40	39,80	26,10	30,75	4,15	1,09	1,29
BP094	32	24,94	24,50	23,25	20,20	44,00	21,45	26,65	5,26	2,07	5,15
BP096	32	53,17	50,71	47,40	38,10	114,00	41,00	53,05	19,20	2,08	3,89
BP098	32	457,59	341,90	320,50	119,00	1542,00	209,50	587,00	395,56	1,67	2,07
BP099	30	79,43	77,54	78,30	50,10	116,00	63,00	93,10	17,58	0,24	-0,86

Tabela II.4 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro cor verdadeira (mg PI/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	29,41	24,43	24,50	10,00	65,00	13,00	41,50	17,65	0,65	-0,87
BP024	32	66,97	36,20	30,00	10,00	427,00	15,00	85,00	92,91	2,78	8,29
BP026	32	74,28	36,90	28,50	10,00	676,00	15,50	79,50	125,97	3,87	17,36
BP027	32	72,84	35,38	25,50	10,00	503,00	14,00	78,00	107,53	2,68	8,04
BP029	32	71,25	34,83	22,50	10,00	429,00	15,00	91,00	105,33	2,58	6,57
BP032	32	103,41	39,13	27,50	5,00	906,00	13,50	89,00	186,79	3,18	11,15
BP036	32	82,44	35,51	24,50	10,00	766,00	15,00	71,00	154,45	3,48	13,15
BP066	32	60,94	30,67	23,50	10,00	428,00	13,00	52,50	99,64	2,95	8,42
BP068	31	65,42	32,08	25,00	10,00	466,00	12,00	64,00	110,47	3,16	9,74
BP069	32	60,66	31,95	26,00	10,00	938,00	22,50	47,50	160,94	5,56	31,27
BP070	32	72,06	34,70	26,50	10,00	628,00	14,50	70,00	123,41	3,51	13,77
BP071	32	110,78	51,87	40,00	10,00	1536,00	27,00	89,00	267,26	5,21	28,37
BP072	32	88,09	42,24	37,00	10,00	818,00	17,00	86,50	155,75	3,79	16,15
BP073	32	81,09	45,63	36,00	10,00	936,00	26,00	70,00	161,68	5,08	27,32
BP074	32	145,22	53,04	42,50	7,00	1704,00	20,50	132,00	309,12	4,45	22,10
BP076	32	163,31	51,44	24,50	10,00	1244,00	17,50	296,50	268,66	2,56	7,79
BP078	32	68,91	31,37	22,50	10,00	481,00	11,00	71,50	116,01	2,91	8,21
BP079	32	58,09	35,29	27,50	10,00	267,00	17,50	63,00	65,84	1,89	2,98
BP080	32	87,94	36,70	21,00	10,00	456,00	13,00	80,50	129,12	1,82	2,10
BP082	32	92,75	33,66	23,50	6,00	1086,00	13,00	53,00	203,15	4,17	19,40
BP083	32	89,88	34,58	21,00	7,00	1052,00	13,50	81,50	194,37	4,29	20,45
BP084	32	67,66	43,11	31,00	10,00	315,00	21,00	103,50	71,83	1,91	3,79
BP086	32	54,22	35,49	31,00	15,00	514,00	18,50	45,00	89,32	4,74	24,30
BP088	32	39,88	16,95	10,00	5,00	411,00	10,00	23,00	91,02	3,71	13,00
BP090	32	104,41	48,41	35,00	8,00	938,00	21,00	104,50	182,03	3,64	14,89
BP092	32	16,25	13,33	10,00	5,00	70,00	10,00	15,50	14,05	2,86	8,29
BP094	32	15,34	12,92	10,50	5,00	63,00	10,00	15,00	12,90	3,21	10,17
BP096	32	32,88	24,45	21,00	10,00	100,00	11,50	58,50	26,20	1,08	0,16
BP098	32	102,69	51,02	43,50	10,00	728,00	24,50	83,50	163,72	2,83	7,73
BP099	30	79,10	28,54	17,00	6,00	842,00	10,00	51,00	169,85	3,73	14,99

Tabela II.5 - 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 O<sub>2</sub>).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	2,13	2,11	2,00	2,00	3,50	2,00	2,00	0,36	2,84	7,66
BP024	32	2,44	2,31	2,00	2,00	6,00	2,00	2,30	1,01	2,65	6,55
BP026	32	2,05	2,05	2,00	2,00	2,80	2,00	2,00	0,18	3,51	11,92
BP027	32	2,97	2,52	2,00	2,00	14,00	2,00	2,50	2,61	3,56	12,61
BP029	32	2,16	2,13	2,00	2,00	3,40	2,00	2,00	0,39	2,20	3,55
BP032	32	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	0,02	5,66	32,00
BP036	32	2,01	2,01	2,00	2,00	2,40	2,00	2,00	0,07	5,66	32,00
BP066	32	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00		0,00
BP068	31	2,02	2,02	2,00	2,00	2,60	2,00	2,00	0,11	5,57	31,00
BP069	32	7,47	5,05	4,60	2,00	54,00	2,90	6,90	9,80	3,83	16,95
BP070	32	2,10	2,08	2,00	2,00	3,10	2,00	2,00	0,29	2,95	7,49
BP071	32	14,09	10,54	9,75	3,30	40,00	5,10	21,00	10,61	0,91	-0,22
BP072	32	2,45	2,29	2,00	2,00	7,70	2,00	2,05	1,23	3,48	12,38
BP073	32	41,77	31,47	29,50	4,00	138,10	18,50	58,50	33,34	1,51	1,86
BP074	32	3,28	2,86	2,30	2,00	13,00	2,00	3,70	2,25	2,95	10,84
BP076	32	2,16	2,12	2,00	2,00	3,60	2,00	2,00	0,44	2,71	6,11
BP078	32	2,02	2,02	2,00	2,00	2,40	2,00	2,00	0,08	4,43	20,14
BP079	32	2,24	2,14	2,00	2,00	6,50	2,00	2,00	0,96	3,98	15,30
BP080	32	4,44	4,08	3,95	2,00	13,00	3,20	5,20	2,11	2,33	7,96
BP082	32	2,13	2,09	2,00	2,00	4,20	2,00	2,00	0,45	3,99	16,58
BP083	32	2,05	2,04	2,00	2,00	2,90	2,00	2,00	0,21	3,82	13,49
BP084	32	6,04	4,64	4,15	2,00	34,00	2,70	8,60	5,90	3,63	16,61
BP086	32	9,25	5,75	5,00	2,00	86,00	3,15	9,20	15,00	4,61	23,59
BP088	32	2,59	2,39	2,00	2,00	7,50	2,00	2,45	1,36	2,95	8,47
BP090	32	2,08	2,06	2,00	2,00	3,90	2,00	2,00	0,35	5,00	25,98
BP092	32	2,02	2,01	2,00	2,00	2,50	2,00	2,00	0,09	5,66	32,00
BP094	32	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00		0,00
BP096	32	4,17	3,28	2,55	2,00	18,00	2,00	3,95	3,71	2,36	5,86
BP098	32	4,65	3,96	4,25	2,00	17,00	2,30	5,25	3,14	2,42	7,53
BP099	30	2,04	2,04	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	0,19	4,89	24,78

Tabela II.6 - 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 O<sub>2</sub>).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	30	10,54	9,18	8,80	5,00	22,00	5,00	14,00	5,76	0,82	-0,58
BP024	30	14,37	12,62	14,00	5,00	37,00	9,00	18,00	7,51	1,06	1,30
BP026	30	11,59	9,87	9,55	5,00	32,00	6,60	14,00	7,13	1,37	1,66
BP027	30	14,91	12,06	11,00	5,00	62,00	7,70	17,00	11,92	2,52	7,83
BP029	30	13,48	11,61	12,50	5,00	28,00	8,10	18,00	7,12	0,46	-0,87
BP032	30	11,98	10,35	11,00	5,00	27,00	5,30	16,00	6,59	0,82	-0,32
BP036	30	13,41	11,19	12,00	5,00	52,00	6,50	16,00	9,50	2,52	8,79
BP066	30	10,03	8,87	9,35	5,00	24,00	5,00	13,00	5,24	1,09	0,97
BP068	29	11,51	10,11	9,50	5,00	28,00	7,10	14,00	6,17	1,09	0,73
BP069	30	30,80	26,45	26,50	9,10	108,00	18,00	39,00	19,69	2,25	7,21
BP070	30	12,58	10,96	12,00	5,00	34,00	7,00	17,00	6,74	1,08	1,88
BP071	30	51,46	47,85	45,50	29,00	123,00	37,00	60,00	21,97	1,60	2,85
BP072	30	15,33	12,45	12,00	5,00	47,00	7,80	18,00	10,92	1,52	1,80
BP073	30	115,90	102,40	107,50	31,00	273,00	76,00	143,00	59,75	1,08	0,80
BP074	30	20,74	16,37	17,50	5,00	71,00	9,40	26,00	15,23	1,68	3,40
BP076	30	16,18	12,94	12,00	5,00	47,00	8,80	19,00	11,85	1,38	0,91
BP078	30	14,38	12,40	13,00	5,00	35,00	8,10	19,00	8,04	0,96	0,26
BP079	30	13,59	10,44	9,55	5,00	78,00	6,00	17,00	13,81	3,73	16,88
BP080	30	18,44	16,66	16,50	5,00	50,00	13,00	22,00	8,93	1,68	4,46
BP082	30	12,41	10,63	10,80	5,00	28,00	6,00	19,00	7,00	0,77	-0,40
BP083	30	16,36	13,47	13,50	5,00	41,00	8,50	23,00	10,25	0,92	0,06
BP084	30	27,04	21,90	22,00	5,00	83,00	14,00	31,00	19,68	1,75	2,86
BP086	30	34,05	27,54	26,00	9,60	168,00	18,00	39,00	30,62	3,36	13,08
BP088	30	26,73	23,52	22,00	10,00	66,00	16,00	36,00	14,55	1,27	1,33
BP090	30	13,96	11,31	10,50	5,00	43,00	5,70	20,00	9,60	1,29	1,49
BP092	30	8,06	6,94	5,00	5,00	32,00	5,00	9,00	5,88	2,90	9,47
BP094	30	6,92	6,39	5,00	5,00	18,00	5,00	9,00	3,24	1,94	3,84
BP096	31	15,13	13,24	13,00	5,00	38,00	8,90	19,00	8,23	1,18	1,13
BP098	31	23,95	17,31	16,00	5,00	105,00	9,70	24,00	22,82	2,15	4,85
BP099	28	12,26	10,84	12,50	5,00	27,00	7,20	15,00	6,15	0,78	0,03

