

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

VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E
QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA
BACIA DO RIO DAS VELHAS-MG E SUA
ASSOCIAÇÃO COM AS FLORAÇÕES DE
CIANOACTÉRIAS

Bárbara Fernanda de Melo Jardim

Belo Horizonte

2011

**VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E
QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA
DO RIO DAS VELHAS-MG E SUA ASSOCIAÇÃO
COM AS FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS**

Bárbara Fernanda de Melo Jardim

Bárbara Fernanda de Melo Jardim

**VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E
QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA
DO RIO DAS VELHAS-MG E SUA ASSOCIAÇÃO
COM AS FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS**

Dissertação 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: Saneamento

Linha de pesquisa: Avaliação e gerenciamento de impactos e de riscos ambientais

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira

Co-orientadora: Lenora Ludolf Gomes

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2011

J37v

Jardim, Bárbara Fernanda de Melo.

Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas-MG e sua associação com as florações de cianobactérias [manuscrito] / Bárbara Fernanda de Melo Jardim. – 2011. 113 f., enc. : il.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.
Co-orientadora: Leonora Ludolf Gomes.

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

Anexos: f.77-113
Bibliografia: f. 70-76

1. Saneamento – Teses. 2. Cianobactéria – Teses. I. Oliveira, Sílvia Maria Alves Corrêa. II. Gomes, Lenora Ludolf. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. VI. Título.

CDU: 628(043)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e luz que me acompanham sempre.

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais pelo exemplo de dedicação e amor incondicional, me apoiando em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis.

À minha orientadora Sílvia Maria Corrêa Oliveira e à minha co-orientadora Lenora Ludolf Gomes, pelo incentivo, dedicação e ensinamentos que foram essenciais ao desenvolvimento desta dissertação.

Ao programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade.

Ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas pela disponibilização dos dados, sem os quais seria impossível realizar esta dissertação.

Às amigas do CETEC, pelo companheirismo, auxílio e apoio indispensáveis à execução deste trabalho.

Agradeço a todos os meus verdadeiros amigos em especial a Rafa e Rê, por estarem sempre presentes na minha vida.

A todas as pessoas que, de alguma maneira, me ajudaram e que, por falha, tenha esquecido de mencionar.

RESUMO

A bacia do rio das Velhas se localiza na região central do estado de Minas Gerais, drena uma área de 29.173 km² e está inserida na mesorregião metropolitana, abrangendo um total de 51 sedes municipais. A ocorrência de florações de cianobactérias na água do rio das Velhas começou a ser observada a partir do período estival do ano de 2007, comprometendo os usos da água e representando riscos à saúde pública. O objetivo desta pesquisa foi investigar a influência dos fatores físicos, químicos e bióticos na ocorrência destas florações em 16 estações de amostragem do rio das Velhas, utilizando fonte de dados secundários de monitoramento disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), no período de janeiro de 1998 a outubro de 2010. Primeiramente foi realizada uma análise de agrupamentos numa tentativa de evidenciar os pontos de monitoramento similares, considerando as características limnológicas e sanitárias das estações de amostragem. Como ferramenta de apoio para a interpretação dos resultados obtidos na análise de agrupamentos foram apresentados gráficos “box-whisker” confeccionados após a aplicação de testes estatísticos de hipóteses. Nesta análise ficou evidente a interferência dos usos e ocupação do solo da bacia, que resultou na definição de três agrupamentos. Para as estações de monitoramento que apresentaram um número de células de cianobactérias acima de 20.000 cel/mL foi efetuada uma análise de componentes principais para avaliar a associação entre as variáveis, uma vez que este método evidencia a participação individual dos parâmetros em vários fatores de influência. Posteriormente foi calculada a matriz de correlação de Spearman utilizando todos os parâmetros analisados para cada estação de amostragem, sendo que os resultados que apresentaram correlação significativa foram expressos por análises gráficas de séries temporais representando evolução destes parâmetros, relacionando-os com a densidade de cianobactérias. De maneira geral, os parâmetros que mais se correlacionaram positivamente com a densidade de cianobactérias foram: oxigênio dissolvido, pH e clorofila-*a* e os únicos parâmetros em que foi verificada uma correlação negativa com a densidade de cianobactérias foram a turbidez e os sólidos suspensos totais, que são indicativos das características físicas da água. Após calculada a matriz de correlação foi utilizado um teste estatístico para a verificação de diferenças significativas entre as concentrações medidas nos períodos seco e chuvoso. Os resultados deste estudo demonstram que os parâmetros que influenciam a densidade de cianobactérias sofrem interferências da sazonalidade e também apontam a necessidade de se revisar quais são os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas.

ABSTRACT

Velhas river's basin is located in the Minas Gerais central state, drains an area of 29,173 km² and is part of the metropolitan area, covering a total of 51 municipal seats. The occurrence of cyanobacteria blooms in the Velhas river began to be observed from the rainy period of 2007, affecting water use and representing a public health risk. The objective of this research was to investigate the influence of the physical, chemical and biotic factors in the occurrence of these blooms in sixteen sampling stations in the Velhas river, using secondary data monitoring provided by IGAM (state agency that manages water) during January 1998 to October 2010. A cluster analysis was performed in an attempt to highlight the groups of similar points of monitoring, considering the limnological characteristics of sampling stations. As a support tool for the interpretation of results obtained in cluster analysis were presented graphs "box-plot" made after the application of Kruskal-Wallis ANOVA and median with an level of significance α of 5%. In this analysis it was evident the interference of the uses and occupation of the basin, which resulted in the definition of three groups. For monitoring stations that showed a number of cells of cyanobacteria over 20.000 (considered a threshold value for cyanotoxins analysis) a principal component analysis was made in an attempt to explain the main trends in the variation of water quality. Subsequently we calculated the Spearman correlation matrix using all the parameters analyzed for each of these sampling stations. The results that were significantly correlated were expressed by means of graphical analysis of time series representing the evolution of these parameters, linking them with density of cyanobacteria. In general, the parameters that best correlated with the density of cyanobacteria were: dissolved oxygen, pH and chlorophyll-a and the only parameters with a negative correlation with the density of cyanobacteria were turbidity and total suspended solids, that are indicative of the physical characteristics of water. After calculating the correlation matrix the nonparametric Mann-Whitney test was used for the verification of significant differences between the concentrations measured during the dry and rainy seasons considering the significance level α of 5%,. The results of this study demonstrate that the parameters affecting the density of cyanobacteria suffer interference of seasonality and also indicate the need to revise what are the relevant parameters for assessing water quality.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3	REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1	RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE DA ÁGUA	4
3.2	OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS EM AMBIENTES LÓTICOS	5
3.3	ESTUDOS NO BRASIL E NO MUNDO	8
3.4	IMPACTOS NA BACIA DO RIO DAS VELHAS	9
4	MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1	ÁREA DE ESTUDO	12
4.2	ORIGEM DOS DADOS	16
4.2.1	<i>Parâmetros físicos, químicos e biológicos</i>	18
4.3	TRATAMENTO ESTATÍSTICO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DADOS	18
4.3.1	<i>Análise preliminar dos parâmetros monitorados nas estações de amostragem</i>	18
4.3.2	<i>Avaliação comparativa entre as estações de amostragem</i>	20
4.3.3	<i>Avaliação das estações de amostragem com presença de cianobactérias</i>	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1	ANÁLISE PRELIMINAR DOS PARÂMETROS MONITORADOS NAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM	23
5.2	AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM	24
5.2.1	<i>Análise de agrupamentos</i>	26
5.2.2	<i>Agrupamento G1</i>	39
5.2.3	<i>Agrupamento G2</i>	42
5.2.4	<i>Agrupamento G3</i>	44
5.3	AVALIAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM QUE APRESENTARAM FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS	48
5.3.1	<i>Análise de componentes principais</i>	48
5.3.2	<i>Análise dos parâmetros bióticos e abióticos monitorados nas estações de amostragem que apresentaram florações de cianobactérias</i>	51
5.3.2.1	BV156	51
5.3.2.2	BV141	52
5.3.2.3	BV142	54
5.3.2.4	BV152	56
5.3.2.5	BV146	57
5.3.2.6	BV148	59
5.3.2.7	BV149	61
5.3.3	<i>Análise da sazonalidade dos parâmetros bióticos e abióticos monitorados nas estações de amostragem que apresentaram florações de cianobactérias</i>	63
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	69
	REFERÊNCIAS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: Divisão em trechos da bacia do rio das Velhas.	13
Figura 4.2: Mapa representando as classes de uso e cobertura do solo na área ocupada pela bacia do rio das Velhas (Fonte: SANTOS, 2005).	15
Figura 4.3: Mapa representando as estações de monitoramento na bacia do rio das Velhas abordadas neste estudo (Fonte: adaptado de IGAM, 2007).....	17
Figura 5.1: Densidade de cianobactérias na água do rio das Velhas entre outubro de 2007 e setembro de 2010.	24
Figura 5.2: Densidade de cianobactérias na água do rio das Velhas, nos trechos de alto, médio e baixo curso entre outubro de 2007 e setembro de 2010	25
Figura 5.3: Dendograma das estações de amostragem distribuídas ao longo do curso do rio das Velhas, mostrando as estações de amostragem com características semelhantes.....	27
Figura 5.4: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010	30
Figura 5.5: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010	31
Figura 5.6: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010	32
Figura 5.7: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010	34
Figura 5.8: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.	35
Figura 5.9: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.	37
Figura 5.10: Hidrograma de vazão média anual e precipitação média no período de janeiro de 1970 a 2007. (FONTE: EUCLYDES <i>et al.</i> , 2007).	38
Figura 5.11: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G1 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.	40

Figura 5.12: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G1 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.....	41
Figura 5.13: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G2 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.....	42
Figura 5.14: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G2 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.....	43
Figura 5.15: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.....	44
Figura 5.16: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.....	45
Figura 5.17: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.....	46
Figura 5.18: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.....	47
Figura 5.19: Gráfico de autovalor para a determinação de componentes principais pelo critério do teste <i>scree</i> nas estações de monitoramento que apresentaram florações de cianobactérias.	49
Figura 5.20: Ordenação (ACP) dos parâmetros analisados nas estações de monitoramento que apresentaram florações de cianobactérias no rio das Velhas-MG.....	50
Figura 5.21: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro nitrato que apresentou correlação positiva na matriz de correlação de Spearman na estação BV156.....	51
Figura 5.22: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias relacionada aos parâmetros turbidez e condutividade elétrica que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV141.	52
Figura 5.23: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros oxigênio dissolvido, pH e cloretos que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV141.	53
Figura 5.24: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros nitrato e clorofila- <i>a</i> , que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV141.	54

Figura 5.25: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros oxigênio dissolvido, pH e DBO que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV142.	55
Figura 5.26: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro clorofila- <i>a</i> , que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV142.	56
Figura 5.27: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro oxigênio dissolvido, que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV152.	56
Figura 5.28: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros pH e DBO e clorofila- <i>a</i> , que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV152.	57
Figura 5.29: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros oxigênio dissolvido, DBO e pH, que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV146.	58
Figura 5.30: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros cloretos e clorofila- <i>a</i> , que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV146.	59
Figura 5.31: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros condutividade elétrica, OD e pH que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV148.	60
Figura 5.32: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro clorofila- <i>a</i> , que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV148.	61
Figura 5.33: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro sólidos suspensos totais, que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV149.	61
Figura 5.34: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros OD, pH e clorofila- <i>a</i> , que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV149.	62
Figura 5.35: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.	64
Figura 5.36: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.	65
Figura 5.37: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.	66

Figura 5.38: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%. 66

Figura 5.39: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%. 67

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 5.1- Resultado do teste estatístico de Kruskal-Wallis que indicou diferenças significativas entre os grupos de estações de amostragem analisados, ao nível de significância de 5%.....	28
Tabela 4.1- Características gerais da bacia do rio das Velhas.....	12
Tabela 4.2- Descrição e localização das estações de monitoramento de água da bacia do rio das Velhas (IGAM, 2008).	16
Tabela 4.3- Parâmetros físicos, químicos e biológicos avaliados no rio das Velhas.....	18
Tabela 4.4- Metodologias de análise dos parâmetros avaliados no rio das Velhas.....	18
Tabela 5.1: Carga fatorial dos parâmetros nos quatro componentes principais mais significativos para as estações de monitoramento analisadas.	49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACP	Análise de Componentes Principais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIANO	Densidade de Cianobactérias
Cl	Cloretos
Cl- <i>a</i>	Clorofila- <i>a</i>
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONDUT.	Condutividade Elétrica
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CP	Componentes Principais
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
MS	Ministério da Saúde
NO ₃ ⁻	Nitrato
N-AMON.	Nitrogênio amoniacal
N-ORG.	Nitrogênio orgânico
OD	Oxigênio dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PT	Fósforo Total
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SST	Sólidos Suspensos Totais
TEMP	Temperatura da água
TURB	Turbidez

1 INTRODUÇÃO

Os rios são ecossistemas que abrigam grande parte da biodiversidade do planeta, desempenhando um papel fundamental nos ciclos biogeoquímicos e prestação de serviços essenciais à humanidade. A maioria das civilizações se desenvolveu nas proximidades dos grandes rios, que serviam como canais de comunicação e alternativa para subsistência. Ainda hoje, os rios têm uma enorme importância estratégica e econômica, pois são usados para fins essenciais à vida humana como abastecimento de água, geração de energia hidrelétrica, fonte da pesca comercial, ou também como atração turística em torno da qual se desenvolve grande parte da economia local.

Nas últimas décadas, o aumento da carga orgânica e mineral na água de rios, represas e lagos, oriunda principalmente de esgotos domésticos e solos fertilizados, vem favorecendo o desenvolvimento de florações de espécies do fitoplâncton, especialmente de cianobactérias. Estas florações implicam em risco potencial à saúde humana, pois estas podem produzir toxinas e as florações podem comprometer os usos da água para abastecimento público, agricultura, pesca e recreação.

De acordo com evidências fósseis, as cianobactérias, junto com outras bactérias, foram os primeiros microrganismos fotossintetizantes. São dotadas de grande plasticidade fenotípica e ecológica, com possibilidades de adaptação aos mais diversos ambientes e regiões, sendo consideradas cosmopolitas por possuírem ampla valência ecológica.

A utilização de espécies de fitoplâncton para a avaliação da qualidade de água tem sido descrita em diversos trabalhos (ROLLA *et al.*, 1992; MATSUZAKI *et al.*, 2004; GOMES, 2008), indicando alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas da água.

A estrutura e a dinâmica espacial e sazonal do fitoplâncton em rios geralmente são influenciadas pelos mesmos fatores que atuam em lagos (temperatura, luz, pH, concentração de nutrientes, competição, dentre outros) e as variações que ocorrem com esta comunidade nos ecossistemas aquáticos são conseqüências das interações ocorrentes entre os fatores bióticos e abióticos (MOURA *et al.* 2007).

A ocorrência de florações de cianobactérias na água dos rios que compõem a bacia do rio das Velhas começou a ser observada a partir do período estival do ano de 2007, sendo que este

grupo vem alternando seu predomínio em conjunto com outros grupos do fitoplâncton, como as clorofíceas e diatomáceas.

Neste trabalho foi realizada a análise de dados secundários disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), no período de janeiro de 1998 a outubro de 2010 em dezesseis estações de monitoramento localizadas no curso principal do rio das Velhas, foi possível avaliar a variação dos fatores bióticos e abióticos do meio, associando-os com crescimento exagerado de cianobactérias no rio das Velhas.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral desta pesquisa é investigar a influência de fatores físicos, químicos e bióticos na ocorrência de florações de cianobactérias no rio das Velhas, utilizando fonte de dados secundários de monitoramento.

2.2 *Objetivos específicos*

- avaliar comparativamente as estações de amostragem monitoradas no rio das Velhas, associando-as com os usos do solo na área da bacia;
- correlacionar as variações temporais da densidade de cianobactérias com os parâmetros físicos, químicos e biológicos em estudo;
- investigar a influência da sazonalidade nos parâmetros físicos e químicos das estações de amostragem que apresentaram florações de cianobactérias durante o período de monitoramento.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Recursos hídricos e qualidade da água

A qualidade da água é representada por um conjunto de características intrínsecas, geralmente mensuráveis. O conjunto de todos os elementos que a compõe assegura determinado uso ou o conjunto de usos, bem como permite o estabelecimento de padrões de qualidade e classificação da água (DERISIO, 2000).

As pesquisas destinadas a analisar a qualidade da água estão focadas principalmente nas águas superficiais, pois estas são as principais fontes de abastecimento, recreação, agricultura e paisagismo (PEIXOTO *et al.*, 2003). A qualidade destas águas superficiais constitui um importante fator no diagnóstico da bacia hidrográfica e atua como um parâmetro indicador dos impactos do uso e ocupação do solo (MARGALEF, 1983).

A contaminação das águas superficiais por rejeitos oriundos das atividades humanas, tem sido um dos maiores fatores de risco para a saúde humana, especialmente em regiões com condições inadequadas de saneamento e suprimento de água. (MINISTÉRIO DA SAÚDE/FUNASA, 2003).

A entrada destes poluentes nos corpos hídricos altera os diversos componentes presentes na água, promovendo modificações em suas características físicas, químicas e biológicas. A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), estabelece limites aceitáveis para diversos parâmetros na água, classificando o corpo hídrico de acordo com o seu uso. A classificação padroniza os corpos d'água e permite o estabelecimento de metas para se atingir o nível de qualidade desejada.

Na Portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) estão estabelecidos os limites aceitáveis para os parâmetros relacionados ao padrão de potabilidade. Esta portaria fixa normas, procedimentos e recomendações relativas ao controle da qualidade da água para abastecimento humano.

Dentre as águas superficiais se encontram os ecossistemas lóticos e os ecossistemas lênticos, sendo que as principais diferenças entre estes ambientes incluem: existência, em ambientes lóticos, de um fluxo contínuo unidirecional; ausência de estratificação térmica e fluxo mais intenso de materiais e nutrientes (ROUND, 1965).

Os ambientes lóticos são caracterizados por possuírem alto nível de heterogeneidade espacial (diferenças de profundidade e velocidade do fluxo) e temporal (variações das condições climáticas), fornecendo um habitat que difere dos ambientes lênticos, pois estão sujeitos às mudanças ao longo de seu percurso, associadas com as propriedades físicas e químicas do ambiente. Desta forma, ambientes lóticos formam um mosaico de habitats característicos, onde são encontradas espécies tipicamente adaptadas a eles (ROUND, 1965).

Desta forma, as características dos sistemas lóticos estão intimamente ligadas à natureza da bacia de drenagem e as propriedades físicas, químicas e biológicas destes ambientes refletem as características da geologia, da vegetação, da ação antrópica e do declive do leito (HORNE & GOLDMAN, 1994).

Almeida e Schwartzbold (2003) observam dois fatores relevantes que interferem na qualidade da água de um rio: o espacial e o sazonal. O fator espacial está associado à localização geográfica dos usos impactantes como as áreas agrícolas, indústrias e centros urbanos. Já o fator sazonal está associado às variações de pluviosidade e vazão, que interferem em variáveis como pH, turbidez, sólidos totais e em suspensão. A intensidade das alterações no solo e na água tem sua magnitude e abrangência reguladas pelo tipo de atividade desenvolvida e pela forma como é conduzida.

Wunderlin e Pesce (2000). e Wunderlin *et al.* (2001) estudaram o rio Suquia em Córdoba, avaliando as variações de parâmetros físicos e químicos em escala espacial e temporal, verificando a influência dos usos e ocupação do solo na bacia deste rio sob a qualidade da água.