Tabela II.7 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro ferro dissolvido (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	0,32	0,27	0,26	0,08	1,11	0,19	0,39	0,21	2,10	6,29
BP024	32	0,31	0,24	0,20	0,09	1,81	0,15	0,35	0,32	3,72	15,98
BP026	32	0,30	0,26	0,24	0,09	0,86	0,19	0,35	0,18	1,60	2,58
BP027	32	0,26	0,21	0,21	0,08	1,16	0,13	0,28	0,23	3,00	9,66
BP029	32	0,24	0,21	0,23	0,06	0,60	0,16	0,29	0,12	1,06	1,96
BP032	32	0,30	0,25	0,24	0,06	0,83	0,17	0,40	0,19	1,04	0,72
BP036	32	0,24	0,21	0,23	0,06	0,50	0,16	0,31	0,12	0,64	-0,09
BP066	32	0,34	0,28	0,27	0,11	1,15	0,19	0,42	0,24	1,76	3,40
BP068	31	0,21	0,18	0,19	0,05	0,87	0,13	0,23	0,15	3,32	14,40
BP069	32	0,22	0,19	0,22	0,05	0,49	0,14	0,28	0,11	0,66	0,04
BP070	32	0,25	0,20	0,19	0,07	1,57	0,15	0,27	0,26	4,66	24,30
BP071	32	0,24	0,20	0,19	0,05	0,75	0,12	0,32	0,17	1,50	2,22
BP072	32	0,24	0,21	0,21	0,06	0,62	0,16	0,33	0,13	0,97	0,86
BP073	32	0,25	0,19	0,20	0,04	0,76	0,13	0,32	0,17	1,23	1,35
BP074	32	0,40	0,29	0,25	0,05	1,71	0,18	0,49	0,38	2,17	5,08
BP076	32	0,20	0,14	0,14	0,04	1,14	0,08	0,23	0,20	3,44	14,74
BP078	32	0,14	0,11	0,10	0,03	0,53	0,06	0,18	0,11	1,91	4,50
BP079	32	0,31	0,27	0,28	0,11	0,94	0,19	0,36	0,17	1,83	4,90
BP080	32	0,24	0,20	0,20	0,07	0,70	0,15	0,26	0,15	1,64	2,72
BP082	32	0,20	0,17	0,16	0,05	0,51	0,11	0,25	0,11	1,37	1,87
BP083	32	0,13	0,12	0,11	0,04	0,28	0,08	0,18	0,06	0,96	-0,02
BP084	32	0,43	0,33	0,32	0,10	1,70	0,18	0,54	0,34	2,09	5,78
BP086	32	0,27	0,23	0,25	0,03	0,76	0,16	0,36	0,15	1,15	2,00
BP088	32	0,12	0,09	0,10	0,03	0,46	0,04	0,16	0,10	1,59	3,31
BP090	32	0,30	0,23	0,21	0,05	1,33	0,13	0,40	0,26	2,35	6,81
BP092	32	0,08	0,07	0,07	0,03	0,22	0,05	0,10	0,04	1,60	3,42
BP094	32	0,11	0,10	0,09	0,03	0,32	0,07	0,12	0,06	1,94	4,71
BP096	32	0,23	0,18	0,16	0,05	0,79	0,09	0,34	0,17	1,37	2,15
BP098	32	0,30	0,17	0,12	0,04	2,00	0,09	0,27	0,46	2,81	7,47
BP099	30	0,12	0,09	0,08	0,03	0,44	0,04	0,14	0,11	1,60	2,13

Tabela II.8 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro fósforo total (mg/L).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	0,04	0,04	0,04	0,02	0,14	0,03	0,05	0,02	2,47	8,90
BP024	32	0,05	0,04	0,04	0,02	0,14	0,03	0,07	0,03	1,45	2,43
BP026	32	0,06	0,04	0,04	0,01	0,40	0,02	0,06	0,08	3,01	10,79
BP027	32	0,08	0,07	0,06	0,02	0,20	0,05	0,11	0,04	0,86	0,31
BP029	32	0,08	0,06	0,08	0,01	0,20	0,04	0,10	0,04	0,68	0,47
BP032	32	0,04	0,03	0,03	0,01	0,17	0,02	0,06	0,04	2,00	3,90
BP036	32	0,05	0,05	0,05	0,01	0,12	0,03	0,07	0,03	0,60	-0,34
BP066	32	0,04	0,04	0,03	0,01	0,12	0,02	0,06	0,03	1,54	1,72
BP068	31	0,06	0,04	0,04	0,01	0,43	0,03	0,06	0,08	4,18	20,21
BP069	32	0,74	0,55	0,51	0,10	2,24	0,31	1,02	0,55	1,08	0,65
BP070	32	0,07	0,06	0,06	0,02	0,29	0,04	0,07	0,05	2,75	9,68
BP071	32	0,93	0,66	0,87	0,02	3,06	0,42	1,20	0,67	1,22	1,98
BP072	32	0,12	0,10	0,12	0,01	0,29	0,08	0,14	0,07	0,62	0,00
BP073	32	1,15	0,80	1,00	0,13	5,94	0,42	1,44	1,08	2,93	12,10
BP074	32	0,14	0,09	0,08	0,02	0,95	0,05	0,14	0,20	3,20	10,80
BP076	32	0,05	0,04	0,04	0,01	0,12	0,02	0,08	0,03	0,53	-0,82
BP078	32	0,10	0,07	0,07	0,01	0,35	0,05	0,10	0,09	1,88	2,82
BP079	32	0,04	0,03	0,03	0,01	0,19	0,02	0,05	0,04	2,67	7,51
BP080	32	0,19	0,16	0,18	0,06	0,45	0,11	0,23	0,10	0,99	0,52
BP082	32	0,11	0,09	0,09	0,02	0,30	0,07	0,16	0,08	0,95	-0,06
BP083	32	0,09	0,08	0,08	0,02	0,22	0,07	0,10	0,04	1,32	1,97
BP084	32	0,29	0,21	0,18	0,06	1,09	0,12	0,44	0,25	1,56	2,07
BP086	32	0,24	0,16	0,15	0,05	2,29	0,10	0,21	0,39	5,09	27,36
BP088	32	0,07	0,05	0,06	0,01	0,28	0,03	0,08	0,07	2,15	4,69
BP090	32	0,07	0,06	0,06	0,02	0,21	0,05	0,10	0,04	1,23	1,97
BP092	32	0,02	0,02	0,02	0,01	0,07	0,01	0,02	0,01	2,75	10,64
BP094	32	0,03	0,02	0,02	0,01	0,09	0,02	0,03	0,02	2,18	5,95
BP096	32	0,09	0,06	0,07	0,02	0,42	0,03	0,10	0,09	2,32	6,21
BP098	32	0,31	0,24	0,21	0,06	0,96	0,14	0,49	0,23	1,21	0,77
BP099	30	0,04	0,03	0,02	0,01	0,30	0,02	0,03	0,06	3,41	12,34

Tabela II.9 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro indicador microbiológico (NMP/100mL).

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	40834,52	17964,99	23894,35	23,00	160000,00	11000,00	50000,00	48254,27	1,76	1,96
BP024	32	57337,34	27433,18	35000,00	23,00	160000,00	19500,00	90000,00	48419,00	0,75	-0,34
BP026	31	18584,04	10229,46	8664,40	1400,00	160000,00	4900,00	24000,00	29133,84	4,11	19,43
BP027	30	27477,52	9696,98	9500,00	110,00	160000,00	5000,00	17000,00	44151,70	2,28	4,34
BP029	31	10279,54	3735,15	4900,00	60,00	50000,00	1300,00	16000,00	13512,83	1,88	3,19
BP032	31	4779,84	1454,46	1300,00	60,00	30000,00	330,00	5475,00	7691,22	2,11	3,87
BP036	32	3962,92	1109,22	1350,00	50,00	50000,00	336,50	3250,00	8983,32	4,67	23,79
BP066	31	10860,63	5158,81	7000,00	130,00	50000,00	2300,00	13000,00	12303,25	1,62	2,25
BP068	31	6754,36	4941,96	5000,00	1300,00	30000,00	2300,00	8000,00	6001,72	2,28	6,77
BP069	32	65298,80	27365,37	41277,00	50,00	160000,00	14762,50	92000,00	59682,87	0,61	-1,17
BP070	32	10309,33	6270,23	6450,00	120,00	35000,00	3150,00	15000,00	9429,22	1,14	0,36
BP071	32	79165,97	34533,76	74971,50	1400,00	160000,00	8000,00	160000,00	69731,01	0,13	-1,86
BP072	32	21606,92	4679,03	3215,05	30,00	160000,00	1300,00	19500,00	41127,23	2,73	7,08
BP073	32	155151,88	119107,32	160000,00	2200,00	241960,00	160000,00	160000,00	60674,38	-1,15	1,96
BP074	32	59214,71	35983,10	50000,00	1400,00	160000,00	15500,00	90000,00	48597,55	0,89	0,07
BP076	32	4280,78	941,96	1000,00	63,00	50000,00	238,10	2300,00	10126,90	3,72	14,63
BP078	32	3493,98	259,12	287,70	10,00	90000,00	48,00	1050,00	15817,09	5,62	31,72
BP079	32	10429,17	1683,16	1350,00	30,00	160000,00	701,35	4250,00	29627,81	4,53	22,33
BP080	31	60348,68	30572,09	35000,00	170,00	160000,00	13000,00	90000,00	56594,55	0,88	-0,64
BP082	32	3032,03	573,35	950,00	2,00	17000,00	100,00	3592,20	4770,96	2,02	3,38
BP083	32	2921,03	494,53	700,00	20,00	24196,00	74,50	2000,00	6048,72	2,97	8,56
BP084	32	49094,77	16249,31	15000,00	70,00	241960,00	5933,35	90000,00	67495,72	1,80	2,62
BP086	32	74845,84	49172,29	59441,00	1300,00	160000,00	41126,00	92042,00	52758,58	0,55	-0,82
BP088	31	2525,52	44,05	23,00	1,00	50000,00	23,00	90,00	9655,18	4,51	21,16
BP090	32	14182,42	1431,81	1200,00	33,00	160000,00	230,00	7015,70	39068,91	3,55	11,90
BP092	30	1188,73	368,09	279,50	23,00	13000,00	130,00	700,00	2683,50	3,70	14,27
BP094	31	1327,10	244,32	170,00	23,00	17000,00	70,00	500,00	3420,11	3,80	15,57
BP096	32	74384,78	25956,68	50000,00	70,00	241960,00	14500,00	142641,00	68959,00	0,71	-0,58
BP098	32	8869,51	1548,43	1300,00	90,00	90000,00	305,00	4968,10	18963,91	3,13	10,88
BP099	30	2858,88	287,57	155,00	1,00	28000,00	49,00	2300,00	5998,77	3,20	11,15

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	0,09	0,09	0,09	0,06	0,19	0,07	0,11	0,03	1,43	2,89
BP024	32	0,13	0,11	0,10	0,06	0,50	0,08	0,12	0,09	3,02	10,06
BP026	32	0,13	0,10	0,08	0,04	0,58	0,06	0,14	0,11	2,63	7,74
BP027	32	0,71	0,42	0,38	0,02	8,05	0,31	0,54	1,38	5,20	28,32
BP029	32	0,42	0,31	0,27	0,11	1,88	0,18	0,44	0,42	2,51	6,43
BP032	32	0,07	0,06	0,05	0,02	0,28	0,04	0,09	0,06	2,09	5,20
BP036	32	0,35	0,26	0,23	0,08	1,39	0,14	0,42	0,30	1,98	4,21
BP066	32	0,10	0,09	0,09	0,04	0,26	0,07	0,12	0,05	1,65	3,54
BP068	31	0,28	0,21	0,18	0,08	1,52	0,11	0,32	0,29	3,15	11,94
BP069	32	0,14	0,12	0,13	0,03	0,31	0,07	0,19	0,08	0,57	-0,57
BP070	32	0,25	0,19	0,17	0,07	0,85	0,13	0,29	0,21	1,79	2,53
BP071	32	0,20	0,19	0,19	0,07	0,43	0,17	0,23	0,08	1,11	1,66
BP072	32	0,25	0,16	0,13	0,07	1,20	0,08	0,21	0,31	2,16	3,55
BP073	32	0,21	0,20	0,21	0,08	0,44	0,17	0,24	0,06	1,45	5,94
BP074	32	0,10	0,08	0,07	0,04	0,38	0,05	0,10	0,08	2,93	8,74
BP076	32	0,10	0,07	0,08	0,02	0,90	0,05	0,09	0,15	5,17	28,09
BP078	32	0,23	0,12	0,10	0,01	1,30	0,05	0,25	0,30	2,25	4,88
BP079	32	0,18	0,16	0,15	0,05	0,71	0,12	0,23	0,13	2,75	9,90
BP080	32	1,06	0,99	1,05	0,44	2,75	0,71	1,23	0,43	1,86	6,54
BP082	32	0,18	0,11	0,10	0,04	1,14	0,06	0,15	0,23	3,05	9,74
BP083	32	0,19	0,12	0,10	0,03	0,88	0,06	0,22	0,22	2,32	5,19
BP084	32	1,72	1,60	1,68	0,45	2,79	1,46	2,08	0,56	-0,28	-0,01
BP086	32	0,41	0,34	0,32	0,11	1,96	0,27	0,41	0,34	3,60	15,09
BP088	32	0,48	0,31	0,31	0,02	2,00	0,17	0,61	0,47	1,83	3,08
BP090	32	0,10	0,08	0,07	0,03	0,74	0,06	0,09	0,12	4,84	25,17
BP092	32	0,03	0,02	0,03	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,17	-0,42
BP094	32	0,03	0,03	0,03	0,01	0,07	0,02	0,04	0,01	1,54	2,68
BP096	32	0,14	0,11	0,10	0,04	0,59	0,07	0,16	0,11	2,64	8,09
BP098	32	0,21	0,15	0,14	0,03	0,96	0,09	0,19	0,21	2,36	5,20
BP099	30	0,11	0,05	0,04	0,01	0,72	0,02	0,06	0,18	2,66	6,25

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

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	0,43	0,22	0,31	0,01	2,98	0,11	0,48	0,58	3,27	12,77
BP024	32	0,31	0,17	0,19	0,02	1,91	0,10	0,39	0,37	2,93	11,07
BP026	32	0,42	0,28	0,28	0,06	3,02	0,14	0,51	0,53	3,95	18,68
BP027	32	0,74	0,54	0,71	0,04	2,89	0,31	0,96	0,57	1,85	5,63
BP029	32	0,81	0,62	0,76	0,10	2,79	0,34	1,02	0,60	1,50	3,01
BP032	32	0,27	0,18	0,20	0,01	1,07	0,10	0,36	0,24	1,61	2,75
BP036	32	0,89	0,63	0,77	0,10	3,54	0,35	1,25	0,75	1,85	4,45
BP066	32	0,74	0,47	0,79	0,01	2,03	0,26	1,04	0,53	0,53	-0,26
BP068	31	0,80	0,54	0,71	0,05	3,20	0,31	1,03	0,69	1,82	4,29
BP069	32	1,13	0,28	0,19	0,03	9,76	0,09	0,83	2,28	2,71	7,02
BP070	32	0,82	0,56	0,76	0,03	3,11	0,31	1,12	0,66	1,58	3,73
BP071	32	2,25	0,64	0,73	0,01	8,61	0,16	4,42	2,63	0,94	-0,51
BP072	32	0,87	0,61	0,69	0,06	4,12	0,41	1,13	0,80	2,47	8,08
BP073	32	1,12	0,40	0,53	0,03	18,00	0,19	0,83	3,12	5,44	30,27
BP074	32	0,43	0,22	0,25	0,02	2,72	0,10	0,54	0,55	2,82	9,81
BP076	32	0,45	0,30	0,29	0,03	1,61	0,17	0,72	0,38	1,18	1,01
BP078	32	1,06	0,77	0,89	0,04	3,06	0,51	1,50	0,81	1,19	0,76
BP079	32	0,31	0,20	0,24	0,01	1,00	0,13	0,40	0,26	1,22	1,00
BP080	32	1,27	0,90	1,13	0,14	3,26	0,44	1,61	0,92	0,69	-0,35
BP082	32	1,19	0,67	0,97	0,03	4,98	0,23	1,80	1,11	1,49	3,15
BP083	32	1,23	0,82	0,90	0,08	5,08	0,44	1,69	1,12	1,74	3,60
BP084	32	0,43	0,22	0,26	0,01	2,23	0,10	0,50	0,54	2,39	5,81
BP086	32	1,50	1,02	1,30	0,14	3,96	0,45	2,26	1,09	0,47	-0,79
BP088	32	0,55	0,36	0,41	0,02	2,93	0,17	0,78	0,56	2,67	9,91
BP090	32	1,28	0,68	0,97	0,03	5,42	0,23	1,77	1,34	1,60	2,39
BP092	32	0,28	0,21	0,25	0,02	1,10	0,14	0,36	0,22	1,78	4,88
BP094	32	0,28	0,18	0,19	0,01	1,67	0,11	0,39	0,30	3,34	14,69
BP096	32	0,49	0,31	0,39	0,04	2,39	0,16	0,57	0,51	2,42	6,87
BP098	32	2,39	1,35	1,48	0,05	9,40	0,67	3,28	2,48	1,61	2,16
BP099	30	0,74	0,52	0,56	0,03	2,48	0,32	0,97	0,63	1,58	2,35