Simenov *et al.* (2004) aplicaram diferentes abordagens de estatísticas multivariadas para a interpretação de um banco de dados extenso de um programa de 3 anos de monitoramento das águas superficiais no norte da Grécia, englobando os principais rios, seus tributários e alguns córregos. Técnicas de estatística multivariada também foram aplicadas por Singh *et al.* (2004) para a avaliação da qualidade da água do rio Gomti, situado no norte da Índia.

3.2 Ocorrência de cianobactérias em ambientes lóticos

Os impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos favorecem a ocorrência de acelerados processos de eutrofização, causando um enriquecimento artificial desses ecossistemas pelo aumento das concentrações de nutrientes na água, que resulta num aumento dos processos

naturais da produção biológica em rios, lagos e reservatórios (MINISTÉRIO DA SAÚDE/FUNASA, 2003).

Por definição, a eutrofização nos ecossistemas aquáticos continentais e marinhos, é o resultado do enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que são despejados de forma dissolvida ou particulada em lagos, represas e rios, sendo então transformados em matéria viva pelo metabolismo dos vegetais (ESTEVES, 1998).

Os rios estão sujeitos a processos de eutrofização e contaminação da água, assim como ocorre nos lagos, sendo que a característica mais indicativa da ocorrência destes processos está associada ao crescimento exagerado de cianobactérias, das quais diversas espécies podem ser tóxicas. Apesar da ocorrência de florações não ser típica de ambientes lóticos, o excesso de nutrientes e a redução de vazão podem causar estes eventos em rios (FABBRO E DUIVENVOORDEN, 1996).

As cianobactérias são microrganismos procarióticos, aeróbicos e fotoautotróficos e despertam grande interesse dentro do grupo dos organismos aquáticos por possuírem distribuição cosmopolita, elevado número de espécies tóxicas e capacidade de formar florações que, por sua vez, representam um problema para a qualidade da água em todo o mundo (WERNER, 2002).

Em condições naturais as cianobactérias convivem de forma equilibrada com os demais grupos de organismos aquáticos, porém o aumento da carga de nutrientes no sistema pode resultar em um crescente aumento da dominância das cianobactérias. Desta forma, associadas aos parâmetros físicos e químicos da água, as cianobactérias passam a atuar como indicadoras de poluição do ambiente aquático (DEBERT, 2004).

A distribuição e a proliferação das cianobactérias são comumente influenciadas por diversos fatores, tais como concentração de nutrientes, relação estequiométrica entre as concentrações de nitrogênio/fósforo, intensidade de luz, temperatura, concentração de oxigênio dissolvido, pH, herbivoria e estabilidade da coluna d'água, podendo estes parâmetros agirem sinérgica e antagonicamente. Condições climáticas também podem favorecer a ocorrência de florações; no entanto, a carência de experimentos em larga escala tem limitado as afirmações sobre os efeitos destes fatores (PAERL, 2008).

Desta forma, as florações de cianobactérias são o resultado da interação de fatores físicos, químicos e bióticos, caracterizadas por um crescimento explosivo, que podem causar gosto e

odor desagradáveis na água, além de alterar o equilíbrio ecológico do ecossistema aquático. Entretanto, o maior problema associado a estas florações é a produção de toxinas que podem ser liberadas na água, ocasionando inúmeros problemas de saúde pública (MATSUZAKI *et al.*, 2004).

De acordo com FUNASA (2003), cerca de 50% das florações de cianobactérias testadas em diferentes países mostraram-se tóxicas em bioensaios. No Brasil, estudos realizados no laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactérias da Universidade Federal do Rio de Janeiro confirmaram que aproximadamente 82% das cepas isoladas pelo laboratório apresentaram toxicidade quando testadas em bioensaios ou em análises químicas, sendo 9,7% do tipo neurotóxicas enquanto as demais foram do tipo hepatotóxicas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera que o limite máximo aceitável para a concentração da cianotoxina microcistina na água potável é de $1 \mu\text{g.L}^{-1}$ (GUIDELINE FOR DRINKING WATER QUALITY, 2004). Este mesmo valor foi adotado na legislação brasileira na Portaria 518 do MS.

Com relação à cilindrospermopsina em águas para consumo humano, Chorus e Bartram (1999) acreditam não haver dados suficientes para estabelecer um limite máximo aceitável, porém estudos toxicológicos realizados por Shaw *et al.* (2000) sugerem um limite máximo aceitável de $15 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo este valor inserido na Portaria 518 do MS. Embora, não se tenha comprovação científica da presença desta cianotoxina em águas brasileiras, de acordo com estudos realizados na Austrália, este valor tende a ser reduzido para $1 \mu\text{g.L}^{-1}$ (HUMPAGE e FALCONER, 2003).

Para as saxitoxinas, um estudo desenvolvido na Austrália demonstrou que, para o consumo de água potável, o limite máximo seria de $3 \mu\text{g.L}^{-1}$ (FITZGERALD *et al.*, 1999). Este limite também foi inserido na Portaria 518 do MS.

Por este motivo, as florações de cianobactérias devem ser monitoradas, principalmente em mananciais e reservatórios, por meio de contagens do número de células ou indivíduos. mL^{-1} , representando uma medida de densidade. De acordo com a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), a densidade de cianobactérias é um parâmetro biológico a ser analisado na avaliação da qualidade de um corpo hídrico.

A Portaria 518 do MS (BRASIL, 2004) estabelece o monitoramento mensal na captação de água de um manancial quando o número de cianobactérias varia entre 0 e $10.000 \text{cél.mL}^{-1}$

(nível de vigilância). Caso o valor de densidade alcance o patamar de $20.000 \text{ céL.mL}^{-1}$, o monitoramento deve passar a ser semanal, pois nesse caso, as células de cianobactérias, após a lise, já podem liberar uma concentração de cianotoxinas prejudicial a saúde humana. Se o valor da densidade for igual ou superior a $100.000 \text{ céL.mL}^{-1}$, a floração já está estabelecida e pode causar sérios problemas à qualidade da água e à saúde humana. Estes valores foram determinados a partir de diferentes pesquisas e são estimados de acordo com a concentração de cianotoxinas (microcistinas) produzidas por células. Desta forma, se torna necessária a tomada de várias medidas diferenciadas tanto no manejo como no tratamento da água, além do monitoramento e a prevenção de risco à saúde humana.

Registros de intoxicações humanas por cianotoxinas têm sido documentados em diversos países do mundo e no Brasil, sendo que o primeiro registro no mundo de mortes humanas causadas por cianotoxinas ocorreu em uma clínica de hemodiálise em Caruaru (PE), onde 131 pacientes sofreram intoxicação e destes, 76 faleceram com sintomas de hepatotoxicose, devido à presença de toxinas de cianobactérias na água utilizada para a diálise (CHARMICHEL *et al.*, 2001, AZEVEDO *et al.*, 2002, MOLICA *et al.*, 2002).

3.3 Estudos no Brasil e no mundo

Florações de cianobactérias em rios já foram citadas na literatura em algumas regiões do mundo, como no caso do rio Lot na França (CAPBLANC E DAUTA, 1978), rio Potomac nos Estados Unidos em 1983 (KROGMANN *et al.*, 1986) e no rio Bure na Inglaterra (MOSS *et al.*, 1984), causando sérios problemas na qualidade da água. Em agosto de 1983 foi detectada uma floração no rio Potomac, nos Estados Unidos da cianobactéria *Microcystis aeruginosa* e as causas desta floração estavam ligadas ao baixo fluxo da água do rio e a descarga de esgotos domésticos sem tratamento no leito deste rio (KROGMANN *et al.*, 1986).

Na Austrália, florações de cianobactérias ocorrem nas águas superficiais desde o final do século 19. Ao longo das décadas de 1970 e 1980 foram verificadas florações persistentes no estuário de Peel-Harvey. Porém em 1991, uma intensa floração descrita por Bowling e Baker da cianobactéria tóxica *Anabaena circinalis* (atualmente *Dolichospermum circinalis*) despertou a atenção mundial, pois permaneceu por quase 1000 km do rio Darling. De acordo com estes autores, esta cianobactéria estava presente em concentrações próximas de 500.000 células por mililitro em algumas localidades durante o mês de novembro. As causas desta floração estavam ligadas ao baixo fluxo da água, somado à alta concentração de nutrientes. Também foram registradas elevadas temperaturas da água bem como um pH mais alcalino.

No Brasil, vem crescendo o número de registros de florações de cianobactérias, principalmente em reservatórios de abastecimento de água potável ou na geração de energia. Como exemplo, os registros de florações nos principais reservatórios de São Paulo, Guarapiranga (BEYRUTH, 2000; CARVALHO *et al.* 2007; SANT' ANNA *et al.* 2007), Barra Bonita (CALIJURI *et al.* 2002; ROCHA 2005; ROCHA & DELLAMANO-OLIVEIRA, 2007) e Billings (CARVALHO *et al.* 2007; SANT' ANNA *et al.* 2007). Bouvy *et al.*, (2000) e Molica *et al.*, (2002) registraram a ocorrência de constantes florações no reservatório de Itapacurá, principal reservatório de abastecimento do estado de Pernambuco. Na região sul Salomon. (1999) estudou a ocorrência, distribuição e a toxicidade de cianobactérias no estuário da Lagoa dos Patos. Já Freire e Bollman (2003) constataram seguidas florações ocorridas na bacia hidrográfica do Iraí, região metropolitana de Curitiba.

Em Minas Gerais, a desativação da estação de tratamento de água da Copasa, no reservatório da Pampulha em 1980, ocorreu devido às constantes florações de *Microcystis* sp. (GIANI, 1994; FIGUEREDO & GIANI, 2000). Além disto, Jardim *et al.* (2000) verificaram a ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas em vários mananciais operados pela COPASA, tornando evidente a necessidade de se manter um programa de monitoramento para os ambientes aquáticos, a fim de se evitar danos à saúde humana.

Em rios, podem ser destacados os estudos de Chaves *et al.* (2009) que relataram a ocorrência de florações de cianobactérias tóxicas no rio dos Sinos (RS) entre os anos de 2005 e 2008 e de Canto de Sá *et al.* (2010), que estudaram a ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas no rio Tapajós, no município de Santarém-PA.

3.4 Impactos na bacia do rio das Velhas

O monitoramento da qualidade da água constitui ferramenta importante, pois permite verificar em que situação se encontra o corpo d'água, possibilitando a avaliação da oferta hídrica e conferindo bases para decisões de aproveitamento múltiplo e integrado da água, bem como a minimização de impactos ao ambiente (COIMBRA, 2001).

A implantação de um programa de monitoramento da qualidade da água pode ter diversos objetivos, tais como avaliar a qualidade da água para determinar sua adequabilidade para os usos propostos, acompanhar a evolução do manancial ao longo do tempo, como reflexo do uso do solo da bacia e de medidas de controle da poluição adotadas e avaliar o ambiente aquático como um todo, considerando, além da água, sedimento e material biológico (BENETTI & BIDONE, 2001).

O monitoramento constitui um alerta para instituições de ensino, pesquisa e extensão, autoridades públicas e a população sobre significativos índices de poluição dos recursos naturais (GONÇALVES, 2004).

As principais bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais são monitoradas sob a coordenação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, que disponibiliza relatórios anuais com o objetivo de divulgar as condições da qualidade das águas superficiais nos pontos de amostragem monitorados.

Na bacia do rio das Velhas, estes relatórios vêm alertando sobre a situação crítica referente à qualidade da água, contaminada tanto por fontes pontuais quanto difusas de poluição (representadas principalmente por rejeitos de mineração). Os resultados apresentados nos relatórios indicam que a qualidade da água desta bacia está piorando ao longo dos anos de estudo (NONATO *et al.* 2007).

Este avançado processo de degradação ambiental, pode ser resultado da falta de planejamento e da exploração inconseqüente dos recursos naturais. Segundo Euclides e Ferreira (2002), os principais problemas identificados estão relacionados ao uso do solo por atividades agrícolas, industriais, minerais, extrativismo vegetal e urbanização, que provocam a erosão do solo e a contaminação da água. A poluição da água atinge altos níveis em toda a bacia, mas principalmente na Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde o Rio das Velhas recebe grande quantidade de esgoto e poluentes (POLIGNANO *et al.*, 2001).

A distribuição dos usos e dos volumes outorgados é bastante irregular ao longo da bacia do rio das Velhas. O Alto Curso do rio das Velhas, onde está inserida a Região Metropolitana de Belo Horizonte, concentra os usos para abastecimento humano, indústria e mineração, sendo que esta região apresenta as maiores demandas de água. Entretanto, o médio e baixo cursos concentram principalmente o uso para irrigação (IGAM, 2007).

No período de 24 a 27 de junho de 2008, o IGAM realizou um levantamento de campo para mapear as fontes de poluição nos cursos médio e baixo do rio das Velhas. Com o levantamento foi possível diagnosticar que ao atravessar a Região Metropolitana de Belo Horizonte, o rio das Velhas recebe uma grande quantidade de efluentes domésticos e industriais, além de resíduos sólidos (<http://meta2010.meioambiente.gov.br/monitoramento>).

A contaminação por esgotos domésticos constitui um dos principais fatores de pressão sobre a qualidade das águas na bacia do rio das Velhas. A piora da qualidade das águas, no alto-

médio curso é notável, principalmente a partir de sua confluência com o ribeirão Arrudas e do Onça. Esses tributários contribuem com o aumento da carga orgânica, contaminação fecal, sólidos em suspensão, além de outros contaminantes, em função dos lançamentos de esgotos dos municípios mais populosos da bacia do rio das Velhas, Belo Horizonte e Contagem (<http://meta2010.meioambiente.gov.br/monitoramento>).

Do total de 8,58 m³/s de efluentes gerados na bacia, 78% são de origem doméstica, 14% da mineração e 6% da indústria. A grande maioria deste volume é produzido nas sub-bacias do Arrudas e Onça (COBRAPE, 1998).

Outro problema ambiental na bacia consiste na grande supressão da vegetação, tanto em topos de morros, quanto em encostas, vales dos rios e matas ciliares. Extensas áreas de vegetação nativa estão dando lugar a monoculturas, tanto nas práticas agrícolas como na silvicultura. A retirada da vegetação deixa o solo exposto, facilitando sua remoção e transporte para os cursos d'água próximos, causando o assoreamento. Além disto, o desmatamento promove a fragmentação de *habitat*, que pode vir a prejudicar ou até mesmo levar à extinção de espécies endêmicas vegetais e animais (CAMARGOS, 2005).

De acordo com o monitoramento realizado pelo IGAM, o parâmetro fósforo total, apresentou em diversas estações de monitoramento valores acima do limite estabelecido na legislação. Este elemento está presente, sobretudo, nas descargas de esgoto e nas águas provenientes do escoamento superficial de terras cultivadas (IGAM, 2007).

Ao final do mês de agosto do ano de 2007, foi detectada a ocorrência de florações de cianobactérias na água de três importantes rios do estado de Minas Gerais, dentre eles o rio das Velhas. Foram identificadas quatro espécies de cianobactérias na floração do rio das Velhas, *Chroococcus dispersus*, *Sphaerocavum brasiliense*, *Microcystis novacekii* e *Radiocystis fernandoi*, sendo produtoras da toxina microcistina somente as duas últimas. A ocorrência destas florações estava relacionada a um extenso período de seca associado a uma redução da relação entre a concentração de nitrogênio e fósforo (JARDIM *et al.*, 2008).

Em setembro de 2010 uma floração de cianobactérias foi detectada novamente neste rio. Desta forma, o conhecimento das variações dos fatores físicos e químicos e sua influência sobre o grupo das cianobactérias se torna necessário, a fim de se conhecer a dinâmica do ecossistema e fornecer subsídios para a gestão da qualidade das águas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A bacia do rio das Velhas se localiza na região central do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 17° 15' e 20° 25' S - 43° 25' e 44° 50' W, e apresenta um formato alongado na direção norte-sul.

Drenando uma área de 29.173 km², está inserida na mesorregião metropolitana, abrangendo um total de 51 sedes municipais. A região metropolitana de Belo Horizonte, apesar de ocupar apenas 10% da área territorial da bacia, é a principal responsável pela degradação do rio das Velhas, devido à sua elevada densidade demográfica, ao acelerado processo de urbanização e às atividades industriais desenvolvidas nesta região (POLIGNANO *et al.*, 2001).

O rio das Velhas é o maior afluente em extensão da bacia do rio São Francisco, tendo sua nascente na Serra do Veloso, próxima ao município de Ouro Preto, desaguando no rio São Francisco, no município de Guaicuí, a jusante da barragem de Três Marias. Este rio tem como principal afluente o rio Paraúna, localizado em seu médio curso.

A Tabela 4.1 apresenta algumas das características gerais da bacia do rio das Velhas.

TABELA 4.1- Características gerais da bacia do rio das Velhas.

Área	29.173 km ²
Extensão do curso principal	802 km
Perímetro	950 km
Largura média	38,3 km
Vazão média	265 m ³ /s
Principais tributários	Rio Paraúna Rio Itabirito Rio Taquaraçu Rio Bicudo Ribeirão da Mata
Localização	Região Central de Minas Gerais Lat. 17o15' - 20o25' S Long. 43o25' - 44o50' W
Ocupação	51 municípios, sendo 14 parcialmente contidos na bacia e 15 na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)
População (IBGE, 2000)	4,4 milhões de habitantes, sendo 86% residentes na RMBH

As características climáticas da bacia do rio das Velhas (temperatura, precipitação e pluviosidade) são extremamente influenciadas pela topografia da região. A temperatura média anual varia entre 18°C nas cabeceiras e 23°C no extremo norte, junto a foz do rio São

Francisco. Nas nascentes, a média anual de precipitação é mais elevada, com 2.000 mm, enquanto nas demais regiões decresce até alcançar 1.100 mm (CAMARGOS, 2005).

A bacia do rio das Velhas é dividida em alto, médio e baixo curso, e as atividades agropecuárias, minerárias e industriais são predominantes nesta região (FIGURA 4.1).