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	0,17	0,16	0,16	0,10	0,38	0,10	0,21	0,07	1,10	0,93
BP024	32	0,19	0,16	0,14	0,10	0,73	0,10	0,23	0,14	2,42	6,85
BP026	32	0,12	0,12	0,10	0,10	0,41	0,10	0,11	0,06	3,60	14,84
BP027	32	0,33	0,23	0,20	0,10	1,50	0,10	0,42	0,32	2,00	4,48
BP029	32	0,18	0,14	0,10	0,10	0,98	0,10	0,18	0,18	3,46	13,63
BP032	32	0,12	0,11	0,10	0,10	0,23	0,10	0,12	0,03	2,22	4,70
BP036	32	0,11	0,11	0,10	0,10	0,26	0,10	0,10	0,03	3,55	13,28
BP066	32	0,16	0,15	0,14	0,10	0,50	0,10	0,21	0,09	2,23	5,90
BP068	31	0,12	0,12	0,10	0,10	0,31	0,10	0,12	0,05	2,80	8,82
BP069	32	0,58	0,43	0,49	0,10	1,70	0,20	0,87	0,41	0,73	0,15
BP070	32	0,19	0,17	0,15	0,10	0,59	0,10	0,24	0,12	1,72	3,13
BP071	32	10,19	7,84	9,92	0,92	21,40	7,05	13,30	5,75	0,05	-0,64
BP072	32	0,48	0,41	0,46	0,10	0,92	0,27	0,65	0,24	0,17	-1,04
BP073	32	10,83	9,16	10,85	1,52	21,20	7,48	14,80	5,20	-0,10	-0,79
BP074	32	0,45	0,24	0,20	0,10	3,67	0,10	0,37	0,80	3,50	11,88
BP076	32	0,15	0,13	0,10	0,10	0,43	0,10	0,13	0,10	2,20	3,57
BP078	32	0,12	0,11	0,10	0,10	0,25	0,10	0,10	0,03	2,66	7,48
BP079	32	0,12	0,12	0,10	0,10	0,40	0,10	0,12	0,06	4,01	18,02
BP080	32	1,16	0,79	0,86	0,10	4,13	0,49	1,62	0,99	1,69	3,21
BP082	32	0,18	0,15	0,12	0,10	0,92	0,10	0,20	0,15	3,86	17,78
BP083	32	0,12	0,11	0,10	0,10	0,30	0,10	0,11	0,04	3,20	10,69
BP084	32	3,38	1,98	2,02	0,11	20,33	1,13	4,68	4,07	2,92	10,03
BP086	32	1,37	0,92	0,82	0,16	4,95	0,52	1,87	1,27	1,50	1,49
BP088	32	0,41	0,33	0,45	0,10	1,00	0,20	0,52	0,25	0,64	-0,11
BP090	32	0,15	0,14	0,11	0,10	0,32	0,10	0,22	0,07	1,01	-0,37
BP092	32	0,10	0,10	0,10	0,10	0,18	0,10	0,10	0,01	5,21	27,99
BP094	32	0,11	0,11	0,10	0,10	0,29	0,10	0,10	0,04	4,35	20,37
BP096	32	0,29	0,22	0,20	0,10	1,48	0,10	0,38	0,29	2,62	8,91
BP098	32	3,15	0,92	0,92	0,10	18,90	0,19	3,53	4,62	1,99	3,74
BP099	30	0,12	0,12	0,10	0,10	0,23	0,10	0,12	0,04	1,80	2,26

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	0,33	0,29	0,31	0,10	0,69	0,20	0,42	0,16	0,51	-0,38
BP024	32	0,34	0,26	0,24	0,10	1,46	0,16	0,43	0,29	2,38	6,73
BP026	31	0,30	0,26	0,25	0,10	0,74	0,19	0,36	0,18	1,24	0,75
BP027	32	0,49	0,39	0,45	0,10	1,44	0,23	0,68	0,32	0,97	1,16
BP029	32	0,46	0,41	0,44	0,10	0,90	0,36	0,55	0,19	0,36	0,19
BP032	32	0,28	0,24	0,26	0,10	0,80	0,16	0,36	0,17	1,30	1,86
BP036	32	0,43	0,36	0,39	0,10	1,00	0,27	0,58	0,24	0,69	0,13
BP066	32	0,36	0,31	0,37	0,10	0,96	0,22	0,47	0,20	0,84	1,18
BP068	31	0,36	0,32	0,35	0,10	0,75	0,20	0,49	0,18	0,39	-0,79
BP069	32	0,91	0,75	0,73	0,26	3,12	0,46	1,04	0,67	1,96	3,91
BP070	32	0,43	0,38	0,41	0,10	0,89	0,30	0,54	0,19	0,46	0,13
BP071	32	1,48	1,32	1,22	0,54	3,63	0,94	1,68	0,77	1,41	1,42
BP072	32	0,49	0,44	0,48	0,13	1,28	0,33	0,63	0,23	1,20	3,39
BP073	32	2,62	1,85	2,14	0,10	11,00	1,25	3,03	2,16	2,23	6,66
BP074	32	0,45	0,36	0,47	0,10	1,48	0,22	0,57	0,31	1,69	4,19
BP076	32	0,43	0,36	0,36	0,10	1,10	0,25	0,61	0,25	1,08	0,66
BP078	32	0,54	0,46	0,53	0,10	1,22	0,34	0,75	0,29	0,48	-0,22
BP079	32	0,33	0,27	0,30	0,10	0,89	0,17	0,44	0,20	0,98	0,62
BP080	32	0,64	0,55	0,67	0,10	1,32	0,50	0,80	0,29	0,07	0,05
BP082	32	0,51	0,43	0,49	0,10	0,98	0,30	0,77	0,27	0,14	-1,25
BP083	32	0,51	0,46	0,49	0,10	1,10	0,38	0,60	0,21	0,72	1,45
BP084	32	0,60	0,48	0,57	0,10	1,67	0,33	0,75	0,37	1,08	1,43
BP086	32	1,09	0,85	0,93	0,10	4,15	0,58	1,06	0,92	2,36	5,32
BP088	32	0,67	0,56	0,63	0,10	2,25	0,40	0,87	0,41	1,80	6,14
BP090	32	0,52	0,43	0,55	0,10	1,04	0,29	0,68	0,26	0,03	-0,68
BP092	32	0,25	0,19	0,17	0,10	1,00	0,10	0,35	0,21	1,91	3,88
BP094	32	0,22	0,19	0,17	0,10	0,57	0,10	0,32	0,14	0,99	-0,07
BP096	32	0,37	0,31	0,36	0,10	1,01	0,18	0,48	0,22	0,91	0,96
BP098	32	0,74	0,60	0,60	0,10	1,76	0,46	0,94	0,42	0,65	0,17
BP099	30	0,40	0,34	0,40	0,10	0,89	0,25	0,60	0,21	0,35	-0,60

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	6,91	6,89	6,90	5,80	7,90	6,50	7,40	0,51	0,02	-0,64
BP024	32	7,43	7,39	7,40	5,40	8,70	7,05	8,00	0,72	-0,70	0,93
BP026	32	7,44	7,41	7,20	6,30	8,50	7,00	8,10	0,68	0,10	-1,28
BP027	32	6,84	6,81	6,90	5,20	8,30	6,50	7,10	0,61	-0,55	2,10
BP029	32	7,58	7,56	7,65	6,50	8,80	7,10	8,05	0,58	-0,02	-0,74
BP032	32	7,50	7,48	7,40	6,50	8,60	6,95	8,05	0,60	0,21	-1,14
BP036	32	7,77	7,75	7,80	6,80	8,70	7,40	8,20	0,56	-0,13	-1,18
BP066	32	7,22	7,20	7,15	6,20	8,10	6,85	7,60	0,52	0,11	-0,85
BP068	31	7,54	7,52	7,60	6,50	8,60	7,20	7,90	0,56	-0,14	-0,95
BP069	32	3,72	2,92	3,45	0,80	7,30	1,45	5,65	2,26	0,13	-1,50
BP070	32	7,05	7,01	6,95	4,80	8,20	6,55	7,60	0,73	-0,62	1,36
BP071	32	2,38	1,66	1,75	0,20	7,50	1,05	3,05	1,94	1,20	0,82
BP072	32	7,29	7,20	7,40	3,70	8,80	6,90	7,85	1,08	-1,30	2,97
BP073	32	2,42	1,98	2,05	0,50	6,00	1,30	3,15	1,50	0,91	0,09
BP074	32	7,19	7,14	7,40	4,80	8,30	6,85	7,65	0,82	-1,39	2,61
BP076	32	6,75	6,71	6,75	5,60	8,30	6,15	7,20	0,75	0,25	-0,75
BP078	32	7,42	7,35	7,30	5,90	9,50	6,75	8,05	1,02	0,42	-0,62
BP079	32	7,51	7,48	7,45	6,10	8,60	6,90	8,20	0,70	-0,20	-1,07
BP080	32	5,63	5,58	5,60	3,60	7,40	5,15	6,05	0,76	0,11	1,37
BP082	32	6,90	6,85	6,85	4,90	9,20	6,45	7,50	0,84	-0,01	1,16
BP083	32	7,17	7,13	7,20	5,30	8,50	6,70	7,55	0,74	-0,38	0,24
BP084	32	2,86	2,60	2,85	0,90	5,10	1,85	3,70	1,19	0,28	-0,73
BP086	32	5,47	5,41	5,50	3,80	7,40	5,05	6,05	0,83	-0,16	0,07
BP088	32	7,00	6,98	7,00	5,90	8,10	6,60	7,45	0,57	0,08	-0,84
BP090	32	6,93	6,83	7,10	2,90	8,40	6,60	7,45	1,01	-2,13	7,53
BP092	32	7,74	7,72	7,70	6,90	8,60	7,35	8,25	0,50	0,10	-0,95
BP094	32	8,08	8,06	7,95	7,10	9,40	7,60	8,60	0,55	0,34	-0,76
BP096	32	6,38	6,10	6,90	2,00	8,00	6,15	7,35	1,55	-1,71	2,42
BP098	32	4,37	4,20	4,40	2,10	7,90	3,55	5,20	1,24	0,57	0,91
BP099	30	7,36	7,29	7,40	5,30	10,90	6,90	7,90	1,02	0,89	4,36

Tabela II.15 - Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba relativa ao parâmetro pH *in loco*.

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	6,38	6,36	6,40	5,80	7,10	5,95	6,80	0,39	0,09	-1,19
BP024	32	6,55	6,53	6,50	5,80	7,20	6,15	6,95	0,43	0,07	-1,20
BP026	32	6,72	6,70	6,80	6,00	7,70	6,30	7,10	0,44	-0,09	-0,89
BP027	32	6,76	6,75	6,80	5,90	7,50	6,30	7,20	0,45	-0,22	-1,19
BP029	32	6,90	6,89	6,85	6,10	7,90	6,55	7,25	0,43	0,15	-0,66
BP032	32	6,57	6,55	6,50	5,70	7,40	6,15	7,00	0,46	-0,05	-1,10
BP036	32	6,90	6,89	6,95	6,20	7,60	6,50	7,30	0,42	-0,10	-1,05
BP066	32	6,69	6,67	6,70	5,90	7,50	6,30	7,10	0,49	-0,22	-1,11
BP068	31	6,96	6,95	7,10	6,10	7,80	6,60	7,30	0,48	-0,40	-0,86
BP069	32	7,16	7,15	7,20	6,50	8,20	6,85	7,40	0,41	0,34	-0,02
BP070	32	6,92	6,90	7,00	6,10	7,80	6,50	7,30	0,46	-0,27	-1,03
BP071	32	7,04	7,03	7,10	6,50	7,60	6,75	7,30	0,31	-0,17	-1,14
BP072	32	6,88	6,87	6,90	6,10	7,50	6,55	7,20	0,42	-0,19	-1,08
BP073	32	7,23	7,22	7,20	6,70	8,50	6,85	7,50	0,43	1,25	2,23
BP074	32	7,28	7,26	7,30	6,20	8,50	6,95	7,60	0,52	-0,10	0,23
BP076	32	7,13	7,12	7,20	6,40	7,70	6,90	7,45	0,38	-0,37	-0,98
BP078	32	7,27	7,24	7,35	6,40	8,60	6,75	7,60	0,57	0,17	-0,49
BP079	32	6,70	6,68	6,65	6,00	7,50	6,30	7,10	0,44	0,25	-1,26
BP080	32	6,83	6,82	6,80	6,20	7,90	6,50	7,15	0,42	0,37	-0,21
BP082	32	6,89	6,88	7,00	6,00	7,50	6,55	7,20	0,43	-0,65	-0,70
BP083	32	7,06	7,05	7,15	6,20	7,70	6,75	7,40	0,46	-0,70	-0,80
BP084	32	6,62	6,61	6,65	6,00	7,40	6,30	6,90	0,36	0,23	-0,59
BP086	32	7,02	7,01	7,10	6,10	7,60	6,70	7,30	0,38	-0,66	-0,45
BP088	32	6,92	6,91	6,95	6,10	7,70	6,50	7,30	0,44	-0,14	-1,16
BP090	32	6,87	6,85	6,85	6,20	7,70	6,50	7,20	0,39	0,13	-0,84
BP092	32	6,50	6,49	6,40	5,80	7,40	6,10	6,90	0,48	0,10	-1,03
BP094	32	6,53	6,52	6,50	5,70	7,50	6,10	7,00	0,48	0,05	-1,04
BP096	32	6,65	6,63	6,70	5,90	7,70	6,45	6,80	0,41	0,19	0,41
BP098	32	7,03	7,01	7,00	6,20	7,90	6,90	7,30	0,42	-0,31	-0,15
BP099	30	7,14	7,12	7,10	6,20	9,30	6,80	7,40	0,60	1,55	4,99

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	12,84	9,25	10,50	1,00	61,00	5,50	15,50	11,51	2,65	9,50
BP024	32	77,88	32,96	27,50	2,00	785,00	16,50	60,00	148,67	3,90	17,15
BP026	32	79,13	32,13	29,50	3,00	583,00	12,00	48,00	134,04	2,66	6,88
BP027	32	133,47	52,02	46,00	3,00	1070,00	28,50	84,50	244,19	2,88	7,90
BP029	32	99,25	50,47	48,50	4,00	499,00	24,50	87,00	129,81	1,90	2,58
BP032	32	61,91	37,16	31,00	3,00	319,00	23,00	72,00	73,33	2,20	4,70
BP036	32	111,00	67,88	63,00	17,00	491,00	37,00	105,00	129,26	2,01	3,18
BP066	32	31,47	10,95	10,00	1,00	296,00	4,50	23,50	65,72	3,45	11,61
BP068	31	78,29	43,15	44,00	3,00	435,00	22,00	74,00	100,43	2,41	5,66
BP069	32	45,66	26,85	26,00	5,00	292,00	16,00	37,50	62,82	2,86	8,38
BP070	32	85,59	42,20	43,00	3,00	487,00	18,00	75,00	120,21	2,46	5,75
BP071	32	150,59	42,09	40,00	4,00	2239,00	25,50	49,00	449,66	4,14	17,12
BP072	32	116,59	29,23	26,50	1,00	1432,00	12,50	46,00	277,47	3,97	17,24
BP073	32	135,41	83,32	74,50	8,00	782,00	58,00	105,00	171,33	2,58	6,64
BP074	32	64,91	38,29	36,50	2,00	261,00	24,00	73,00	69,95	1,68	2,00
BP076	32	93,50	54,54	64,00	2,00	630,00	37,50	106,00	115,35	3,55	15,40
BP078	32	84,94	41,40	38,50	2,00	498,00	17,00	84,50	119,75	2,49	5,95
BP079	32	63,56	28,65	28,00	2,00	313,00	8,00	74,00	83,88	1,88	2,77
BP080	32	84,00	41,46	41,00	3,00	861,00	22,00	64,50	157,84	4,25	20,00
BP082	32	73,44	32,47	30,50	3,00	691,00	15,50	63,00	129,54	3,87	17,26
BP083	32	77,78	50,09	51,00	6,00	482,00	29,50	79,00	95,03	3,09	10,81
BP084	32	31,41	21,91	20,00	4,00	139,00	10,00	44,50	28,83	1,99	5,16
BP086	32	63,75	25,63	21,00	2,00	556,00	11,00	46,50	125,85	3,38	11,13
BP088	32	59,19	29,68	30,50	1,00	402,00	19,00	52,50	90,80	2,91	8,10
BP090	32	64,34	39,59	39,50	5,00	465,00	19,00	66,00	89,35	3,52	13,80
BP092	32	7,56	4,43	5,00	1,00	38,00	2,00	10,00	8,70	2,19	4,95
BP094	32	6,94	4,85	4,50	1,00	24,00	2,00	10,00	6,04	1,41	1,56
BP096	32	14,06	9,13	10,00	1,00	65,00	4,00	17,00	14,11	2,07	4,87
BP098	32	35,66	23,40	24,50	1,00	187,00	14,00	41,50	37,78	2,84	9,18
BP099	30	43,03	13,17	11,50	2,00	405,00	6,00	24,00	92,24	3,08	9,17