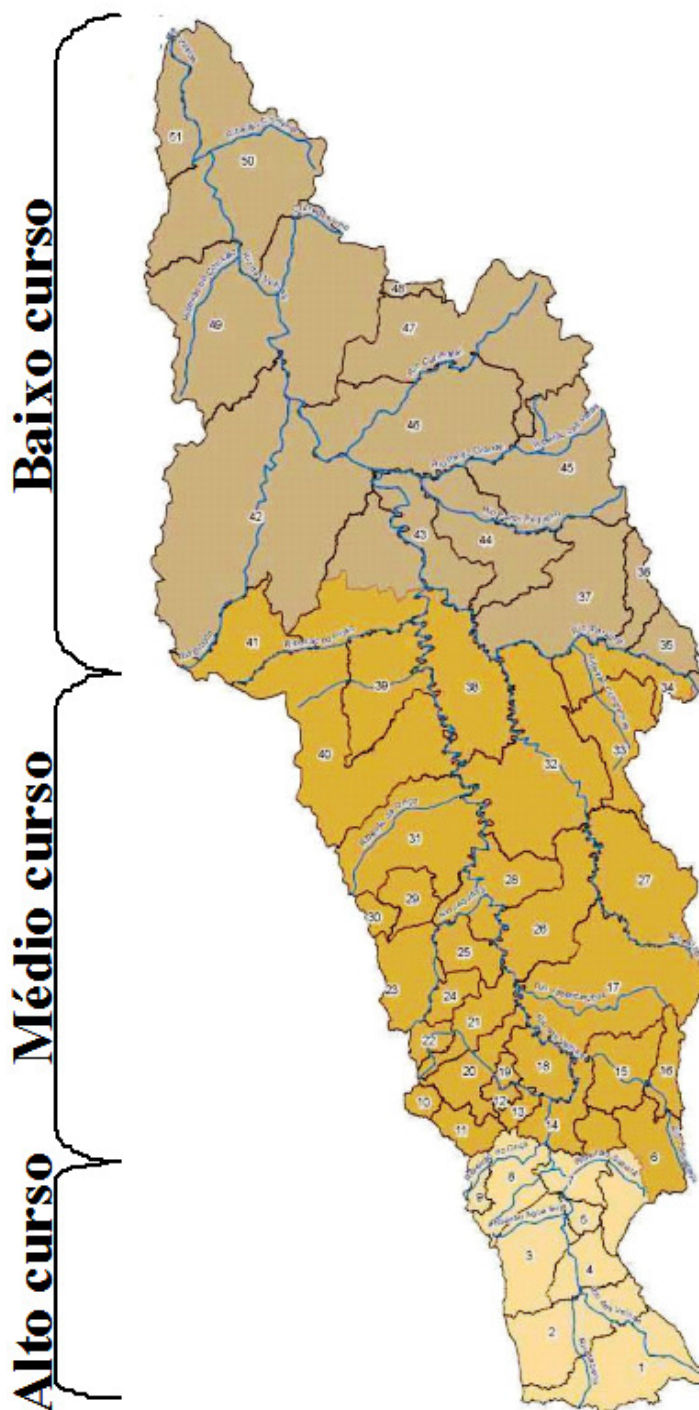


FIGURA 4.1: Divisão em trechos da bacia do rio das Velhas (Fonte: Adaptado de IGAM, 2007).

O alto curso da bacia do rio das Velhas abrange uma área de 1.943 km², englobando municípios importantes como Ouro Preto, Sabará, Contagem e Belo Horizonte e abriga um dos principais mananciais de abastecimento urbano de água da região metropolitana, representado por um trecho do rio das Velhas no município de Nova Lima, que atende cerca de 50% da população de Belo Horizonte (NONATO *et al.* 2007).

Já os trechos médio e baixo do rio das Velhas possuem características diferenciadas quando comparados ao seu alto trecho, uma vez que o uso e ocupação do solo estão relacionados às atividades agrícolas e pecuárias (CAMARGOS, 2005).

São definidas 14 classes de uso e ocupação do solo na bacia do rio das Velhas, (FIGURA 4.2).

As pastagens na bacia são verificadas em seus diversos tipos de cultivo e estágios de pastoreio e conservação. No entanto, as áreas identificadas como pasto compreendem as áreas de lavoura de ciclo curto, como milho, feijão, algodão e outros. Esta rotação de culturas é uma prática amplamente adotada na região e objetiva maior produtividade da lavoura.

As áreas agrícolas mapeadas apresentam extensões reduzidas e são mais expressivas no baixo rio das Velhas. Já as áreas urbanas são mais representativas no trecho do alto curso do rio das Velhas, onde está localizada a região metropolitana de Belo Horizonte.

Nos trechos de médio e baixo curso do rio das Velhas há poucas áreas de vegetação nativa, pois grande parte desta vegetação foi suprimida para ceder lugar à atividade agropecuária, sendo que a vegetação de cerrado (formação originalmente predominante na bacia), sofreu reduções significativas devido à prática de queimadas, desmatamento e mineração. Os extensos conjuntos de reflorestamento de eucalipto estão localizados principalmente no baixo curso do rio, ocupando áreas de relevo suave (CAMARGOS, 2005).

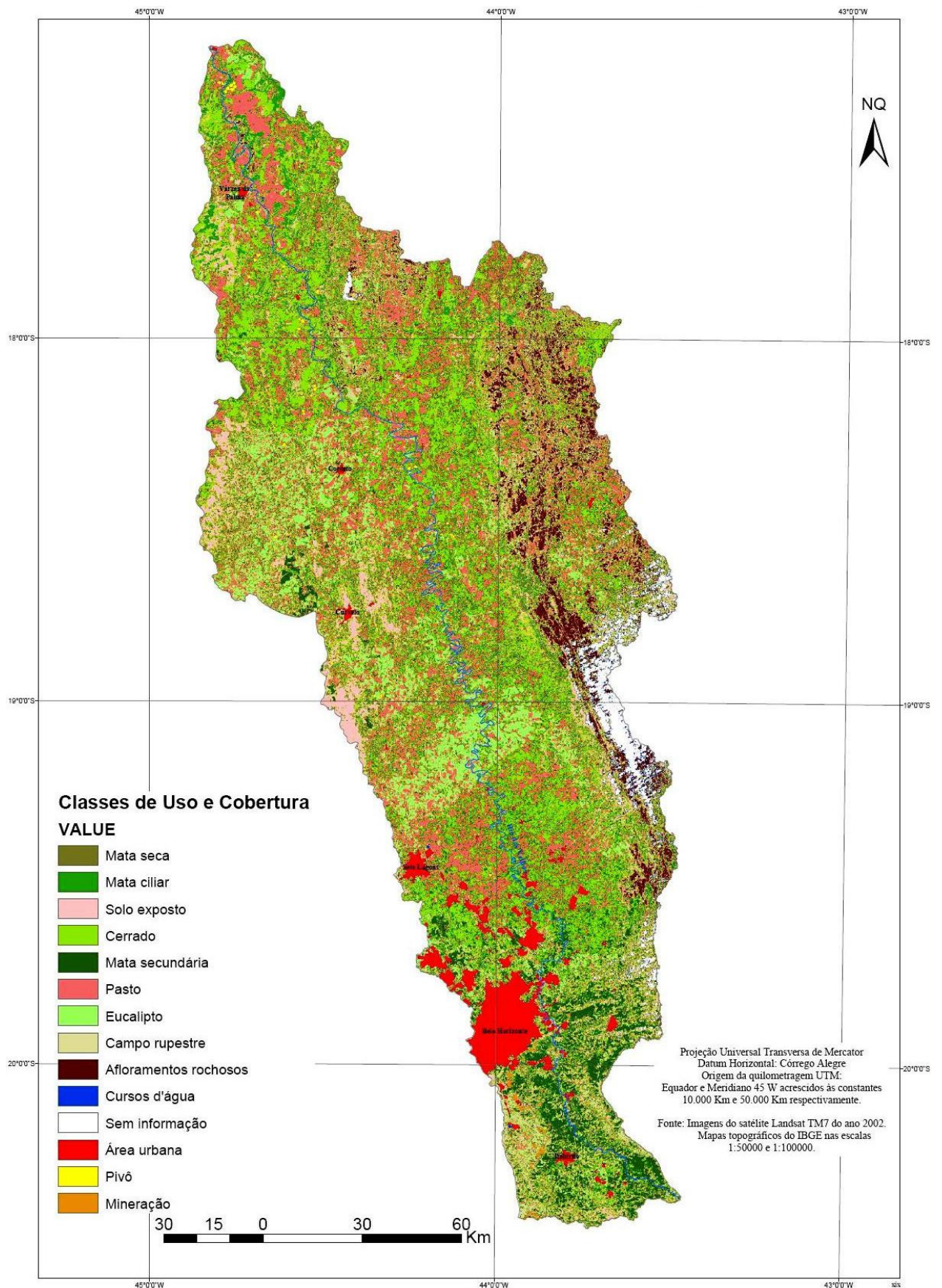


FIGURA 4.2: Representação das classes de uso e cobertura do solo na área ocupada pela bacia do rio das Velhas (Fonte: SANTOS *et al.*, 2005).

4.2 Origem dos dados

Para este estudo foram utilizados dados secundários disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), referentes ao período de janeiro de 1998 a outubro de 2010, em dezesseis estações de monitoramento localizadas no curso principal do rio das Velhas, inseridas no âmbito do projeto Águas de Minas e Meta 2010, que visam monitorar a qualidade das águas do Estado.

Na Tabela 4.2 estão listadas as dezesseis estações de amostragem que são monitoradas pelo IGAM e que foram abordadas neste estudo, bem como a sua localização (trechos alto, médio e baixo do curso do rio das Velhas) e suas coordenadas geográficas. A Figura 4.3 apresenta o mapa com a localização das estações de amostragem citadas acima.

TABELA 4.2- Descrição e localização das estações de monitoramento de água da bacia do rio das Velhas (Fonte: IGAM, 2007).

Ponto	Trecho	Latitude			Longitude			Altitude (m)	Curso de água
BV013	Alto	-20	12	38	-43	44	31	780	Rio das VELHAS logo a montante da foz do rio Itabirito
BV037	Alto	-20	8	0	-43	48	0	760	Rio das VELHAS logo a jusante da foz do rio Itabirito
BV063	Alto	-19	58	45	-43	49	5	740	Rio das VELHAS logo a jusante do ribeirão Água Suja
BV067	Alto	-19	56	56	-43	49	3	700	Rio das VELHAS a montante do ribeirão Sabará
BV083	Alto	-19	51	0	-43	52	0	700	Rio das VELHAS logo a jusante do ribeirão Arrudas
BV105	Médio	-19	48	2	-43	52	14	680	Rio das VELHAS logo a jusante do ribeirão do Onça
BV137	Médio	-19	32	25	-43	54	7	640	Rio das VELHAS na Ponte Raul Soares
BV139	Alto	-20	3	51	-43	49	5	740	Rio das VELHAS a montante da ETA/COPASA, em Bela Fama
BV141	Médio	-19	1	10	-44	2	29	640	Rio das VELHAS na cidade de Santana do Pirapama
BV142	Médio	-18	40	40	-44	12	42	560	Rio das VELHAS a jusante do ribeirão Santo Antônio
BV146	Baixo	-18	13	2	-44	21	27	520	Rio das VELHAS a jusante do rio Pardo Grande
BV148	Baixo	-17	36	43	-44	42	8	495	Rio das VELHAS na cidade de Várzea da Palma
BV149	Baixo	-17	12	44	-44	49	30	480	Rio das VELHAS, na cidade de Guaicuí
BV152	Baixo	-18	18	35	-44	14	37	520	Rio das VELHAS entre os rios Paraúna e Pardo Grande
BV153	Médio	-19	42	0	-43	49	0	670	Rio das VELHAS a jusante do ribeirão da Mata
BV156	Médio	-19	16	53	-44	0	50	640	Rio das VELHAS logo a jusante do rio Jabuticatubas

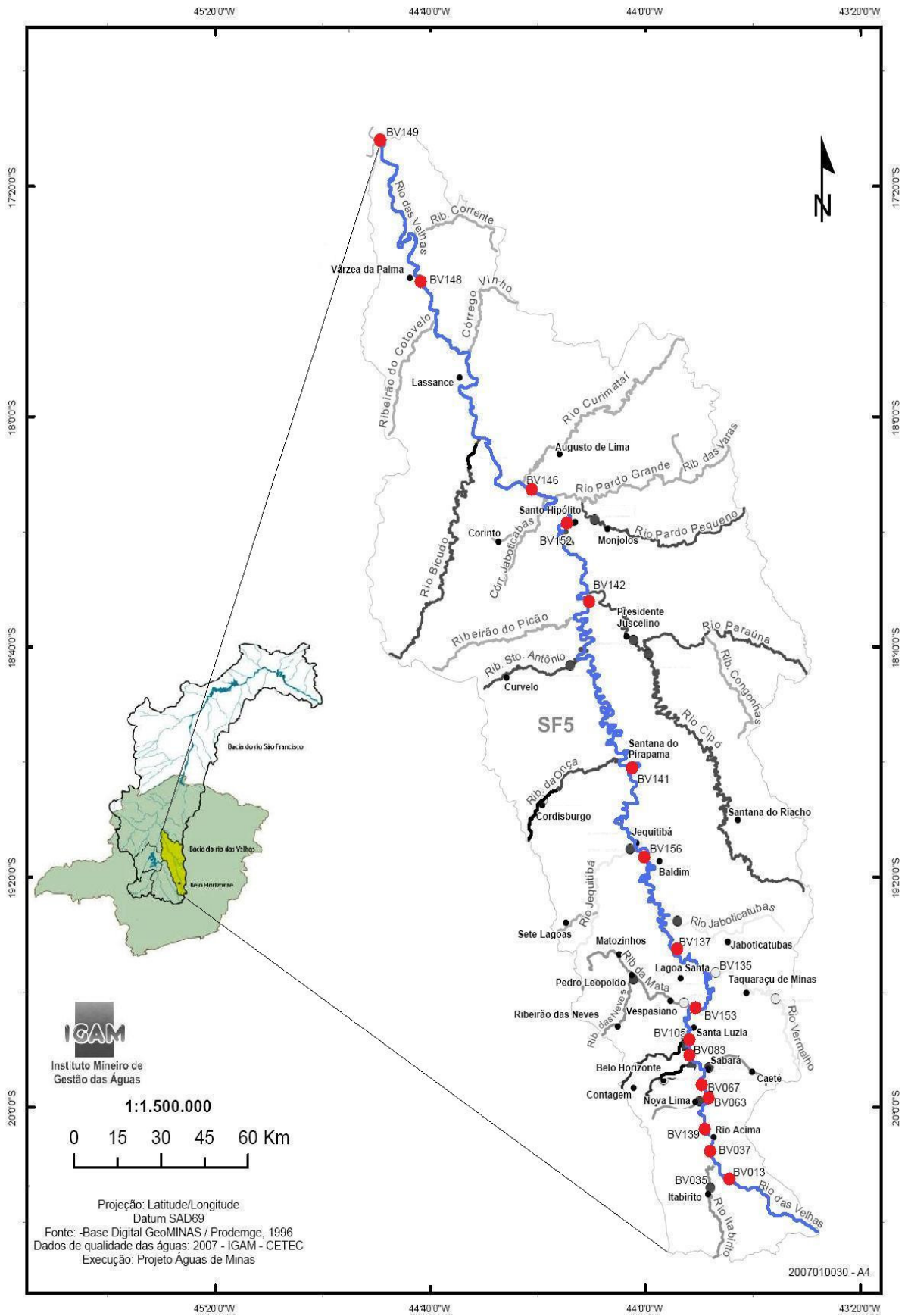


FIGURA 4.3: Representação das estações de monitoramento na bacia do rio das Velhas abordadas neste estudo (Fonte: adaptado de IGAM, 2007).

4.2.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos

As coletas foram realizadas pela Fundação Centro Tecnológica de Minas Gerais (CETEC), com uma frequência trimestral até julho de 2008, sendo que a partir desta data a frequência de monitoramento passou a ser mensal. Os parâmetros analisados neste estudo estão listados na Tabela 4.3.

TABELA 4.3- Parâmetros físicos, químicos e biológicos avaliados no rio das Velhas.

Parâmetros físicos	Parâmetros químicos	Parâmetros biológicos
Condutividade elétrica Sólidos suspensos totais Temperatura da água Turbidez	Demanda bioquímica de oxigênio Fósforo total Nitrogênio orgânico Nitrogênio amoniacal Nitrato Oxigênio dissolvido pH Cloretos	Clorofila- <i>a</i> Densidade de cianobactérias

As análises dos parâmetros físicos e químicos das estações de amostragem são feitas pela equipe do Setor de Medições Ambientais do CETEC, segundo as metodologias descritas na Tabela 4.4.

TABELA 4.4- Metodologias de análise dos parâmetros avaliados no rio das Velhas.

Ensaio	Método	Referência normativa
Condutividade elétrica	Condutímetro	APHA 2510 B
Sólidos suspensos totais	Gravimétrico	ABNT NBR 10664/1989
Turbidez	Nefelométrico	APHA 2130 B
DBO	Winkler/incubação	ABNT NBR 12614/1992
Fósforo total	Colorimétrico	APHA 4500-P E
Nitrogênio orgânico	Colorimétrico	APHA 4500-N _{org} B
Nitrogênio amoniacal	Colorimétrico	ABNT NBR 10560/1988
Nitrato	Colorimétrico	APHA 4500-NO ₃ - E
Oxigênio dissolvido	Titulométrico	ABNT NBR 10559/1988
pH	Eletrométrico	APHA 4500 H ⁺ B
Cloretos	Colorimétrico	USGS-I-1187 78
Clorofila- <i>a</i>	Colorimétrico	APHA 10200 H
Densidade de cianobactérias	Uthermöl	Uthermöl , 1958

4.3 Tratamento estatístico e apresentação gráfica dos dados

4.3.1 Análise preliminar dos parâmetros monitorados nas estações de amostragem

Inicialmente, os dados referentes aos parâmetros físicos, químicos e biológicos estudados para o rio das Velhas foram analisados para verificação da presença de “outliers”, ou seja, observações substancialmente diferentes das outras, que apresentam valores extremos. Como tais valores podem ser indicativos de características reais da população em estudo ou serem conseqüências de erros de medição que podem distorcer seriamente os testes estatísticos,

todas as ocorrências foram analisadas individualmente para verificação da necessidade ou não de sua exclusão.

Quando a opção adotada foi a exclusão dos “outliers”, foi empregada uma regra empírica largamente utilizada no meio científico e adotada pelo pacote estatístico utilizado (Statistica 6.1) e todos os conjuntos de dados foram tratados como a seguir:

Observação $>$ Quartil superior + 1,5 (Quartil superior – Quartil inferior) \Rightarrow exclusão do dado

Ou

Observação $<$ Quartil inferior - 1,5 (Quartil superior – Quartil inferior) \Rightarrow exclusão do dado

Onde,

Quartil superior: percentil 75 %

Quartil inferior: percentil 25 %

Para o tratamento estatístico dos dados foi realizada uma análise exploratória por meio de análises temporais e estatística descritiva para cada ponto de monitoramento, considerando o período seco e o período chuvoso.

A definição das estações chuvosa e seca seguiu as datas determinadas em BARBIERI (2005), que analisou os dados diários de precipitação das regiões sul e sudeste do Brasil entre os anos de 1981 a 1996, concluindo que a estação chuvosa inicia-se no mês de outubro e termina no mês de março.

Foram calculadas as estatísticas básicas relativas ao número de dados, médias aritmética e geométrica, mediana, desvio padrão, percentis de 10 e de 90 %, sendo que os resultados foram apresentados na forma de tabelas para permitir uma melhor visualização da variabilidade observada em cada ponto de monitoramento da bacia analisada, considerando a sazonalidade do ambiente no decorrer dos anos amostrados.

Posteriormente, a normalidade dos dados foi verificada por meio da execução dos testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov, Shapiro Wilk e o teste gráfico “Normal Probability Plot”, executados pelo pacote estatístico Statistica 6.1 (STATSOFT, INC., 2003).

4.3.2 Avaliação comparativa entre as estações de amostragem

Os dados referentes às 16 estações foram analisadas, também, de forma comparativa, buscando a identificação de diferenças significativas entre os parâmetros físicos, químicos e biológicos amostrados em cada uma delas. Para isto, foram empregados análises estatísticas multivariadas e testes não paramétricos.

A análise de agrupamentos foi realizada numa tentativa de evidenciar os grupos de pontos de monitoramento similares, considerando as características limnológicas e sanitárias das estações de amostragem, a partir da avaliação dos parâmetros listados na Tabela 3. O “software” Statistica 6.1 foi utilizado para a execução da análise, que se constituiu das seguintes etapas:

- Padronização dos dados, já que existiam tipos de escala muito diferentes e é importante que as dimensões que são usadas para computar distâncias entre objetos sejam de magnitudes comparáveis. A forma de padronização efetuada pelo Statistica (e a mais usualmente utilizada) consiste na conversão de cada variável em escores padrão (também conhecidos como escores Z) pela subtração da média e divisão pelo desvio-padrão para cada variável:

$$\text{Valor padronizado} = \frac{X - \bar{X}}{S_x}$$

Esse processo converte cada variável inicial em um valor padronizado com uma média zero e um desvio-padrão igual a um, eliminando o viés introduzido pelas diferenças nas escalas das diversas variáveis utilizadas na análise.

- Utilização da análise de cluster pelo método hierárquico (análise hierárquica de agrupamentos), com o objetivo de perceber se agrupamentos “naturais” são formados pelos dados de uma maneira significativa.

O algoritmo aglomerativo usado para desenvolver os agrupamentos foi o de ligação completa, baseado na distância máxima entre indivíduos, ou seja, todos os objetos em um agrupamento são conectados um com o outro a alguma distância máxima ou similaridade mínima. A medida de similaridade utilizada foi a distância euclideana, que considera o comprimento da hipotenusa de um triângulo retângulo formado a partir de dois pontos em duas dimensões.

Como ferramenta de apoio para a interpretação dos resultados obtidos na análise de agrupamentos foram apresentados gráficos “box-plot” confeccionados após a aplicação dos testes Kruskal-Wallis ANOVA e o teste de medianas (KRUSKAL-WALLIS, 1952; SIEGEL E CASTELLAN, 1988) ao nível de significância α de 5%, testes de comparações múltiplas que permitiram uma comparação simultânea entre todos os resultados obtidos e a verificação de quais parâmetros apresentaram comportamentos diferenciados entre os grupos de estações de monitoramento definidos por meio da análise de agrupamentos.

Posteriormente, para cada agrupamento formado foram aplicados testes de comparações múltiplas entre as estações de amostragem, para verificar o comportamento dos parâmetros analisados dentro de cada agrupamento.

4.3.3 Avaliação das estações de amostragem com presença de cianobactérias

Primeiramente foi efetuada uma análise de componentes principais (ACP) nos dados padronizados, para evitar distorções devidas às diferentes ordens de magnitude dos valores numéricos e das variâncias dos parâmetros analisados. Foram considerados somente os resultados de análises para as estações de monitoramento que apresentaram um número de células de cianobactérias acima de 20.000. Este patamar foi utilizado pois, de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde, é considerado um valor limite para a tomada de decisões, principalmente relativas à medição da toxicidade das células. Além disto, este patamar é utilizado para a classificação das águas segundo a deliberação normativa conjunta do COPAM 01/08. Os parâmetros anteriormente citados foram analisados neste caso e a ACP foi empregada numa tentativa de explicar as principais tendências observadas de variação da qualidade da água.

Posteriormente foi calculada a matriz de correlação de Spearman utilizando todos os parâmetros analisados para cada uma das estações de amostragem, sendo que os resultados que apresentaram correlação significativa foram expressos por meio de análises gráficas de séries temporais representando evolução destes parâmetros, relacionando-os com a densidade de cianobactérias.

Após calculada a matriz de correlação foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney, considerando o nível de significância α de 5% para a verificação de diferenças significativas entre as concentrações medidas nos períodos seco e chuvoso para os parâmetros analisados nas estações de amostragem avaliadas. Os resultados que apresentaram diferenças

significativas entre as concentrações medidas, considerando separadamente os períodos seco e chuvoso foram demonstrados por meio de gráficos de séries temporais e gráficos “box-plot” para o agrupamento das estações de amostragem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 *Análise preliminar dos parâmetros monitorados nas estações de amostragem*

A verificação da presença de “outliers” foi efetuada e os parâmetros turbidez, sólidos suspensos, oxigênio dissolvido, densidade de cianobactérias e clorofila-*a* apresentaram valores considerados extremos. Ainda assim estes dados não foram excluídos das análises, pois eles são indicativos de características reais do ambiente, uma vez que ocorreram no mesmo período das florações de cianobactérias, que constituem o objetivo deste estudo.

Para se caracterizar o rio estudado são apresentados os resultados das estatísticas descritivas para cada estação de amostragem, considerando os parâmetros monitorados pelo IGAM nos projetos Águas de Minas e Meta 2010. Vale ressaltar que não só a frequência de monitoramento, mas também os parâmetros analisados nestes projetos são diferentes, por isto alguns parâmetros como sólidos suspensos, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, densidade de cianobactérias e clorofila-*a* possuem número de dados diferenciado, quando comparados aos outros parâmetros analisados.

Para tanto, foram calculadas as estatísticas básicas relativas ao número de dados, médias aritmética e geométrica, mediana, desvio padrão, percentis de 10 e de 90 %, sendo que os resultados foram apresentados na forma de tabelas para permitir uma melhor visualização da variabilidade observada em cada ponto de monitoramento da bacia analisada. Os resultados para todas as estações devem ser apresentados no Apêndice A.

Os resultados destes testes foram efetuados para todas as estações de amostragem e alguns exemplos são apresentados no Apêndice B.

Estes resultados indicaram que apenas os parâmetros referentes à temperatura, condutividade elétrica e pH não apresentaram desvios acentuados de normalidade para a maior parte das estações de amostragem, enquanto os outros parâmetros analisados apresentaram resultados que apontavam a assimetria dos dados. Desta forma, testes não paramétricos foram empregados para a verificação da existência de diferenças significativas entre o conjunto de dados.

5.2 Avaliação comparativa entre as estações de amostragem

O monitoramento do parâmetro densidade de cianobactérias se iniciou em outubro de 2007 em grande parte das estações de amostragem. A Figura 5.1 apresenta a evolução deste parâmetro em todas as 16 estações de amostragem abordadas neste estudo, distribuídas ao longo do curso do rio das Velhas.

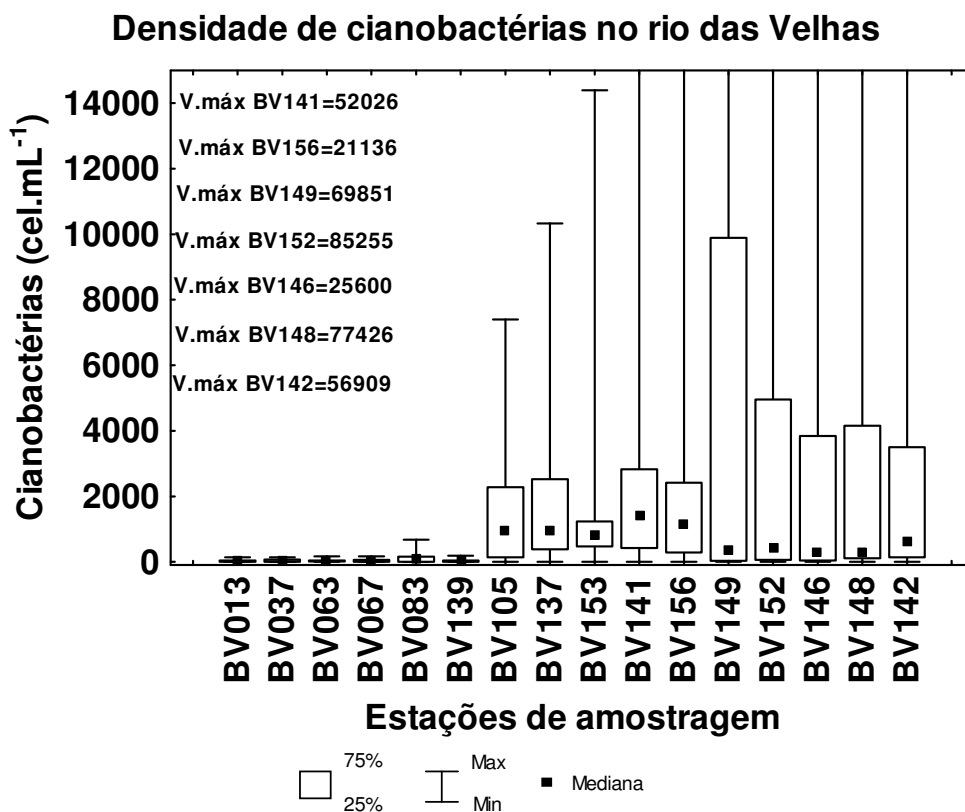


Figura 5.1: Densidade de cianobactérias na água do rio das Velhas entre outubro de 2007 e setembro de 2010.

Procurou-se apresentar os dados separados por região, visando uma melhor visualização do comportamento de cada trecho. A Figura 5.2 apresenta os gráficos da evolução da densidade de cianobactérias em cada um dos trechos do rio das Velhas. É importante ressaltar os valores muito diferenciados usados nas escalas dos gráficos.

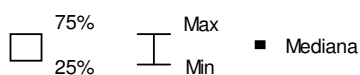
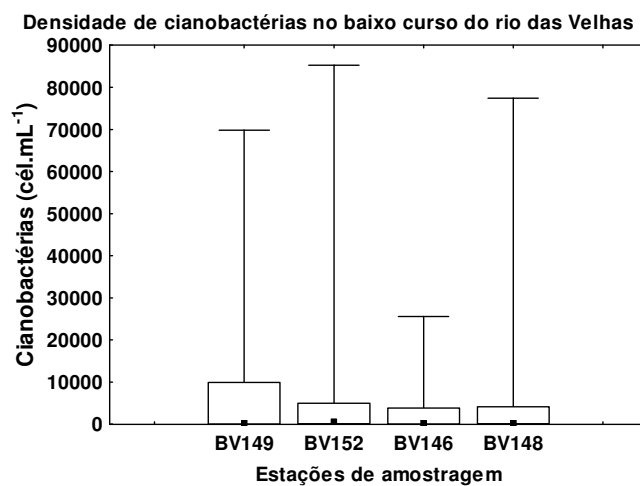
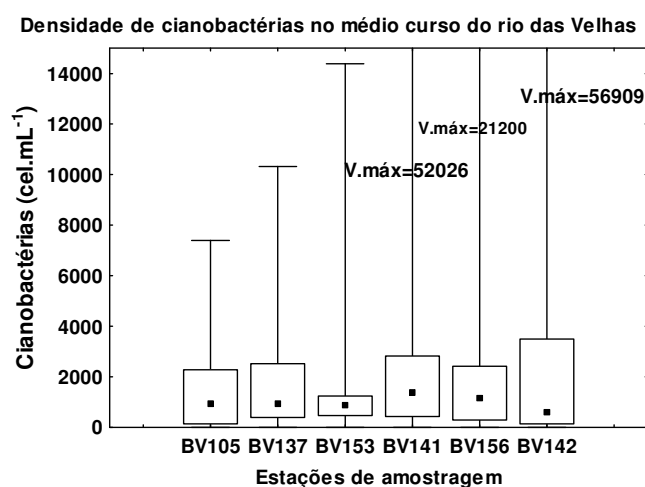
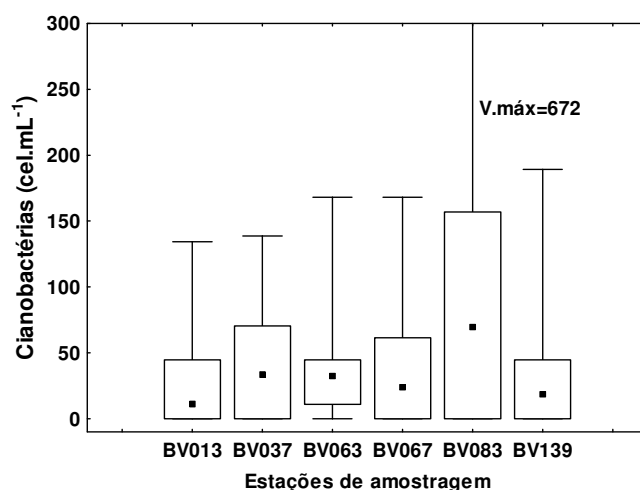


Figura 5.2: Densidade de cianobactérias na água do rio das Velhas, nos trechos de alto, médio e baixo curso entre outubro de 2007 e setembro de 2010.

A Figura 5.2 indica que nenhuma estação localizada no alto curso do rio obteve uma densidade equivalente ou superior a 20.000 cél.mL^{-1} , sendo que a maior densidade encontrada para este trecho do curso do rio foi de 672 cél.mL^{-1} , na estação BV083 em maio de 2009.

Já para o médio curso do rio, em apenas três estações de amostragem ultrapassaram o valor de densidade de cianobactérias de $20.000 \text{ cél.mL}^{-1}$, a estação BV141 apresentou o valor máximo de $52.026 \text{ cél.mL}^{-1}$, enquanto nas estações BV142 e BV156 os valores máximos de densidade de cianobactérias detectados foram de $56.909 \text{ cél.mL}^{-1}$ e $21.136 \text{ cél.mL}^{-1}$, respectivamente. Todos estes valores foram verificados no mês de setembro de 2010.

No baixo curso do rio das Velhas, os resultados de todas as estações de amostragem atingiram um limite de células superior ao patamar de $20.000 \text{ cél.mL}^{-1}$ em determinadas épocas do ano, considerando o período de monitoramento de outubro de 2007 a setembro de 2010. Ressalta-se que o maior valor alcançado foi observado no ponto BV152 no mês de setembro de 2010, quando o número de células por mililitro foi de $85.255 \text{ cél.mL}^{-1}$.

Foi observado um aumento considerável no número de células de cianobactérias ao longo do curso do rio, de montante para a jusante, com todas as estações do baixo curso apresentando densidades de cianobactérias na faixa de 20.000 à $100.000 \text{ cél.mL}^{-1}$, caracterizando a confirmação do estabelecimento de florações (FUNASA, 2003). Este fato é um importante indício dos impactos sofridos, a partir da nascente, com indicação de comprometimento da qualidade da água.

Uma análise mais detalhada de comportamentos semelhantes entre as estações de amostragem foi efetuada, utilizando a análise de agrupamentos.

5.2.1 Análise de agrupamentos

Para se evidenciar os grupos de estações de monitoramento com características similares foi realizada a análise de agrupamentos. Para esta análise foram utilizados os parâmetros temperatura da água, turbidez, condutividade, sólidos suspensos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, cloretos, fósforo total, nitrato, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, densidade de cianobactérias e clorofila-*a*.

A Figura 5.3 apresenta o dendograma obtido a partir dos dados analisados para todas as estações de amostragem durante o período de monitoramento. Estes resultados não foram obtidos considerando-se a sazonalidade dos ambientes aquáticos tropicais devido ao limitado número de dados para este tipo de análise.

Foi utilizada uma escala padronizada no eixo das ordenadas do dendograma, que considera o percentual relativo à razão entre a distância observada e a distância máxima dos dados. Pequenos coeficientes indicam que agrupamentos mais homogêneos estão sendo formados.

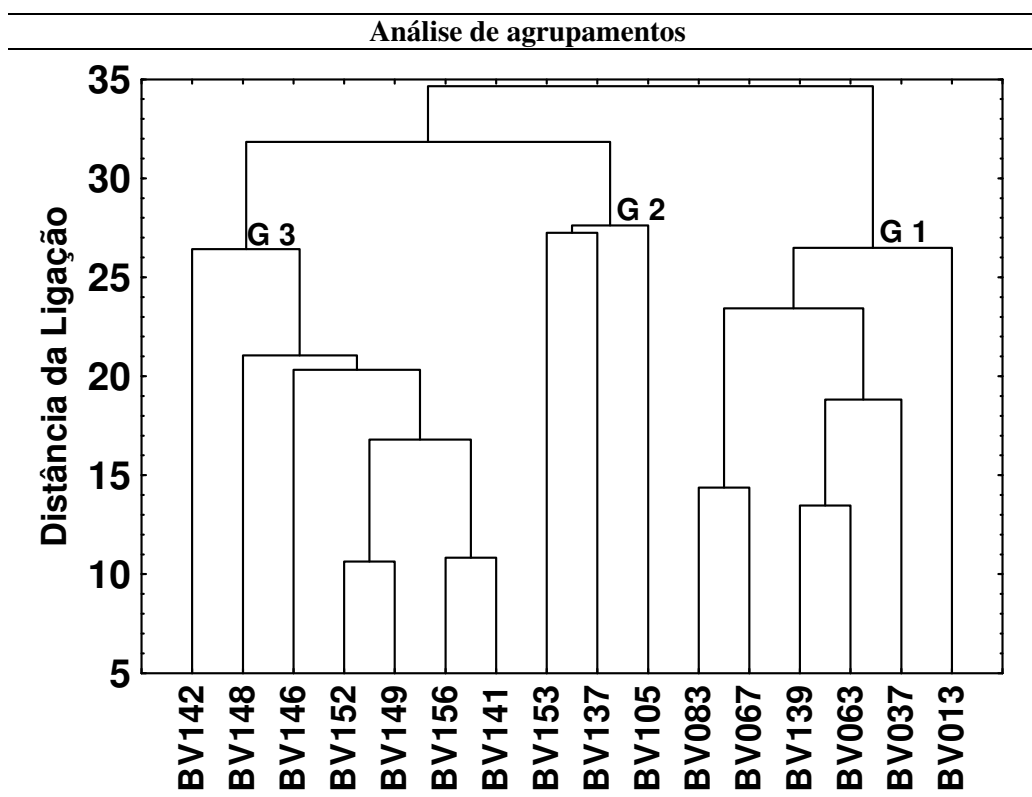


Figura 5.3: Dendrograma das estações de amostragem distribuídas ao longo do curso do rio das Velhas, mostrando as estações de amostragem com características semelhantes.

A análise de agrupamentos das estações de monitoramento avaliadas no rio das Velhas resultou em uma classificação coerente das mesmas, de acordo com sua localização, uso e ocupação do solo e pela semelhança entre as variáveis utilizadas para a análise. Resultados similares também foram verificados em outros trabalhos pela aplicação da análise hierárquica de agrupamentos em outras bacias hidrográficas (SIMENOV *et al.* 2004; MENDIGUCHÍA *et al.* 2007).

O agrupamento G1, é formado por todas as estações de monitoramento localizadas no trecho do alto curso do rio das Velhas.

Segundo Santos (2005), a degradação da mata ribeirinha ao longo do Rio das Velhas, pode ser observada pelo baixo percentual de área ocupada, cerca de 3,75% de toda a bacia. Na região do alto Rio das Velhas é que se encontram as maiores porcentagens destas áreas e também de áreas de vegetação secundária.

CAMARGOS (2005) considera a região do Alto Rio das Velhas como uma das principais regiões de conflito e diversidade de uso do solo e dos recursos hídricos, devido ao intenso desenvolvimento da atividade minerária e à crescente ocupação urbana, sendo que nesta região estão presentes os maiores focos de poluição hídrica de toda a bacia.

O agrupamento G2 é formado pelas estações de monitoramento BV105, BV137 e BV153, todas localizadas no médio curso do rio das Velhas.

O agrupamento G3 é formado por todas as estações de amostragem localizadas no baixo curso do rio, mas também engloba algumas estações localizadas no médio curso do rio (BV141, BV142 e BV156). Vale ressaltar que somente as estações de amostragem pertencentes a este grupo apresentaram a presença de florações de cianobactérias durante o período de monitoramento.

Segundo Euclides e Ferreira (2002), no médio e alto curso do rio das Velhas a atividade agropecuária contribui significativamente para a contaminação da água e do solo, apresentando o maior percentual de área mecanizada e emprego de insumos agrícolas de toda a bacia.