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	60,13	59,05	57,00	44,00	103,00	51,50	63,00	12,61	1,89	4,16
BP024	32	117,56	83,16	68,00	36,00	848,00	51,50	102,50	153,19	3,90	17,30
BP026	32	124,19	88,50	70,50	36,00	652,00	55,00	118,00	139,02	2,65	7,03
BP027	32	196,06	134,62	100,00	58,00	1151,00	88,50	162,50	247,50	2,88	8,02
BP029	32	164,06	128,78	102,00	53,00	562,00	85,00	165,50	137,12	1,70	1,72
BP032	32	111,94	90,15	71,50	39,00	395,00	56,50	124,00	89,92	2,05	3,92
BP036	32	168,00	134,63	109,00	49,00	594,00	84,50	193,00	136,67	2,00	3,36
BP066	32	75,44	61,69	53,50	28,00	361,00	44,00	64,50	70,24	3,30	11,04
BP068	31	134,84	111,29	96,00	43,00	495,00	76,00	139,00	105,22	2,26	4,81
BP069	32	173,94	158,54	166,00	61,00	422,00	119,50	194,50	82,78	1,69	3,40
BP070	32	147,13	119,28	101,00	49,00	546,00	81,00	157,00	121,51	2,37	5,44
BP071	32	357,88	280,65	248,00	166,00	2474,00	236,00	277,00	446,51	4,23	18,14
BP072	32	188,34	122,11	98,50	53,00	1554,00	74,50	122,50	287,75	3,97	17,30
BP073	32	365,72	341,93	321,50	208,00	947,00	279,00	391,50	159,26	2,25	5,64
BP074	32	175,91	149,08	130,00	79,00	745,00	101,00	182,50	133,61	2,94	10,37
BP076	32	216,59	190,53	174,00	103,00	705,00	140,00	223,00	139,12	2,47	6,12
BP078	32	162,25	135,51	115,00	66,00	642,00	97,00	170,50	130,26	2,74	7,61
BP079	32	107,13	83,47	64,00	39,00	362,00	51,00	121,00	90,48	1,78	2,23
BP080	32	190,81	165,13	148,00	74,00	944,00	129,00	183,00	153,42	4,15	19,68
BP082	32	146,56	119,65	116,00	50,00	777,00	89,00	134,50	133,33	3,74	16,56
BP083	32	157,28	135,27	117,50	63,00	704,00	104,50	150,00	124,23	3,48	13,14
BP084	32	118,50	113,35	110,00	75,00	242,00	90,00	130,50	39,34	1,69	3,33
BP086	32	223,75	202,25	184,00	105,00	786,00	159,50	233,50	137,58	3,31	11,34
BP088	32	156,38	139,08	129,50	67,00	548,00	102,00	153,00	99,63	2,83	8,39
BP090	32	176,00	155,85	143,50	76,00	541,00	107,00	195,50	104,38	2,19	5,21
BP092	32	37,66	35,90	33,00	26,00	84,00	29,00	41,50	13,37	1,93	3,92
BP094	32	31,75	30,52	28,50	23,00	82,00	25,50	31,50	11,14	3,28	13,23
BP096	32	58,97	56,05	52,50	33,00	123,00	45,50	62,00	20,93	1,55	2,23
BP098	32	325,63	265,81	234,00	96,00	1066,00	174,50	429,50	243,31	1,86	3,03
BP099	30	112,30	90,82	78,00	55,00	481,00	69,00	90,00	107,73	2,97	8,04

Tabela II.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	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	21,28	21,20	21,15	18,10	27,00	19,75	22,15	2,01	1,22	2,34
BP024	32	23,17	22,95	23,35	17,00	29,90	20,10	25,40	3,21	0,08	-0,76
BP026	32	22,25	22,08	22,60	16,90	27,50	20,25	24,00	2,77	-0,05	-0,52
BP027	32	22,60	22,44	22,80	17,20	28,50	20,70	24,10	2,71	0,02	-0,26
BP029	32	24,32	24,08	24,00	18,30	33,00	21,50	26,35	3,50	0,48	0,24
BP032	32	22,94	22,77	23,35	17,00	29,20	20,70	24,60	2,82	-0,06	-0,24
BP036	32	23,60	23,47	23,65	17,90	27,40	21,90	25,35	2,47	-0,28	-0,52
BP066	32	23,11	22,96	23,35	16,40	27,90	20,95	25,05	2,65	-0,41	-0,05
BP068	31	24,30	24,14	24,60	17,80	30,20	22,00	26,50	2,86	-0,24	-0,28
BP069	32	25,27	25,04	25,50	20,20	35,20	22,45	27,90	3,53	0,68	0,49
BP070	32	24,83	24,65	24,85	19,80	30,60	22,25	26,85	2,99	0,03	-0,76
BP071	32	24,37	24,20	23,90	20,10	29,90	21,90	26,85	2,97	0,15	-1,15
BP072	32	24,73	24,54	24,80	18,80	30,50	22,50	27,35	3,15	-0,10	-0,86
BP073	32	23,92	23,77	24,25	19,50	30,70	21,85	25,95	2,69	0,23	-0,20
BP074	32	26,24	26,01	26,20	20,60	32,30	23,00	29,45	3,56	0,06	-1,15
BP076	32	24,56	24,33	25,20	18,00	30,50	21,80	27,25	3,38	-0,29	-0,87
BP078	32	26,25	26,04	26,50	20,30	31,00	23,30	28,80	3,26	-0,29	-1,11
BP079	32	23,22	23,01	23,65	18,10	31,20	20,70	24,50	3,23	0,56	0,45
BP080	32	23,60	23,43	24,30	17,50	30,70	21,45	24,75	2,86	0,27	0,47
BP082	32	24,91	24,75	25,15	20,00	30,50	22,40	26,85	2,80	-0,04	-0,77
BP083	32	25,20	25,02	25,65	20,00	30,90	22,70	27,90	3,01	-0,05	-1,10
BP084	32	23,05	22,88	23,40	18,10	30,60	20,30	24,95	2,87	0,40	-0,04
BP086	32	24,02	23,82	24,20	17,20	29,40	21,50	26,85	3,09	-0,17	-0,74
BP088	32	24,14	24,06	23,85	20,60	28,80	22,75	25,35	2,06	0,28	-0,42
BP090	32	23,74	23,51	23,50	17,90	30,60	20,80	26,05	3,31	0,17	-0,80
BP092	32	20,74	20,63	21,20	15,20	24,40	19,10	22,10	2,10	-0,72	0,19
BP094	32	20,50	20,40	21,15	15,00	23,10	18,95	22,10	2,00	-0,97	0,41
BP096	32	24,23	24,03	24,30	16,70	30,60	21,90	26,20	3,06	-0,19	0,30
BP098	32	23,30	23,11	24,00	16,90	29,20	21,15	25,40	3,00	-0,31	-0,46
BP099	30	24,99	24,85	25,05	19,70	29,40	22,90	26,90	2,61	-0,15	-0,94

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

Estação	Nº de dados	Média	Média Geométrica	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25%	Percentil 75%	Desvio Padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Curtose
BP022	32	10,22	9,25	9,53	4,21	33,00	6,83	12,20	5,31	2,60	10,31
BP024	32	51,83	31,27	26,05	7,20	245,00	13,05	58,10	63,69	2,26	4,46
BP026	32	70,28	32,51	27,45	5,92	602,00	12,70	45,65	120,33	3,38	12,77
BP027	32	127,26	42,63	29,60	10,40	1561,00	18,75	78,10	299,93	4,06	17,87
BP029	32	94,98	45,14	42,55	6,23	630,00	17,20	61,40	147,02	2,58	6,39
BP032	32	68,53	36,05	26,50	8,26	403,00	15,90	66,20	92,49	2,23	4,92
BP036	32	101,73	48,65	44,10	5,90	609,00	19,45	93,25	147,38	2,36	5,22
BP066	32	36,84	14,98	11,00	3,49	352,00	7,07	23,35	77,06	3,46	11,76
BP068	31	77,15	40,68	33,70	4,52	427,00	19,00	89,70	105,45	2,38	5,16
BP069	53	55,98	25,91	19,80	2,60	438,00	13,70	44,30	99,37	3,07	8,81
BP070	32	76,97	38,29	37,55	4,08	490,00	15,35	62,25	111,76	2,52	6,22
BP071	32	134,94	31,76	25,95	7,05	2512,00	15,70	38,45	460,94	4,87	24,69
BP072	32	130,14	34,83	29,55	4,30	1268,00	10,29	68,30	272,59	3,10	10,13
BP073	32	62,78	32,50	28,00	11,60	805,00	16,40	47,45	140,62	5,07	27,11
BP074	32	89,74	49,10	55,90	5,74	626,00	24,20	70,65	131,18	3,07	10,05
BP076	32	134,97	72,76	76,50	4,43	745,00	42,95	132,00	164,07	2,40	6,08
BP078	32	89,03	39,74	39,50	4,22	603,00	15,50	96,65	137,74	2,89	8,46
BP079	32	67,51	27,68	25,75	5,01	628,00	10,40	48,75	120,75	3,62	15,27
BP080	32	71,16	31,34	21,50	6,45	751,00	12,45	66,95	138,39	4,18	19,71
BP082	32	78,97	29,05	35,05	3,73	1010,00	11,75	55,00	180,59	4,74	24,42
BP083	32	88,63	47,19	41,60	7,63	775,00	21,60	89,70	142,62	3,95	18,01
BP084	32	28,64	23,12	18,50	11,10	93,20	14,50	38,00	22,28	1,81	2,72
BP086	32	41,39	20,88	13,75	5,14	390,00	9,78	50,80	70,88	4,12	19,71
BP088	32	29,56	14,97	12,40	2,40	276,00	7,58	23,35	51,37	3,92	17,67
BP090	32	90,90	60,89	55,95	15,70	483,00	29,90	109,00	98,47	2,53	7,53
BP092	32	4,92	3,50	3,37	0,99	29,00	1,98	6,09	5,31	3,30	13,62
BP094	32	4,22	3,10	2,52	1,42	20,30	1,91	4,19	4,56	2,77	7,50
BP096	32	12,53	9,71	8,53	3,31	47,80	5,89	17,35	10,35	1,97	4,16
BP098	32	60,54	25,93	16,90	6,86	388,00	10,45	49,15	101,57	2,36	4,31
BP099	30	57,70	14,80	13,95	1,01	546,00	3,97	26,00	133,31	3,21	9,64