O plantio de eucalipto ocorre em muitas áreas da bacia, principalmente nas proximidades dos municípios de Curvelo e Corinto (localizados no baixo curso do rio das Velhas). A simetria das plantações de eucaliptos favorece a ação do escoamento superficial, que além de carrear sedimentos para os cursos d'água, arrasta consigo substâncias tóxicas, favorecendo a contaminação (SANTOS, 2005).

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas indispensáveis na produção de alimentos. Contudo, a deposição de resíduos agrícolas e animais tem resultado em alterações ambientais e, alguns autores consideram que atividades agropecuárias ao longo de sistemas fluviais acentuam o transporte de materiais até a água dos rios, em especial se associadas às peculiaridades geomorfológicas do canal e à pluviosidade (CARVALHO *et al.*, 2000).

Estas alterações conseqüentes da agricultura podem provocar o fenômeno da eutrofização e, com isto, promover mudanças na qualidade da água, como a redução do oxigênio dissolvido, redução na diversidade de espécies e aumento da incidência de florações de cianobactérias (ESTEVES, 1998).

Por auxiliarem na interpretação de uma matriz complexa de dados, as técnicas multivariadas permitem um melhor entendimento da situação do sistema estudado, possibilitando a identificação de possíveis fatores que influenciam este sistema. Desta forma, a aplicação de técnicas multivariadas nos estudos de qualidade da água permite uma melhoria na avaliação e aproveitamento dos resultados, sendo uma condição praticamente obrigatória à medida em que o número de parâmetros utilizados aumenta (SIMENOV *et al.*, 2004).

Para complementar a interpretação do resultado no dendograma novas análises comparativas entre os três agrupamentos foram efetuadas, considerando agora as variáveis individuais que foram anteriormente analisadas em conjunto. O teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis foi utilizado para identificar diferenças significativas entre os grupos de estações de monitoramento, definidos por meio do teste de agrupamentos ao nível de significância de 5%.

O Quadro 5.1 apresenta os resultados dos testes de comparações múltiplas, aplicados após a verificação da existência de diferença significativa entre os grupos pelo teste de Kruskal-Wallis. Este teste de comparações múltiplas, procedimento de comparação *a posteriori*, permite uma comparação simultânea entre os dados monitorados nos trechos Alto, Médio e Baixo do rio das Velhas, visando identificar quais as medianas que, tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si, ao nível de significância de 5%.

Quadro 5.1: Resultado do teste estatístico de Kruskal-Wallis que indicou diferenças significativas entre os grupos de estações de monitoramento analisados, ao nível de significância de 5%.

Parâmetro	Resultado apontou diferenças significativas
Temperatura da água (°C)	Entre todos os grupos
Turbidez (UNT)	Entre G1 e G2
Condutividade elétrica ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	Entre todos os grupos
Sólidos suspensos (mg.L^{-1})	Entre todos os grupos
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	Entre todos os grupos
DBO (mg.L^{-1})	Entre todos os grupos
pH	Entre todos os grupos
Cloretos (mg.L^{-1})	Entre todos os grupos
Fósforo total (mg.L^{-1})	Entre todos os grupos
Nitrato (mg.L^{-1})	Entre todos os grupos
Nitrogênio orgânico (mg.L^{-1})	Entre todos os grupos
Nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1})	Entre G1 e G2 e entre G2 e G3
Densidade de cianobactérias (cel.mL^{-1})	Entre G1 e G2 e entre G1 e G3
Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Entre G1 e G2 e entre G1 e G3

Para permitir uma melhor visualização dos resultados são apresentados gráficos “box-whisker” (Figuras 5.4 a 5.9), considerando todas as variáveis analisadas.

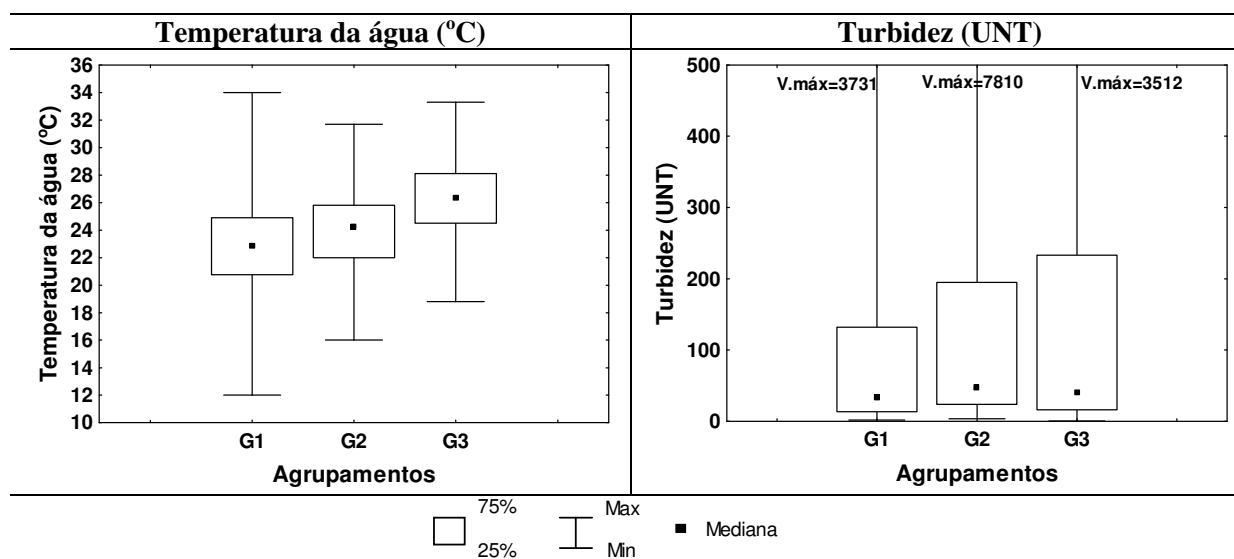


Figura 5.4: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010

Conforme apresentado no Quadro 5.1, os valores medianos da série histórica de temperatura da água, turbidez, condutividade elétrica, sólidos suspensos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH e cloretos medidos nos três trechos, foram considerados significativamente diferentes entre si.

A temperatura da água é influenciada por fatores tais como radiação disponível, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ZUMACH, 2003). O agrupamento G1 foi o que apresentou as maiores variações nos valores medidos para este parâmetro. Já o agrupamento G3 apresentou o maior valor de mediana.

A CETESB (1995) considera que o aumento da temperatura intensifica a produção fitoplanctônica, aumenta a absorção de nutrientes por esses organismos, diminui a solubilidade do oxigênio na água, aumenta a solubilidade de vários compostos químicos e aumenta o efeito deletério dos poluentes sobre a vida aquática.

Sabara (1999), estudando córregos no médio Rio Doce-MG, encontrou valores de temperatura da água variando de 17,1 a 26,6 °C (plantios florestais de eucalipto) e de 14,2 a 25,8 °C (pastagens e agricultura), concluindo que o comportamento da temperatura da água foi afetado pelo uso do solo, com tendência de apresentar menores valores nas áreas florestais, provavelmente pela condição de cobertura dos córregos.

Primavesi *et al.* (2002), avaliando a qualidade da água em áreas com diferentes usos do solo, verificaram que, na nascente com mata, a qualidade da água se mostrou melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo a turbidez, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido as variáveis que mais explicaram essas diferenças.

O parâmetro turbidez foi significativamente diferente apenas entre os agrupamentos G1 e G2, que se localizam, respectivamente, na região do alto curso do rio das Velhas e no médio curso do rio das Velhas.

Arcova e Cicco (1999), estudando a qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo, verificaram que os valores da temperatura da água e da turbidez nas microbacias com agricultura foram superiores aos registrados nas microbacias florestadas, fato que também foi observado nos diferentes agrupamentos de estações de amostragem analisadas neste estudo.

Segundo Oliveira-Filho *et al.* (1994), a devastação das matas ciliares tem contribuído para o assoreamento, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d'água. Arcova e Cicco (1999) salientam que, nas bacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores.

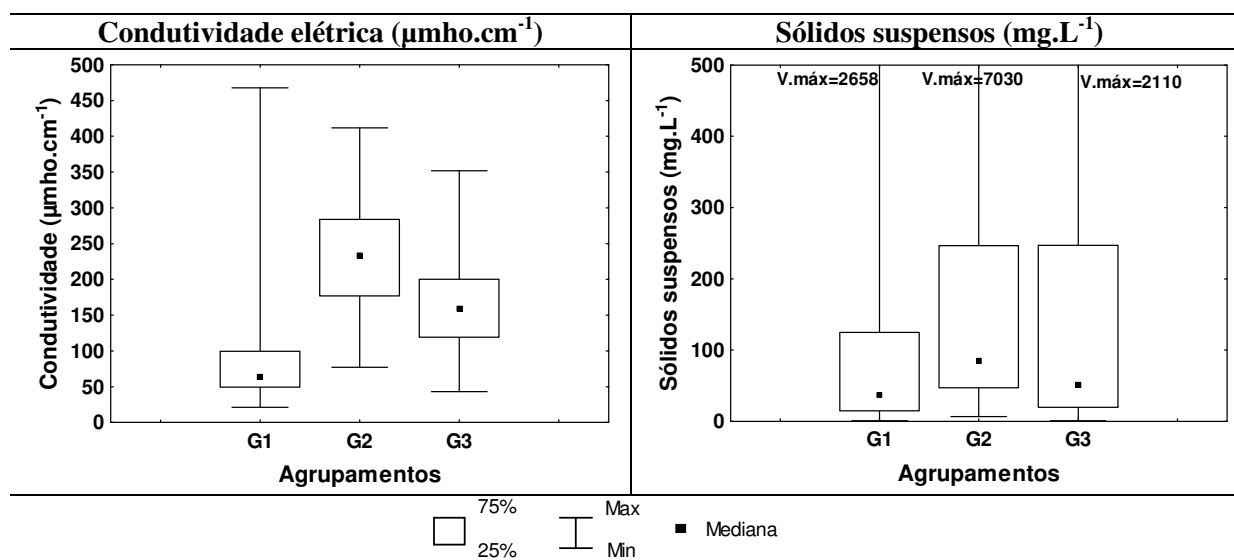


Figura 5.5: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010

Os sólidos suspensos totais apresentaram comportamento semelhante ao parâmetro turbidez, porém apresentou diferenças que foram significativas entre os três agrupamentos analisados.

A condutividade elétrica está associada à quantidade de sais e íons dissolvidos na água e pode ser um indicativo da contaminação por descargas de efluentes industriais e domésticos, os quais podem ter em sua constituição material orgânico, que em decomposição liberam íons na água, além de sais (BOLLMANN, 2003).

Conforme observado, os valores encontrados para condutividade elétrica no agrupamento G1 foram os que apresentaram as maiores variações e menor valor de mediana, enquanto o agrupamento G2 apresentou o maior valor de mediana.

Como mencionado na análise de agrupamentos, o grupo G1 (trecho de alto curso) é o que apresenta maior contaminação por efluentes industriais e domésticos. Porém, os valores de condutividade apresentaram grandes variações neste trecho e menor valor de mediana devido à localização das estações de amostragem, em altitudes elevadas, sendo mais suscetíveis ao escoamento superficial.

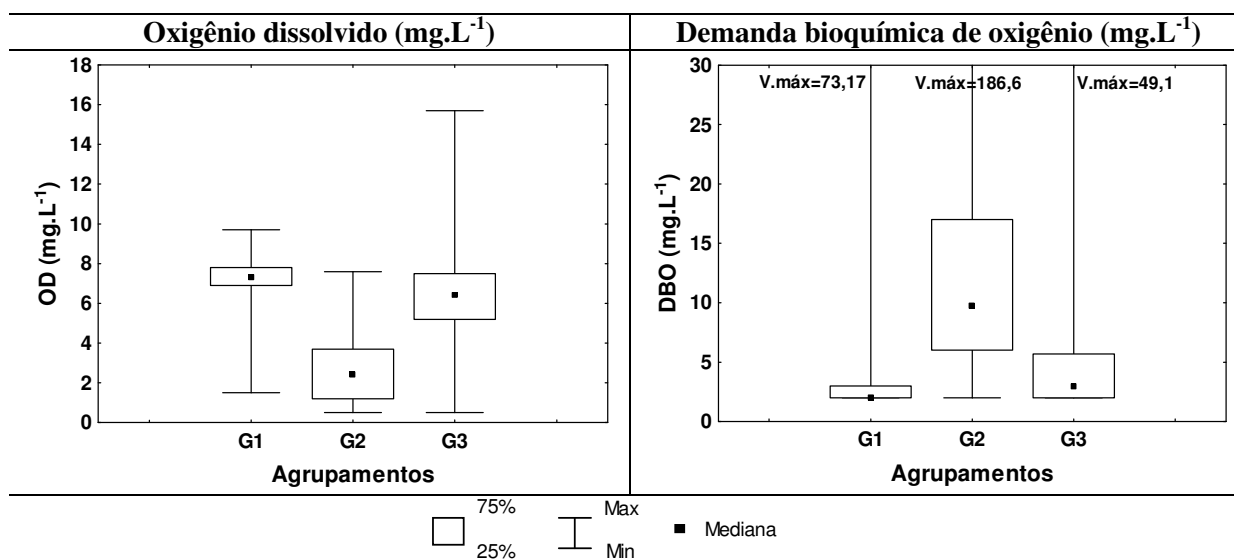


Figura 5.6: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010

Foram verificadas diferenças significativas entre todos os grupos para os parâmetros OD e DBO. O agrupamento G2 apresentou os menores valores de concentração e menor mediana para o parâmetro OD, enquanto o contrário ocorreu para o parâmetro DBO, que apresentou maior mediana e maior valor de concentração.

Os maiores valores de DBO em um corpo hídrico são resultantes de despejos de origem predominantemente orgânica. Ambientes aquáticos não poluídos têm valores de DBO de até 2

mg.L⁻¹, enquanto os sujeitos às descargas de efluentes apresentam valores entre 10 mg.L⁻¹ e 600 mg.L⁻¹ (HERMES & SILVA, 2004).

Segundo Almeida e Schwarzbold (2003) os valores de DBO são reduzidos em áreas de menor influência antrópica, aumentando em áreas onde há predominância de atividades industriais ou que estejam próximas a centros urbanos.

Deste modo, os resultados de DBO neste estudo revelaram que as estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G2 denotam o elevado estado trófico das águas do médio trecho do rio das Velhas, causado pela presença de carga orgânica e de microorganismos decompositores, além de corroborar as baixas concentrações de OD neste trecho.

De acordo com CAMARGOS (2005), o ribeirão Arrudas e o ribeirão do Onça apresentaram a maior contribuição com matéria orgânica nos cursos de água monitorados na bacia do rio das Velhas, apresentando ocorrências de DBO em concentração elevada.

Segundo Valente *et al.* (1997) a concentração de saturação de oxigênio dissolvido está em torno de 8,0 mg.L⁻¹, a 25°C, entre 0 e 1000 metros. Valores de OD inferiores ao valor de saturação indicam presença de matéria orgânica, e valores superiores indicam a existência de crescimento exacerbado de algas, pois elas liberam oxigênio durante a fotossíntese (CETESB, 2005).

Segundo Mateus e Tundisi (1988), em rios, geralmente, a concentração de OD é alta devido à turbulência, e sua concentração varia de um curso d'água para outro ou no mesmo rio devido às alterações nas características geomorfológicas, condições climáticas, processos erosivos e usos e ocupação do solo.

No presente estudo, o oxigênio dissolvido apresentou maior variação no agrupamento G3, das estações de monitoramento com presença de florações de cianobactérias e maior mediana no agrupamento G1, que concentra as estações de monitoramento que se localizam em uma região com maiores altitudes, sendo que a altitude média do agrupamento G1 é de 740m, enquanto a do agrupamento G3 é de 560 m.

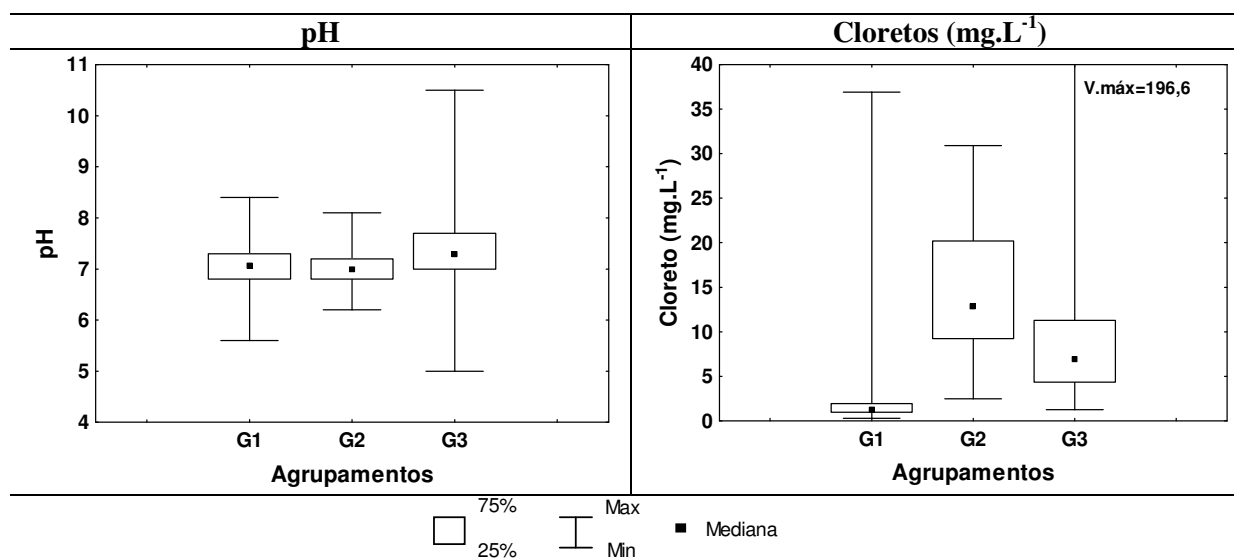


Figura 5.7: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010

O pH apresentou maior variação (entre 4,8 e 10,7) e maior mediana no agrupamento G3. De acordo com MAIER (1987) as águas dos rios brasileiros apresentam pH com tendência neutra a ácida, fato que não foi observado nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3, indicando sua relação com a presença de florações de cianobactérias e algas que, em seu processo fotossintético, retiram da água o gás carbônico deixando o meio alcalino.

Em um estudo realizado por MATSUMURA-TUNDISI *et al.*(1986) em um ambiente lântico de São Paulo houve associação entre a elevação do pH da água e o intenso processo fotossintético ocorrido no meio.

Os íons cloretos são advindos da dissolução de sais. Desta forma, um aumento no teor desses ânions na água é indicador de uma possível poluição por águas utilizadas na agricultura, bem como esgotos (através de excreção de cloreto pela urina) ou por despejos industriais, e acelera os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água (IGAM, 2007).

O maior valor para os íons cloreto foi verificado para as estações de amostragem do agrupamento G3, enquanto a maior mediana foi observada para o agrupamento G2. Esta observação pode ser explicada pelo fato de que as estações de monitoramento pertencentes à estes grupos se localizam em áreas predominantemente agrícolas.