Figura II.1. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

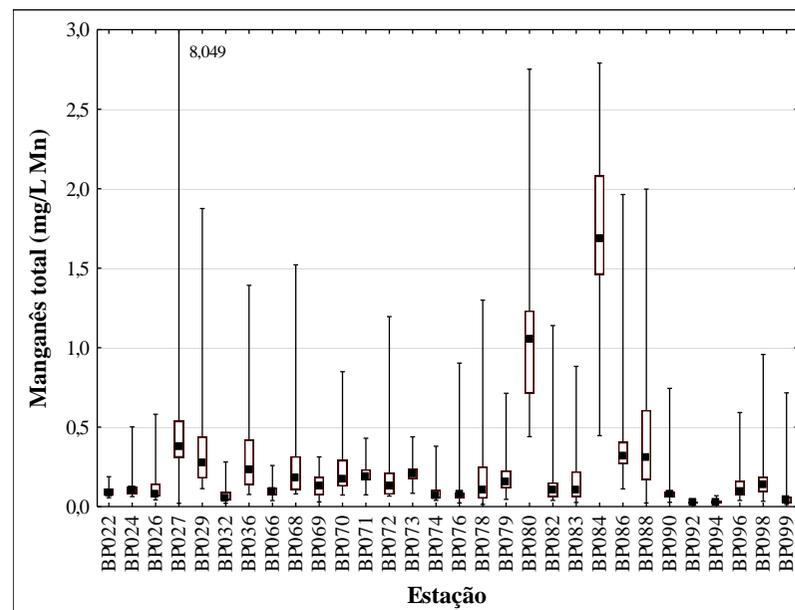
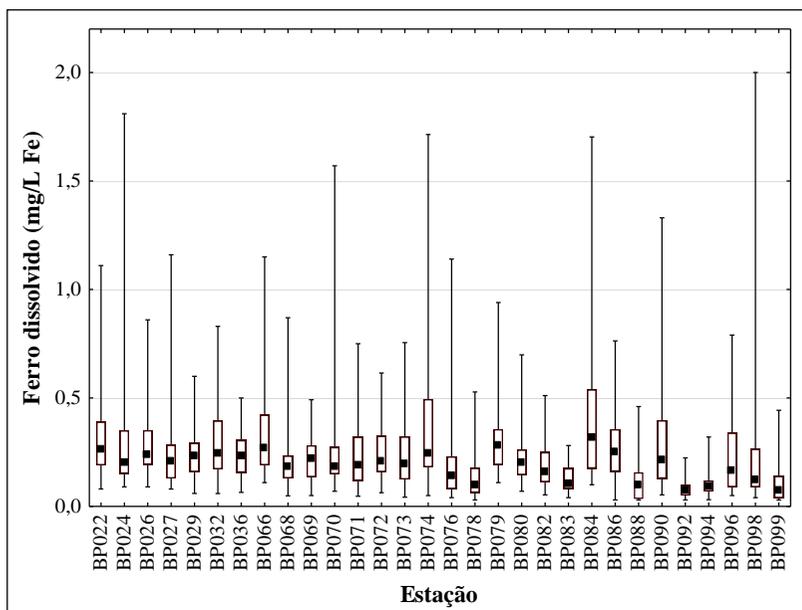
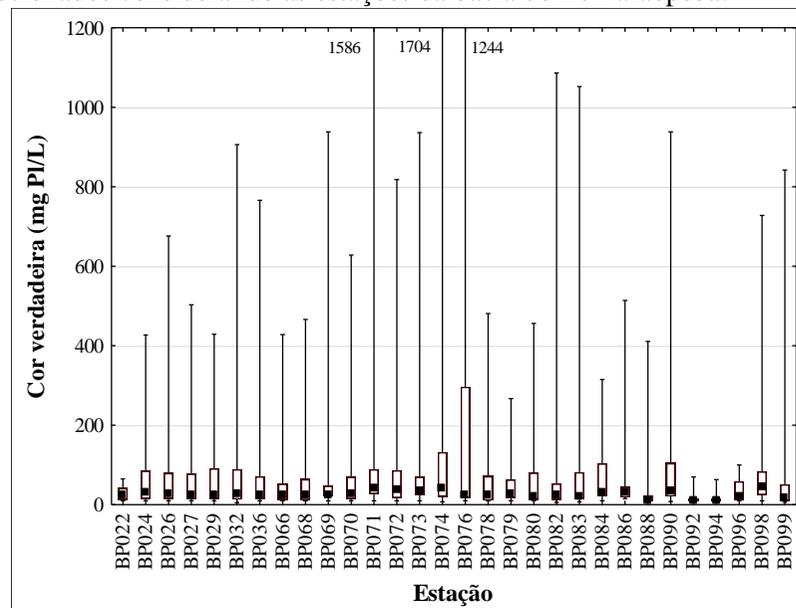
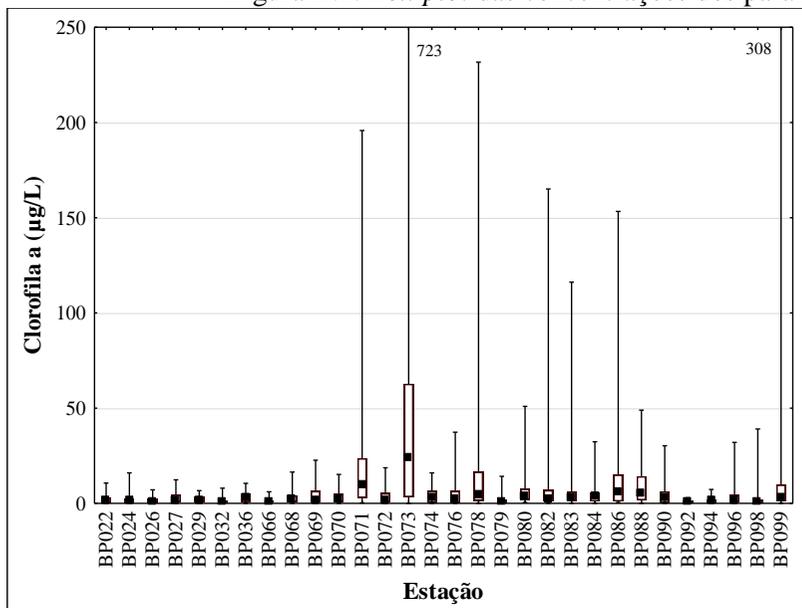


Figura II.1. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados considerando as estações da bacia do rio Paraopeba (Continuação).

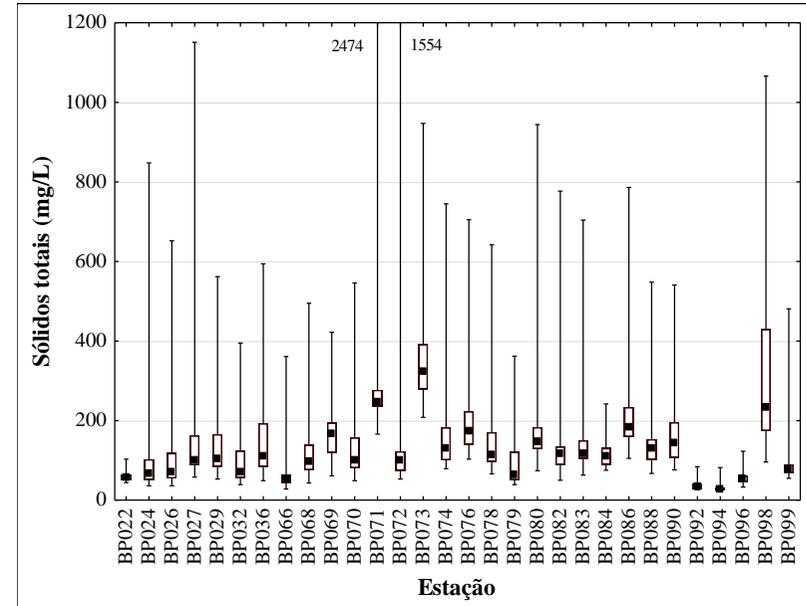
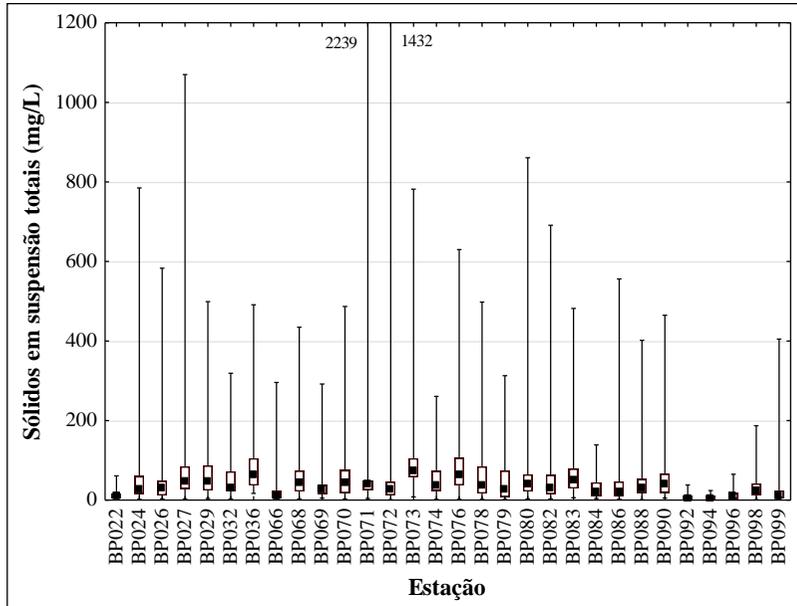
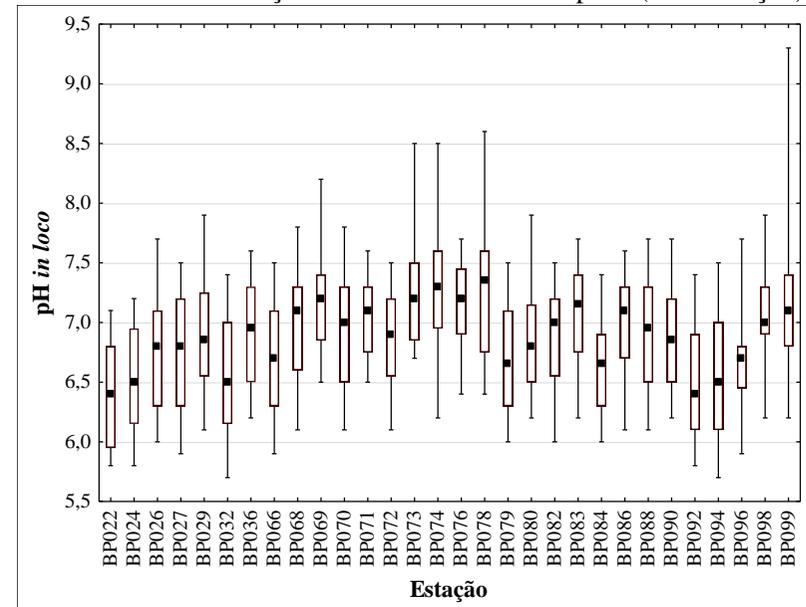
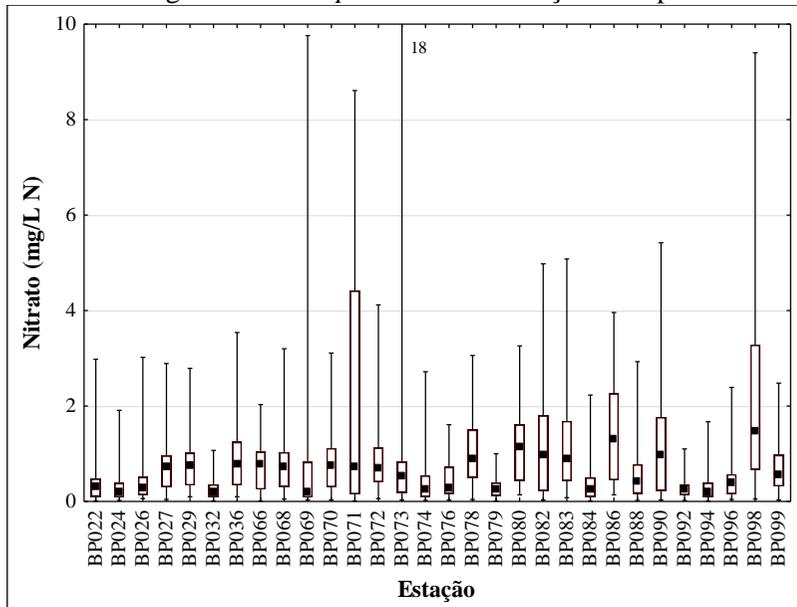
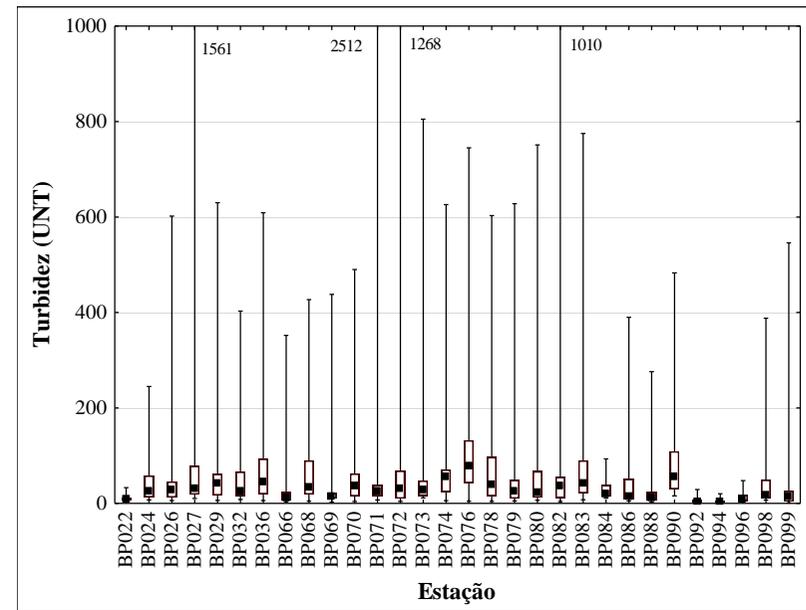
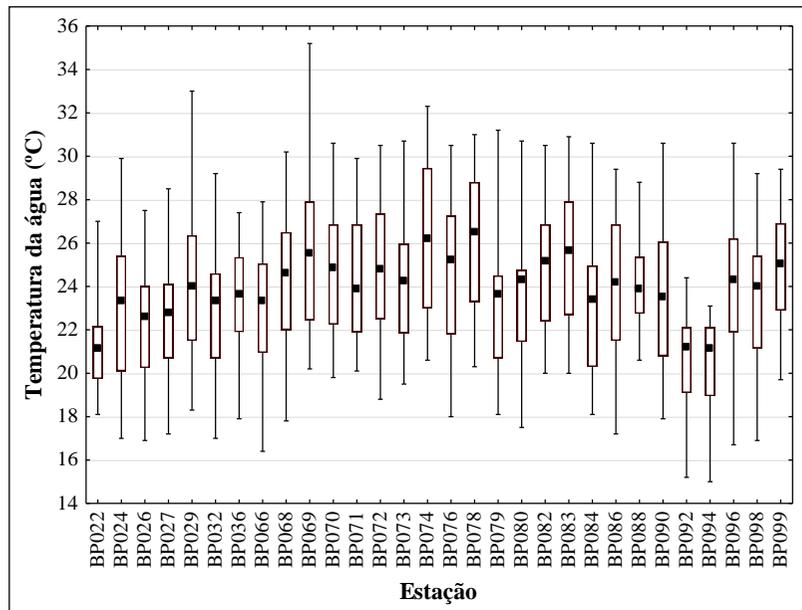


Figura II.1. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros selecionados considerando as estações da bacia do rio Paraopeba (Continuação).



75%  
 25%
  Max  
 Min
  Mediana

Tabela II.20 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro cloreto total, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	↑	↑	↑	↑	=	=	=	=	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.21 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro clorofila *a*, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	↓	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	=	=	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.22 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro clorofila *a*, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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	
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	=	↓	↓	=	=	↓	=	=	=	↑	=	↑	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	↑	=	↓	↓	=	↑	↓	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.23 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro cor verdadeira, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.24 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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	
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	↑	=	↑	=	=	=	=	↑	=	=	↑	↑	=	=	=	=	=	↑	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.25 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro demanda química de oxigênio, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	↑	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	↑	=	=	=	=	=	=

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.26 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro ferro dissolvido, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	↑	↑	↑	=	↑	↑	↑	↑	=	=	=	=	↑	=	↑	=	=	↑	=	=	=	↑	↑	=	↑	=	=	=	=	=

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.27 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro fósforo total, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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	
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	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	=	=	=	↑	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.28 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro indicador microbiológico, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	↑	↑	↑	↑	=	=	=	=	=	↑	↑	↑	=	↑	↑	=	=	=	↑	=	↑	↑	=	=	=	=	↑	=	=	=

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.29 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro manganês total, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	↑	↑	=	↑	=	↑	=	↑	↑	↑	↑	=	=	=	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	=	=	=	=	↑	↓

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.30 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro nitrato, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.31 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro nitrogênio amoniacal total, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	↑	↑	↑	=	=	=	=	↑	=	=	↑	↑	↑	=	=	=	=	↑	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.32 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro nitrogênio orgânico, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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		
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	↑	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=	=

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.33 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro oxigênio dissolvido, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	=	↓	=	↓	=	=	=	=	↓	=	=	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.34 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro pH *in loco*, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	↓	↓	=	=	=	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	↓	=	=	=

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.35 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro sólidos em suspensão totais, após diferença indicada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	↑	↑	=	↑	=	↑	=	=	=	=	↑	=	↑	=	=	=	=	=	↑	=	=	=	=	=	=	=	=

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.36 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro sólidos totais, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	=	↑	=	↑	=	↑	=	=	↑	=	=	=	↑	=	=	↓	↓	=	↑	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.37 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro temperatura da água, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	↓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↓	↓	=	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)

Tabela II.38 - Resultado do teste de comparações múltiplas para o parâmetro turbidez, após diferença indicada pelo teste de Kruskal- Wallis ( $p < 0,05$ ), considerando as estações da bacia do rio Paraopeba.

Estação	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
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	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	↑	=	=	=	=	=	=	=	=	=	↑	↓	↓	=	=	

= Grupo em itálico (acima) não se difere significativamente do grupo em negrito (à esquerda)

↑ Grupo em itálico (acima) significativamente maior que o grupo em negrito (à esquerda)

↓ Grupo em itálico (acima) significativamente menor que o grupo em negrito (à esquerda)