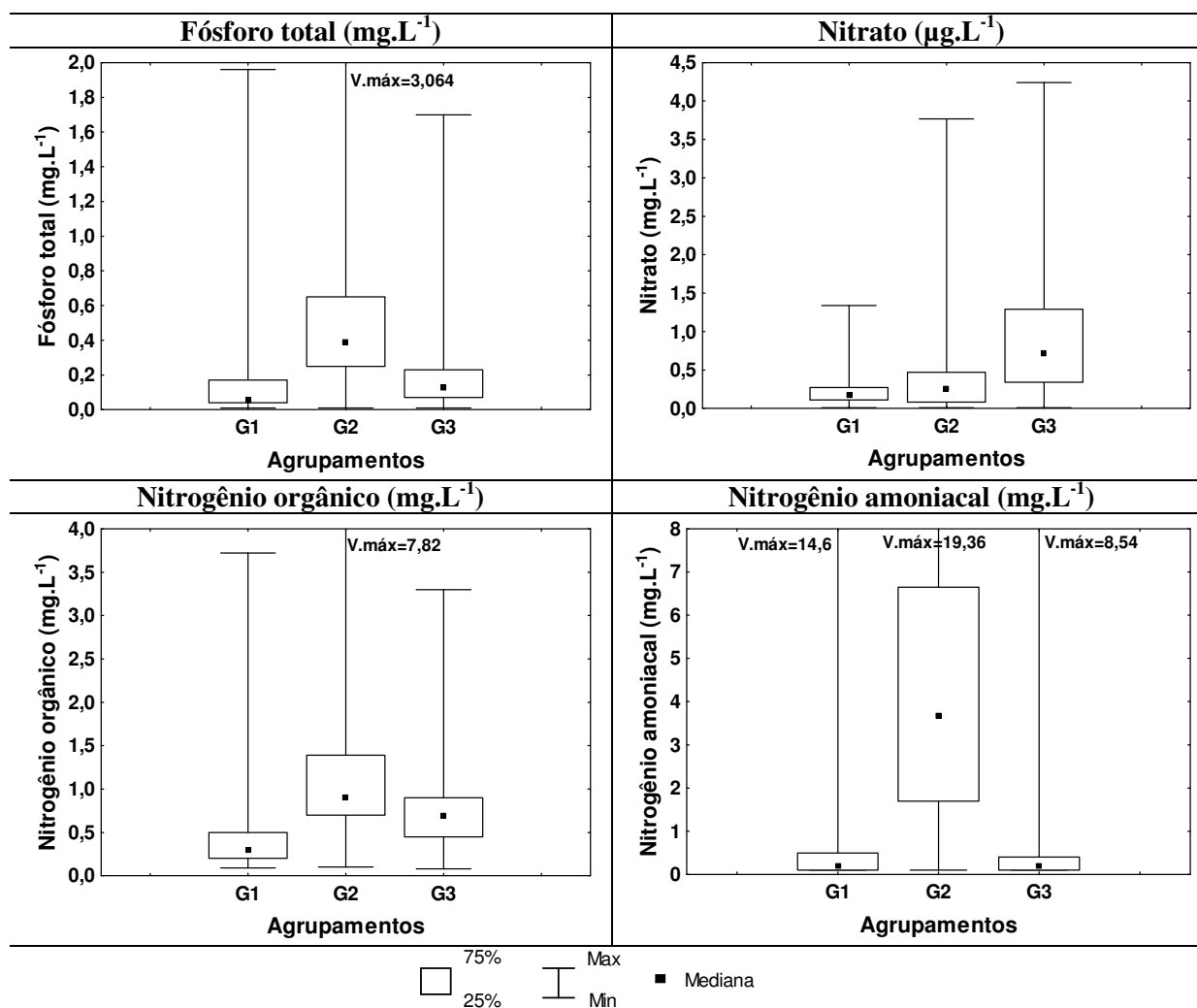


Figura 5.8: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

As séries históricas dos parâmetros fósforo total, nitrato e nitrogênio orgânico também apresentaram valores medianos significativamente diferentes entre si para todos os agrupamentos estudados

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento das cianobactérias e microalgas, porém em elevadas concentrações poderá levar ao aumento expressivo da produtividade primária resultando no processo de eutrofização do ambiente aquático. Varias espécies de cianobactérias são capazes de armazenar este nutriente, vindo a utilizá-lo quando houver baixa disponibilidade do mesmo no ambiente (CHORUS & BARTRAM, 1999).

O maior valor encontrado, assim como a maior mediana foram verificados no agrupamento G2, corroborando com os estudos de IGAM (2007) que verificou que, no rio das Velhas, as concentrações mais elevadas de fósforo total e nitrogênio amoniacoal são registradas na região metropolitana de Belo Horizonte, sendo que os valores mais elevados desses elementos foram

observados nas estações BV105, BV153 e BV137, que estão localizadas no rio das Velhas após a confluência do ribeirão do Onça e da Mata, em Santa Luzia e em Lagoa Santa, respectivamente, indicando poluição por descarga de esgotos sanitários.

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações deste nutriente superiores a 10 mg.L^{-1} , demonstram condições sanitárias inadequadas, uma vez que as principais fontes de nitrato são dejetos humanos e animais (BRASIL, 2004).

Segundo MATOS (2006), em águas superficiais, a concentração de nitrato não ultrapassa 5 mg.L^{-1} , a menos que ocorra poluição excessiva, e condições plenas de aeração da água. Os maiores valores de nitrato foram verificados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3, mas todos eram inferiores a 5 mg.L^{-1} . Esse fato indica que o aporte de nitrogênio pode ser baixo no sistema, e que a descarga de esgotos domésticos no rio das Velhas não tem influência significativa na concentração de nitrato na água.

Um estudo que determinou a influência do uso e da cobertura do solo como fonte de poluição difusa na alteração da qualidade da água na Bacia do Rio das Velhas, verificou a contribuição das áreas de eucalipto como fonte de alteração nos níveis de nitrato em algumas das estações de monitoramento do médio e baixo curso do rio (SANTOS, 2005).

O nitrogênio orgânico está presente na água em forma de suspensão e é oriundo principalmente de fontes biogênicas. Resultados de análise da água com alteração de nitrogênio nas formas predominantemente reduzidas (nitrogênio orgânico e amoniacal) indicam que a fonte de poluição encontra-se próxima, ou seja, caracteriza-se por uma poluição recente (IGAM, 2007). Os maiores valores de concentração para o nitrogênio orgânico, assim como as maiores medianas foram observadas nas estações de monitoramento do médio curso do rio das Velhas, indicando que este trecho do rio representa a zona de degradação no processo de autodepuração natural do rio.

O nitrogênio amoniacal apresentou um comportamento diferente com diferenças significativas apenas entre os agrupamentos G1 e G2 e entre G2 e G3. O agrupamento G2 foi o que obteve maior variação deste parâmetro, alcançando o valor máximo de $19,3 \text{ mg.L}^{-1}$.

Conforme discutido anteriormente, o agrupamento G2 apresentou as menores concentrações de oxigênio dissolvido e concentrações mais elevadas para a DBO, justificando os valores encontrados para o nitrogênio amoniacal, pois este pode estar relacionado com a produção do íon amônio através da decomposição da matéria orgânica.

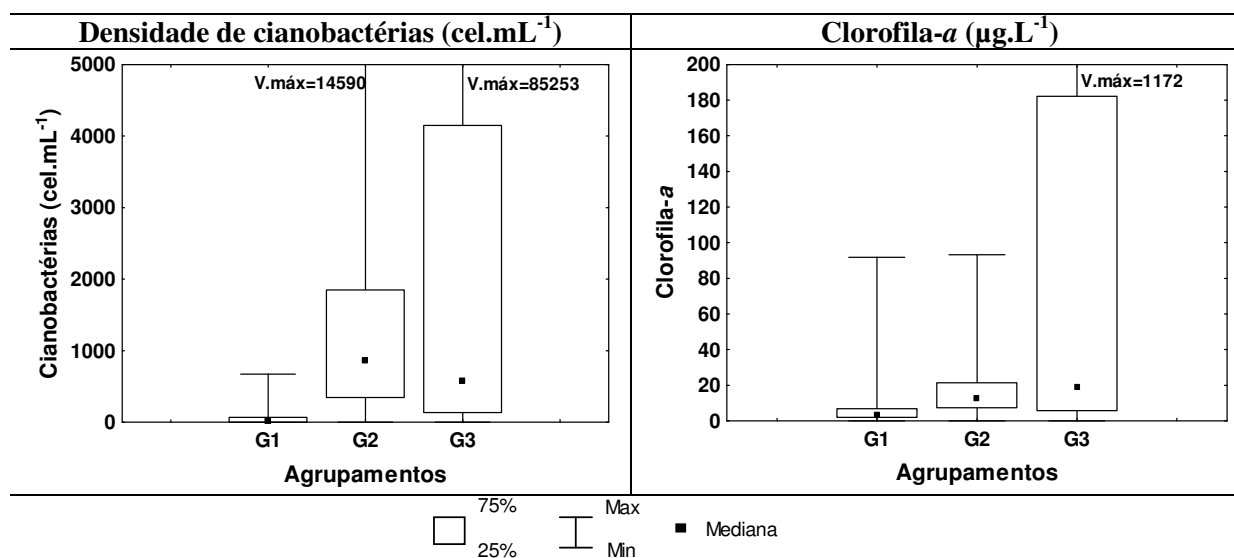


Figura 5.9: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem situadas ao longo do curso do rio das Velhas no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

Os parâmetros densidade de cianobactérias e clorofila-*a* apresentaram comportamentos semelhantes, e foram verificadas diferenças significativas apenas entre os agrupamentos G1 e G2 e entre G1 e G3. Para o agrupamento G3, as concentrações de clorofila-*a* foram acompanhadas por grandes densidades de cianobactérias o que caracteriza uma floração, uma consequência direta da eutrofização.

As florações de cianobactérias são influenciadas por diversos fatores físicos e químicos, tais como pH elevado, temperatura da água acima de 20°C, ambientes com pouca luminosidade e baixas concentrações de CO₂ (CALIJURI *et al.*, 2006).

Para as estações de monitoramento do agrupamento G3, pertencentes aos trechos de baixo e médio curso do rio das Velhas, foram verificados nos gráficos acima os maiores valores de temperatura da água, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, cloretos e nitrato. Os valores de temperatura corroboram com os estudos de CHORUS & BARTRAM (1999), que afirmam que a maioria das cianobactérias apresenta um crescimento maior em ambientes onde as temperaturas estão entre 15° e 30°C, atingindo o crescimento máximo em temperaturas acima dos 25°C.

Outra variável importante, na avaliação do agrupamento G3 é o índice pluviométrico, pois este interfere na turbulência, no fluxo do rio e, conseqüentemente, no transporte de materiais, dentre outros fatores que influenciam no aparecimento de florações de cianobactérias.

Na Figura 5.10 observamos o baixo índice pluviométrico verificado para algumas estações de amostragem no ano 2007, ano de aparecimento das florações de cianobactérias no rio das Velhas.

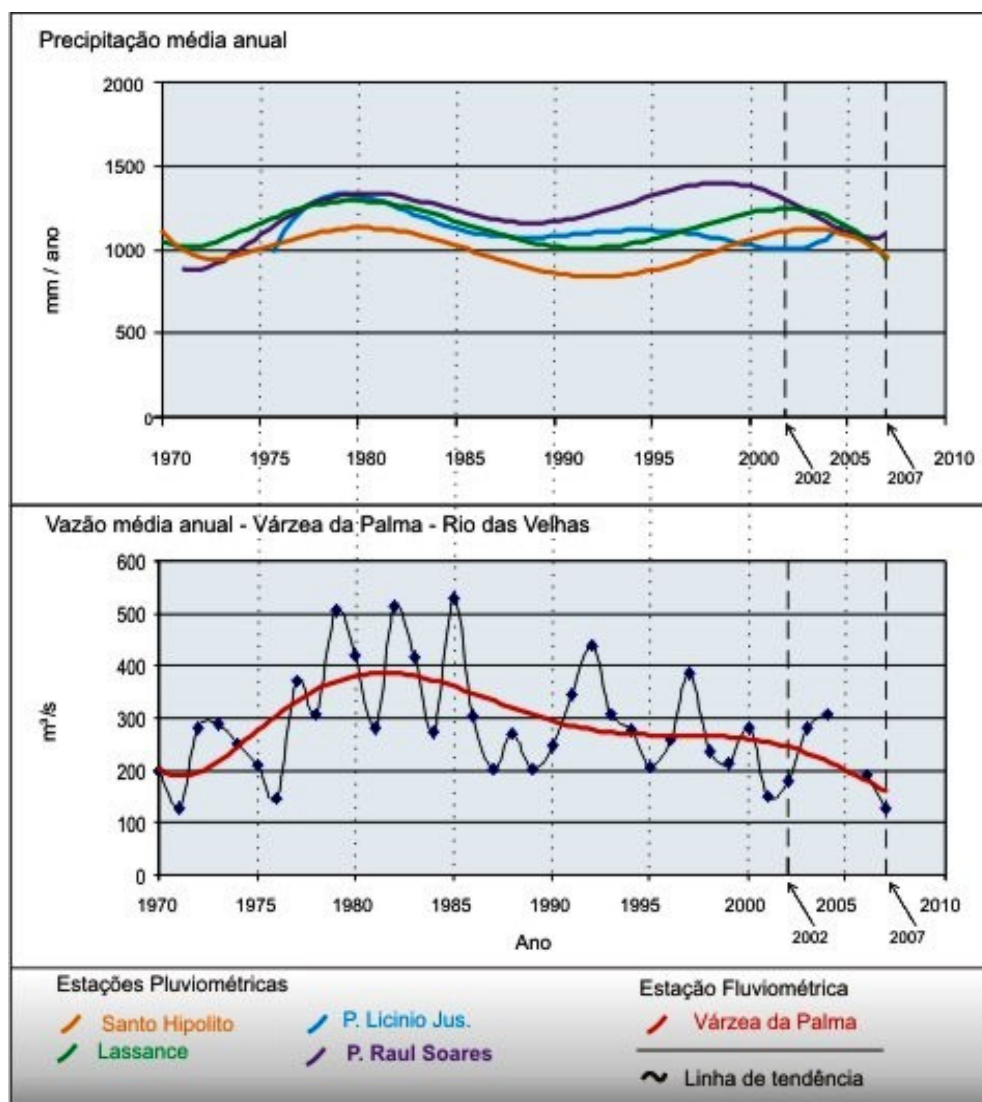


Figura 5.10: Hidrograma de vazão média anual e precipitação média no período de janeiro de 1970 a 2007. (FONTE: EUCLYDES *et al.*, 2007).

A estação fluviométrica de Várzea da Palma corresponde à estação de amostragem BV148. As estações pluviométricas de Santo Hipólito e Lassance estão localizadas no baixo curso do rio das Velhas, enquanto as da ponte Licínio e ponte Raul Soares (BV137) estão localizadas no médio curso do rio das Velhas.

Observando o hidrograma, verifica-se que a estação de Várzea da Palma apresentou uma redução nos valores das vazões médias. Vale ressaltar que os dados desta estação refletem o

comportamento global da bacia do rio das Velhas, por estar localizada próximo à foz do rio das Velhas, representando 89% da área da bacia (EUCLYDES *et al.*, 2007).

Ainda segundo EUCLYDES *et al.* (2007), considerando que a variação das vazões apresentam, em geral, tendências semelhantes às das precipitações nas estações estudadas, pode-se inferir que os menores valores observados nos valores das vazões mínimas quando comparadas com os valores das precipitações, no último ciclo sazonal (2002 a 2007), decorrem da interferência nas vazões do rio das Velhas, em razão de o crescimento da agricultura irrigada, na bacia

Alguns trabalhos correlacionam a ocorrência de florações de cianobactérias com o baixo índice pluviométrico do ano de 2007, como o de JARDIM *et al.* (2008), que estudou as florações de cianobactérias nas captações de água em rios de Minas Gerais durante a estação seca de 2007. SPERLING & JARDIM (2009), concluíram que a presença de nutrientes, aliada a períodos secos e de baixa vazão configuram a causa básica para os processos de eutrofização em águas quentes, como no caso do rio das Velhas.

Para explorar as diferenças entre as estações de amostragem pertencentes a cada um dos agrupamentos foram efetuadas novas análises comparativas e novamente foi aplicado o teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis (ao nível de significância de 5%), considerando, desta vez, as estações de monitoramento dentro dos agrupamentos definidos por meio do teste de agrupamentos.

5.2.2 Agrupamento G1

O agrupamento G1 é formado pelas estações de monitoramento BV013, BV037, BV139, BV063, BV067 e BV083, todas localizadas no trecho do alto curso do rio das Velhas. As Figuras 5.11 e 5.12 apresentam os gráficos “box-whisker” para os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre as estações de amostragem deste agrupamento no teste estatístico de comparações múltiplas aplicado ao nível de significância de 5%.

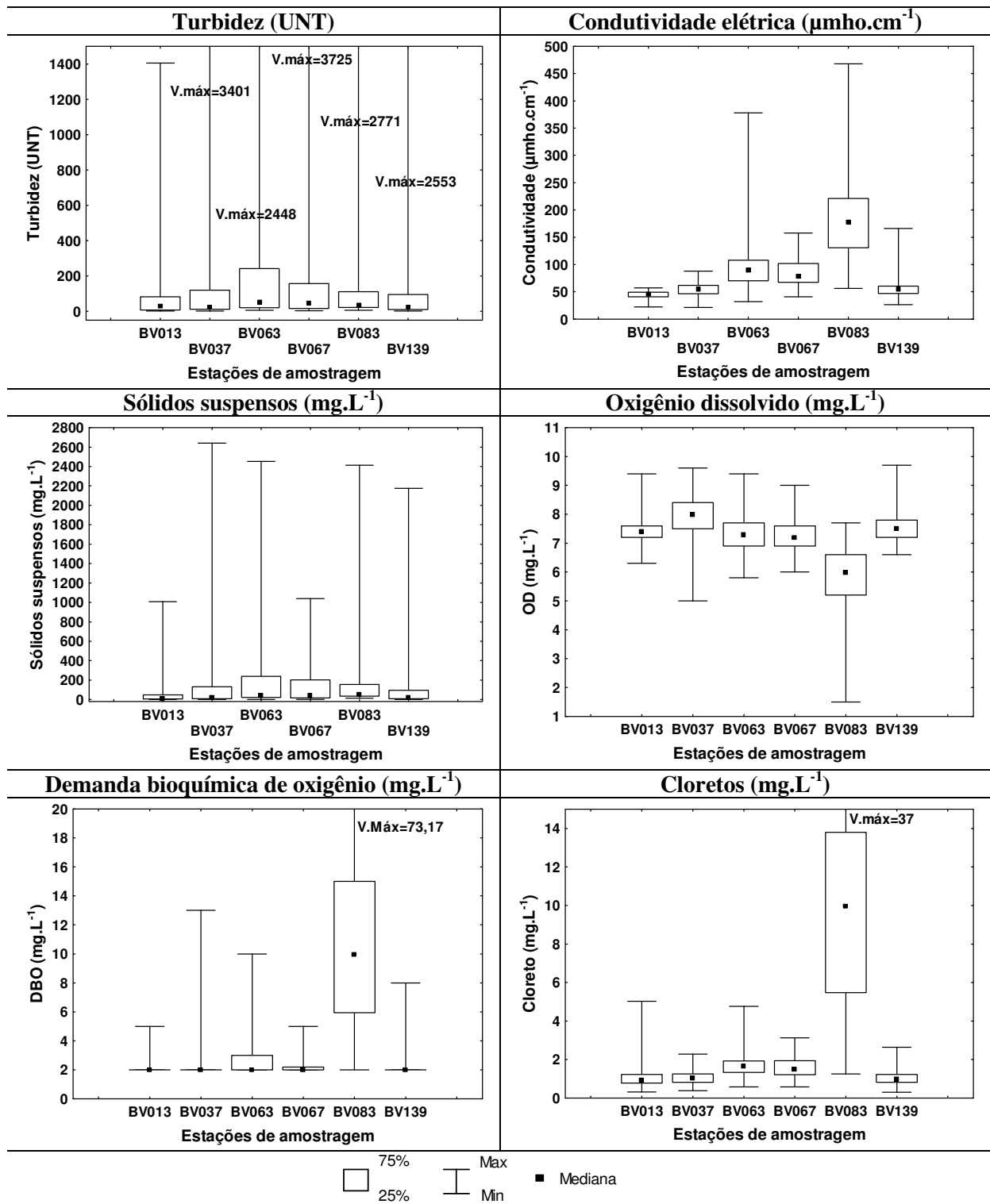


Figura 5.11: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G1 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

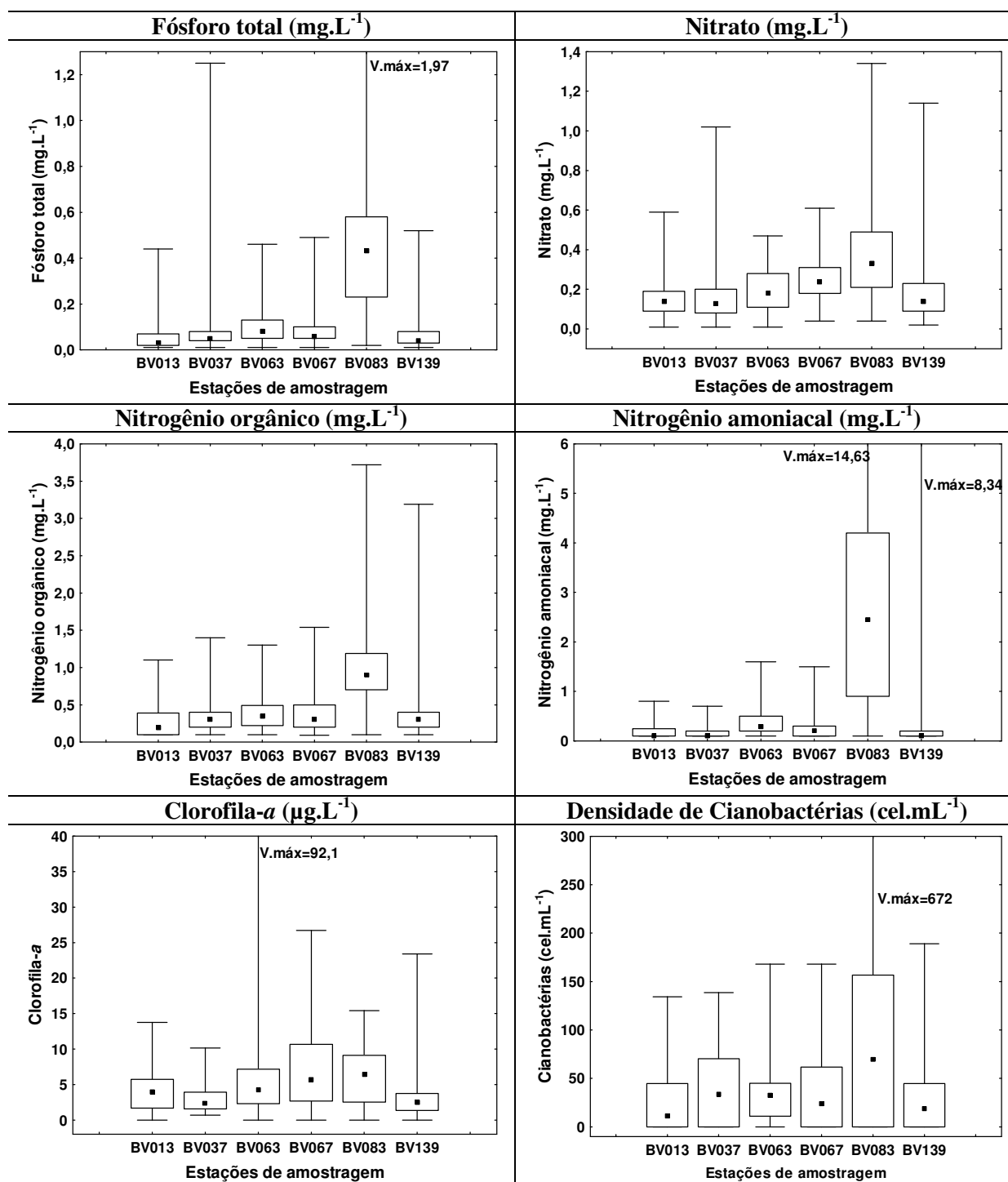


Figura 5.12: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G1 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

Vale ressaltar que os gráficos “box-whisker” para a densidade de cianobactérias não apresentaram diferenças significativas no teste de comparações múltiplas, mas foram adicionados à Figura 5.12 apenas a título de ilustração.

Após a aplicação de testes de comparações múltiplas, analisando os gráficos “box-plot” entre as estações de amostragem do alto curso do rio das Velhas, verificamos que a estação BV083

apresentou diferenças significativas quando comparada a todas as outras estações de amostragem, para os parâmetros condutividade, oxigênio dissolvido, DBO, cloretos, fósforo, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal. Para o parâmetro nitrato, a estação BV083 só não apresentou diferenças significativas quando comprada a estação BV067. A densidade de cianobactérias não apresentou diferenças significativas entre nenhuma das estações de amostragem, mas ainda assim, foi verificada maior densidade para a estação BV083.

O aumento da concentração destes parâmetros na estação BV083, pode ser explicado pelo lançamento de despejos contendo matéria orgânica, principalmente esgotos domésticos e efluentes de processos industriais de natureza animal e vegetal, que são os principais responsáveis pelo incremento de matéria orgânica e nutrientes e pela redução de oxigênio dissolvido nas águas, pois esta estação de amostragem está localizada logo após o recebimento das águas do ribeirão Arrudas.

5.2.3 Agrupamento G2

O agrupamento G2 é formado pelas estações de monitoramento BV105, BV137 e BV153, todas localizadas no trecho do médio curso do rio das Velhas. As Figuras 5.13 e 5.14 apresentam os gráficos “box-whisker” para os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre as estações de amostragem deste agrupamento no teste estatístico de comparações múltiplas aplicado ao nível de significância de 5%.

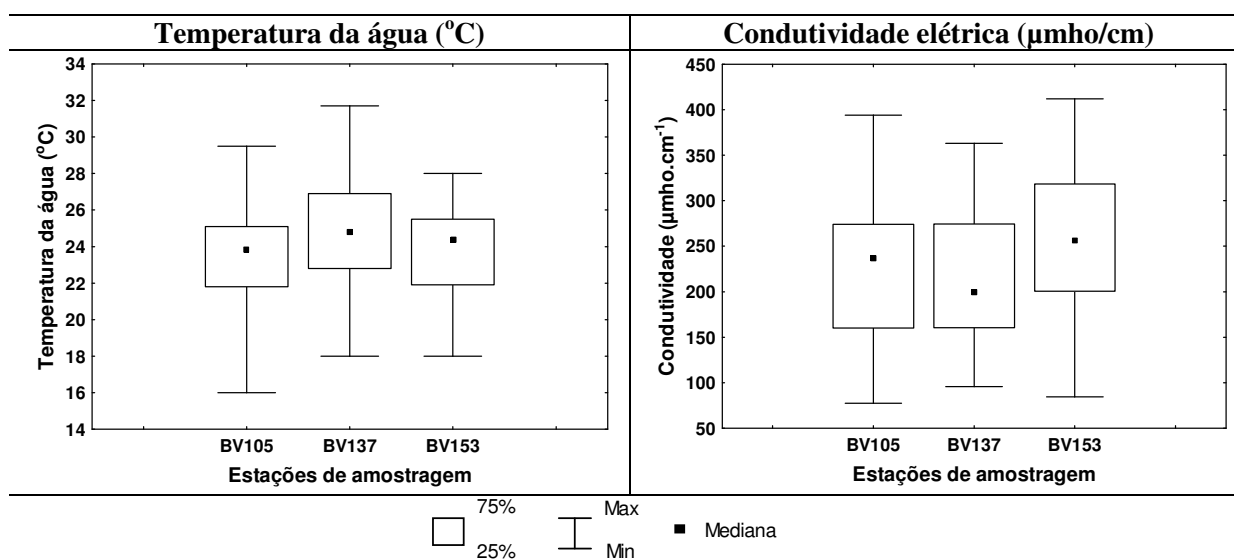


Figura 5.13: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G2 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

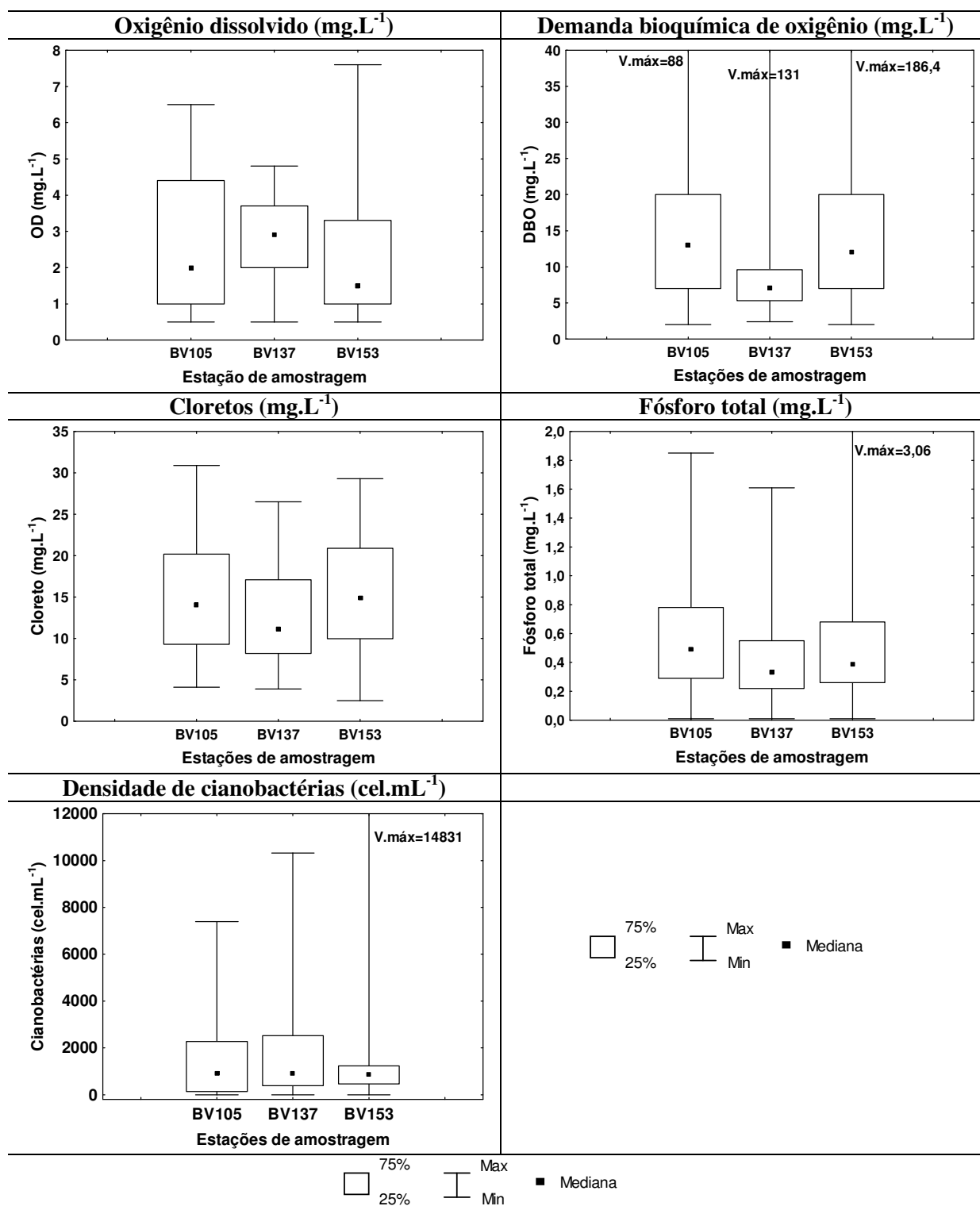


Figura 5.14: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G2 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

Novamente, os gráficos “box-whisker” para a densidade de cianobactérias não apresentaram diferenças significativas entre as estações de amostragem deste agrupamento após a aplicação do teste de comparações múltiplas, mas foram adicionados à Figura 5.14 apenas a título de ilustração.

O ponto de amostragem BV137 apresentou diferenças significativas para os parâmetros temperatura da água, DBO e fósforo total, enquanto na estação BV153 foram verificadas diferenças significativas para os parâmetros condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Também na estação BV153 foi verificado o maior valor para a densidade de cianobactérias, que chegou a atingir 14.831cel.mL^{-1} .

5.2.4 Agrupamento G3

O agrupamento G3 é formado pelas estações de monitoramento BV141, BV142, BV156, BV149, BV152, BV146 e BV148, sendo as três primeiras localizadas no trecho do médio curso do rio das Velhas e as restantes integram o trecho de baixo curso do rio das Velhas.

As Figuras 5.15 a 5.18 apresentam os gráficos “box-whisker” para os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre as estações de amostragem deste agrupamento no teste estatístico de comparações múltiplas aplicado ao nível de significância de 5%.

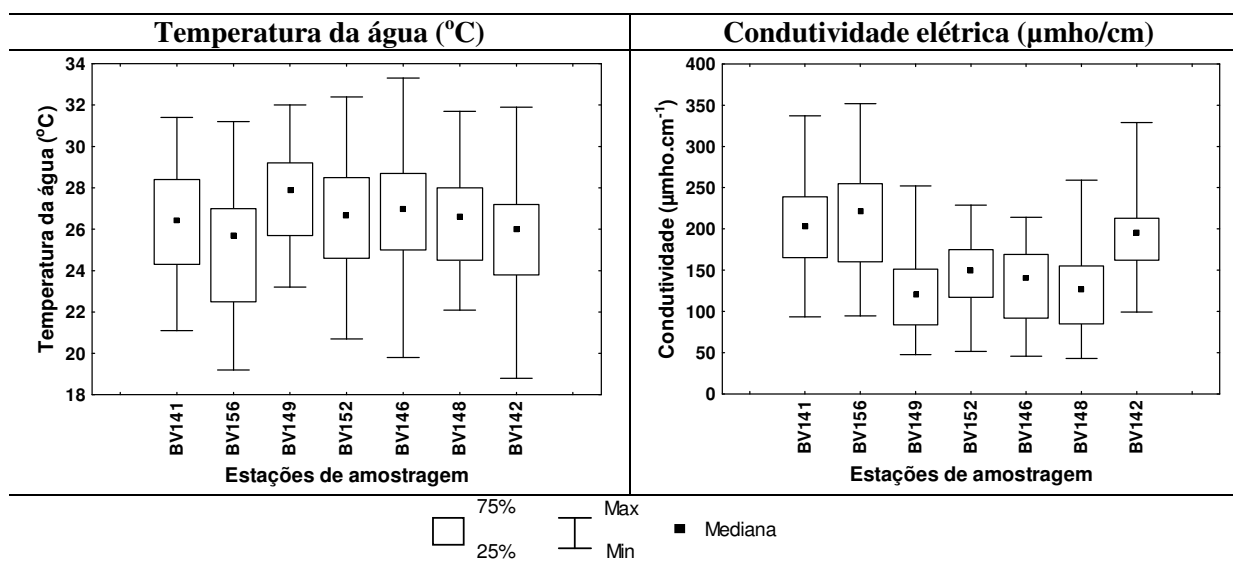


Figura 5.15: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

Para o parâmetro temperatura a estação BV156 apresentou diferenças significativas apenas das estações de amostragem BV149, BV152 e BV146, que se localizam à jusante da mesma no curso do rio das Velhas.

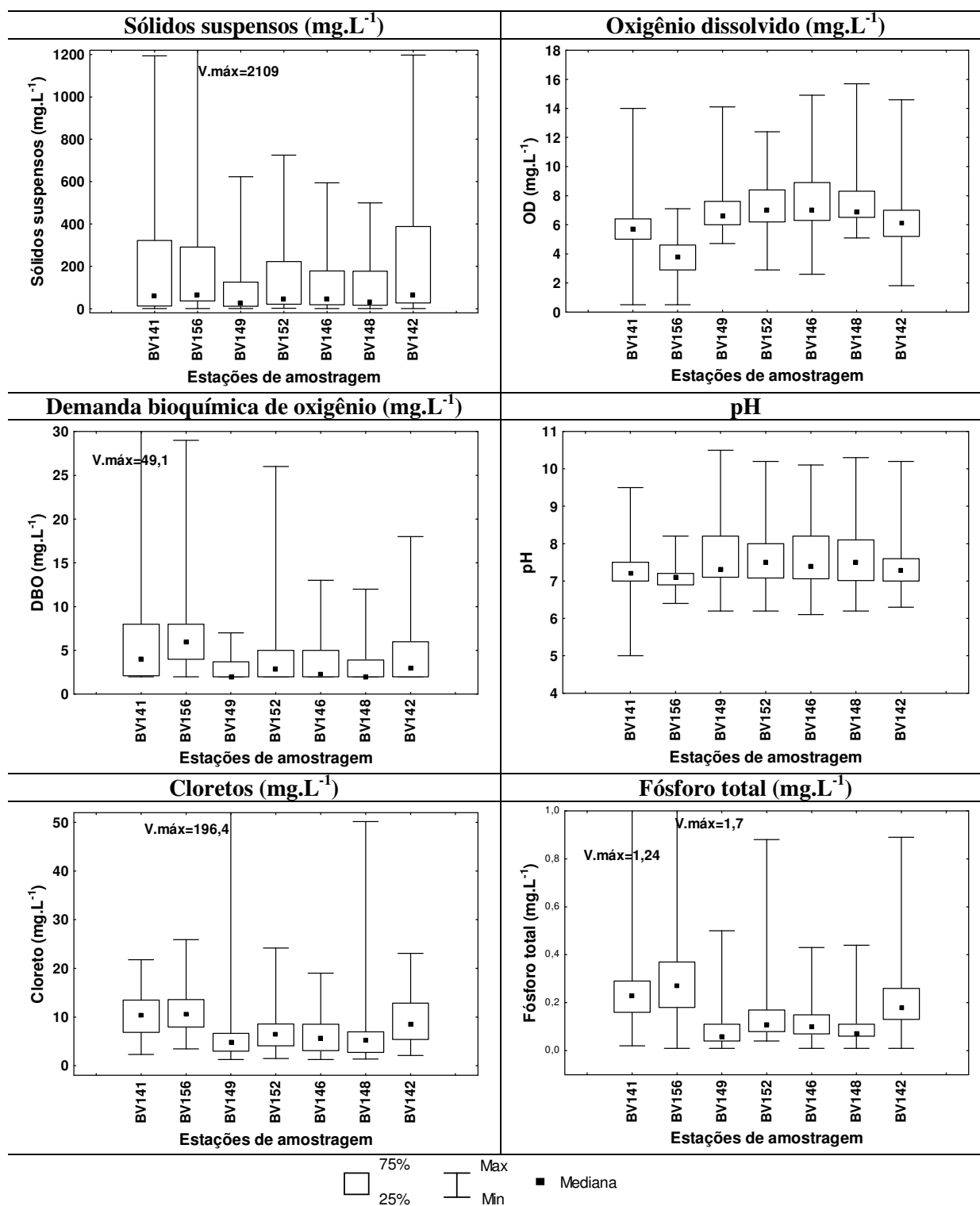


Figura 5.16: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

A estação BV149 foi considerada significativamente diferente da estação BV156 para o parâmetro sólidos suspensos totais (SST), sendo que nesta última, foi verificado o maior valor para este parâmetro, chegando a 2.109 mg.L^{-1} .

Para o parâmetro oxigênio dissolvido, a estação de amostragem BV156 foi considerada significativamente diferente de todas as outras estações do agrupamento analisado, sendo que nesta estação foram verificados os menores valores medidos para este parâmetro.

A estação de monitoramento BV156 foi considerada significativamente diferente de todas as outras estações de amostragem (exceto BV141 e BV142, que também se localizam no médio curso do rio das Velhas, a jusante da estação em questão), para os parâmetros pH, cloretos, DBO, condutividade elétrica e fósforo total, apresentado maiores valores de medianas (exceto para o pH).

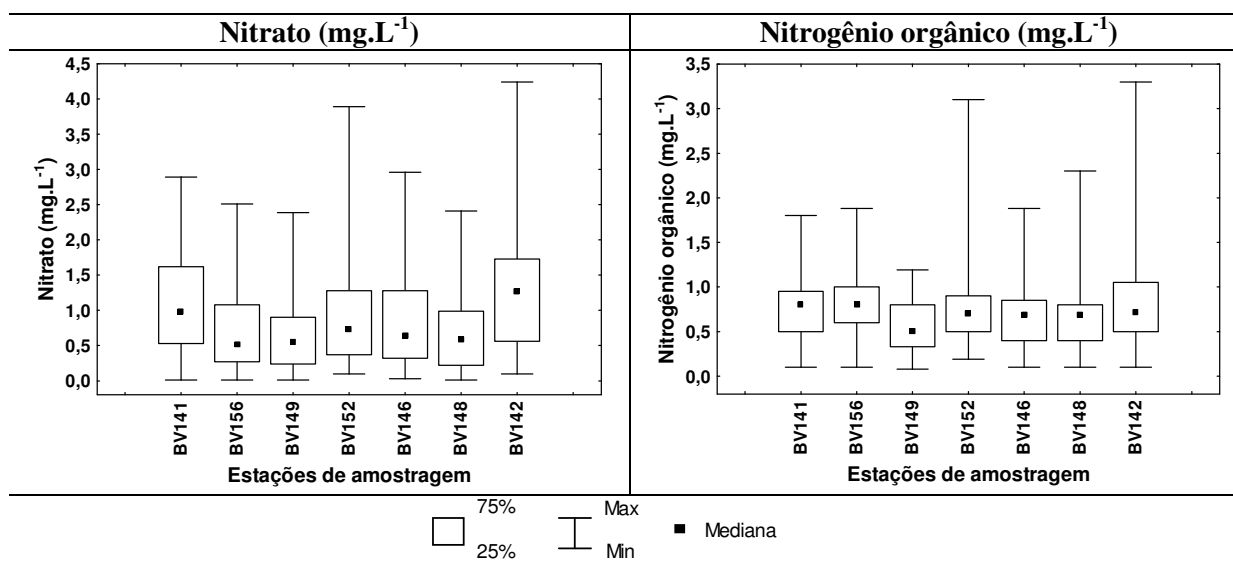


Figura 5.17: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

Para o parâmetro nitrato, apenas a estação de amostragem BV142 apresentou valores significativamente maiores quando comparada aos outros pontos de monitoramento deste agrupamento.

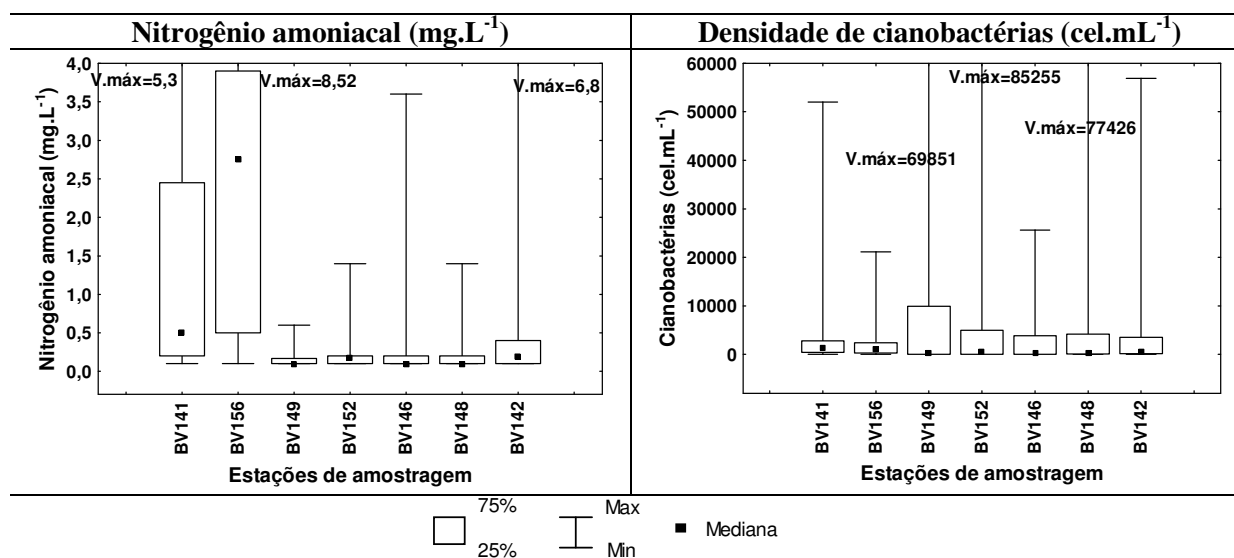


Figura 5.18: Gráficos “box-plot” representando a variação dos parâmetros avaliados nas estações de amostragem pertencentes ao agrupamento G3 no período de janeiro de 1998 a setembro de 2010.

Nas estações BV141, BV142 e BV156 foram verificados valores significativamente maiores de nitrogênio orgânico. Já para o nitrogênio amoniacoal, apenas as estações BV141 e BV156 apresentaram valores maiores.

Os gráficos “box-whisker” para a densidade de cianobactérias não apresentaram diferenças significativas entre as estações de amostragem deste agrupamento após a aplicação do teste de comparações múltiplas, mas foram adicionados à Figura 5.18 apenas a título de ilustração.

Todas as estações de amostragem reunidas neste agrupamento se destacaram por em algum momento durante o período de monitoramento, apresentarem um número superior a 20.000 cel.mL⁻¹, que corresponde ao valor considerado indicativo de início de floração.

Os maiores valores para o parâmetro densidade de cianobactérias foram verificados nas estações BV152 (85.222 cel.mL⁻¹), BV148 (77.426 cel.mL⁻¹) e BV149 (69.851 cel.mL⁻¹), todas localizadas no baixo curso do rio das Velhas.

CAMARGOS (2005) e IGAM (2007) afirmam que a melhoria da qualidade das águas do rio das Velhas é verificada à medida em que este rio recebe afluentes que apresentam águas de melhor qualidade como o rio Cipó, Pardo Grande e Curimataí, a partir da estação de amostragem BV152, no baixo curso do rio, onde há uma redução da turbidez e predominam as ocorrências de índices de qualidade de água (IQA) Médio e Bom, sobretudo no período seco. O IQA bom é verificado principalmente nas estações de monitoramento próximas à sua foz no rio São Francisco, a partir da estação de amostragem BV148, onde as águas

encontram-se saturadas de oxigênio dissolvido e a quantidade de matéria orgânica é baixa, demonstrando a melhor capacidade de autodepuração do rio.

Estas afirmações não corroboram os valores encontrados para o parâmetro densidade de cianobactérias para estes trechos do rio, pois nele foram encontrados os maiores valores de densidade destes microorganismos, que são potencialmente tóxicos e podem ocasionar inúmeros problemas de saúde pública, além de comprometer a qualidade e os usos da água.

5.3 Avaliação das estações de amostragem que apresentaram florações de cianobactérias

5.3.1 Análise de componentes principais

Para as estações de monitoramento que apresentaram em algum momento um número superior a 20.000 células de cianobactérias por mililitro (separadas na análise de agrupamentos e correspondendo ao agrupamento G3), uma análise de componentes principais (ACP) foi aplicada numa tentativa de explicar as possíveis associações entre os parâmetros analisados durante o período de monitoramento nestas estações de coleta (BV142, BV148, BV146, BV152, BV149, BV156, BV141).

Neste trabalho foi aplicado o critério do teste *scree* para identificar o número ótimo de fatores que podem ser extraídos antes que a quantia de variância única comece a dominar a estrutura da variância comum. A Figura 5.19 exibe os autovalores extraídos do estudo e pode ser observado que o ponto no qual o gráfico apresenta uma alteração na taxa de inclinação é indicativo do número máximo de fatores a serem extraídos. Os componentes principais (CP) foram extraídos pela diagonalização da matriz de correlação e a Tabela 5.1 sumariza os resultados, incluindo os carregamentos (correlação de cada variável com o componente principal) e os autovalores de cada componente principal. A variância coberta por cada componente principal depende do valor relativo de seus autovalores com respeito à soma total dos autovalores.

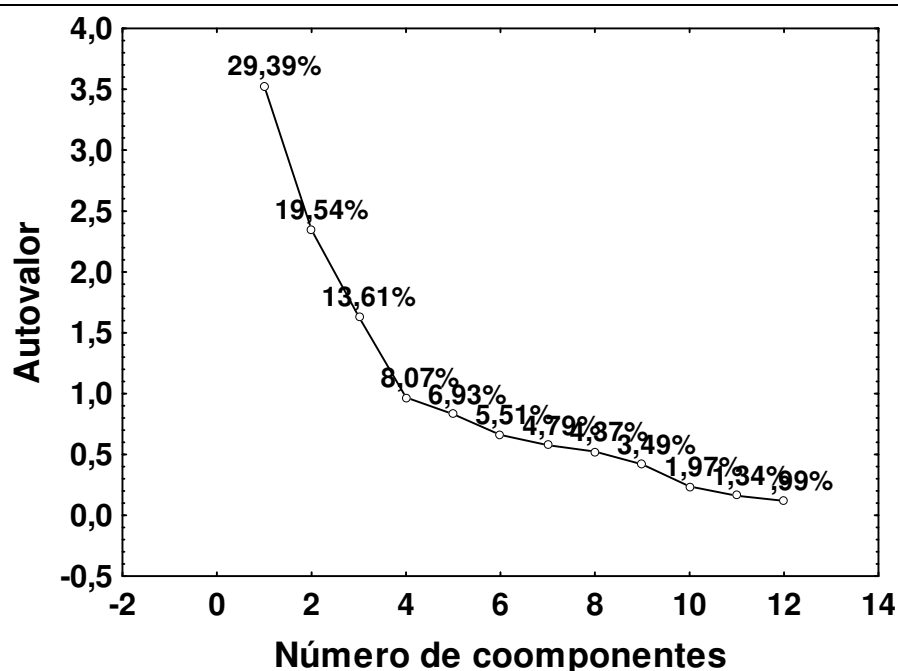


Figura 5.19: Gráfico de autovalor para a determinação de componentes principais pelo critério do teste *scree* nas estações de monitoramento que apresentaram florações de cianobactérias.

Analisando a Figura 5.19 podemos considerar que os quatro fatores iniciais foram considerados qualificados para as análises, sendo responsáveis pela explicação de cerca de 71% da variância contida no conjunto de dados originais. O valor absoluto de cada carregamento é um indicativo da participação das variáveis nos componentes principais (CP1 a CP4) e na Tabela 5.1 as contribuições máximas alcançadas por cada variável original são apresentadas em negrito.

Tabela 5.1: Carga fatorial dos parâmetros nos quatro componentes principais mais significativos para as estações de monitoramento analisadas.

	CP1	CP2	CP3	CP4
Temperatura	0,065	0,408	-0,620	-0,093
Turbidez	0,408	-0,554	-0,494	-0,099
Condutividade	-0,556	-0,528	0,359	-0,012
OD	-0,816	0,391	-0,135	0,059
DBO	-0,237	-0,761	-0,351	0,041
pH	-0,894	0,151	-0,147	0,110
Cloretos	-0,478	-0,213	0,109	0,733
Fósforo	0,057	-0,813	0,005	-0,090
Nitrato	-0,130	0,055	0,770	-0,279
N-orgânico	-0,464	-0,307	0,101	-0,365
N-amoniaco	-0,593	0,147	-0,195	-0,394
Cianobactérias	-0,840	-0,091	-0,238	-0,133
Clorofila-a	0,065	0,408	-0,620	-0,093
Autovalores	3,52	2,34	1,63	0,96
% de variância explicada	29,38	19,54	13,61	8,06
% cumulativo de variância	29,38	48,93	62,54	70,61

Como pode ser visto pela Tabela 5.1, o componente principal 1 (CP1) explica cerca de 29% da variância e tem a contribuição das variáveis condutividade elétrica, OD, pH, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal e densidade de cianobactérias. O CP2 explica 19% da variância e tem a participação negativa das variáveis turbidez, DBO e fósforo total. O CP3 (13,61% da variância) inclui o nitrato e as contribuições negativas da temperatura e da clorofila-*a*. Finalmente, o CP4 (8,06%) tem a contribuição positiva dos cloretos.

A Figura 5.20 apresenta um gráfico de dispersão para as duas primeiras componentes principais com base na matriz de correlação amostral dos parâmetros analisados, refletindo os principais agrupamentos no conjunto de dados.

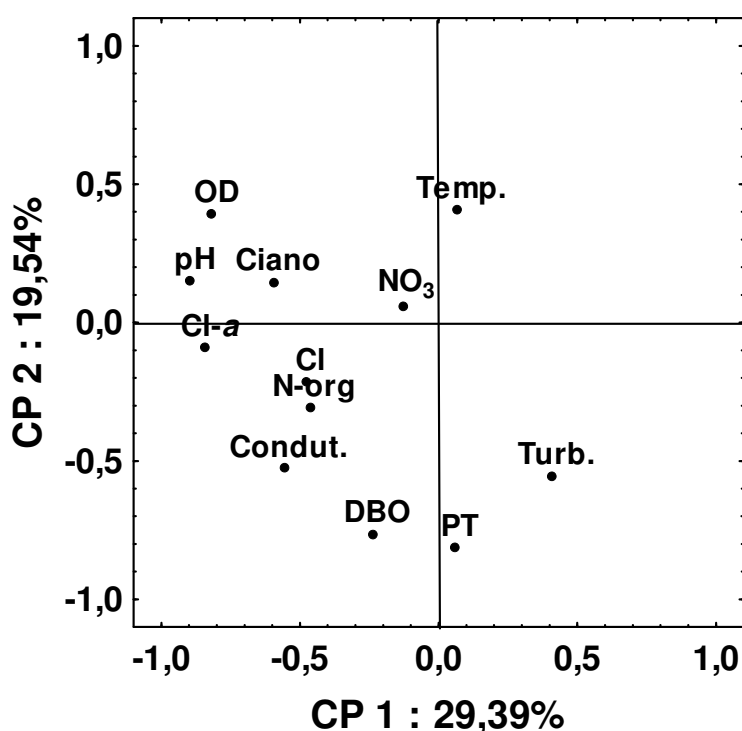


Figura 5.20: Ordenação (ACP) dos parâmetros analisados nas estações de monitoramento que apresentaram florações de cianobactérias no rio das Velhas-MG.

O gráfico de dispersão revelou algumas tendências que podem ser confirmadas posteriormente por meio da análise da matriz de correlação de Spearman. (Apêndice C). A densidade de cianobactérias se correlacionou positivamente com o parâmetro pH e negativamente com a turbidez em todas as estações de amostragem. O fósforo apresentou correlações negativas com a densidade de cianobactérias em cerca de 86% das estações de amostragem e apesar de nenhuma destas correlações ser significativa, poderiam, talvez, indicar o consumo deste nutriente pelas cianobactérias.

5.3.2 Análise dos parâmetros bióticos e abióticos monitorados nas estações de amostragem que apresentaram florações de cianobactérias

Para as estações de amostragem que apresentaram florações de cianobactérias (agrupamento G3) será apresentada uma análise detalhada dos parâmetros bióticos e abióticos abordados neste estudo. Os resultados serão apresentados considerando a localização das estações de amostragem ao longo do curso do rio das Velhas, ou seja, de montante para jusante.

São apresentados os resultados das séries temporais da evolução das cianobactérias, relacionando-as com os parâmetros físicos e químicos para cada estação de amostragem (Figuras 5.21 a 5.35). Foi considerado o período de monitoramento com frequência trimestral de outubro de 2007 a abril de 2008 e frequência de monitoramento mensal de julho de 2008 a setembro de 2010.

Os dados apresentados nos gráficos de séries temporais foram unidos por linhas tracejadas somente para melhorar a visualização das variações apresentadas pelos dados.

5.3.2.1 BV156

Foram efetuados gráficos de séries temporais para apresentar a evolução da densidade de cianobactérias (cel.mL^{-1}) e o comportamento de alguns parâmetros que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV156 (Apêndice C)

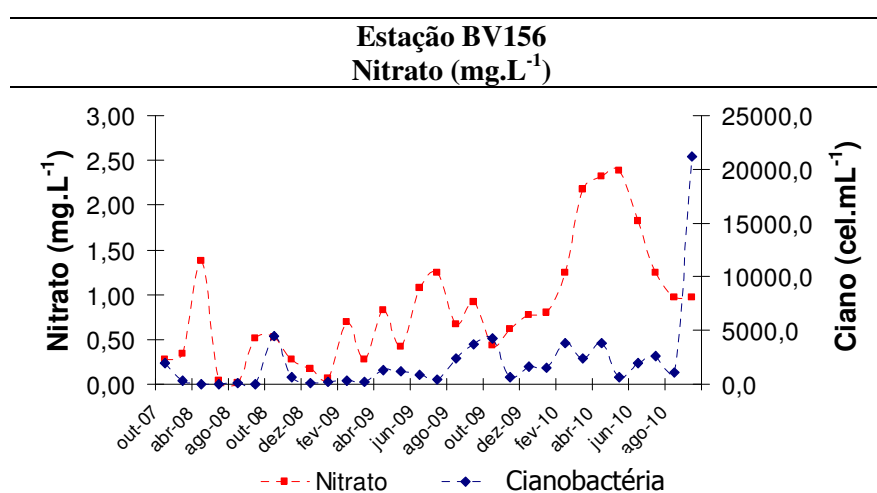


Figura 5.21: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro nitrato que apresentou correlação positiva na matriz de correlação de Spearman na estação BV156.

Para esta estação de amostragem, apenas o parâmetro nitrato (mg/L) apresentou uma correlação positiva na matriz de correlação de Spearman. Os maiores valores para este parâmetro foram verificados entre os meses de março e julho de 2010, mas todos estavam

inferiores a 5mg.L^{-1} , fato que indica que a descarga de esgotos domésticos neste ponto do rio das Velhas não tem influência significativa na concentração de nitrato na água. O decréscimo da quantidade de nitrato no sistema coincide com o aumento do número de células de cianobactérias, indicando o consumo deste nutriente.

5.3.2.2 BV141

Foram efetuados gráficos de séries temporais para apresentar a evolução da densidade de cianobactérias (cel.mL^{-1}) e o comportamento de alguns parâmetros que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV141 (Apêndice C).

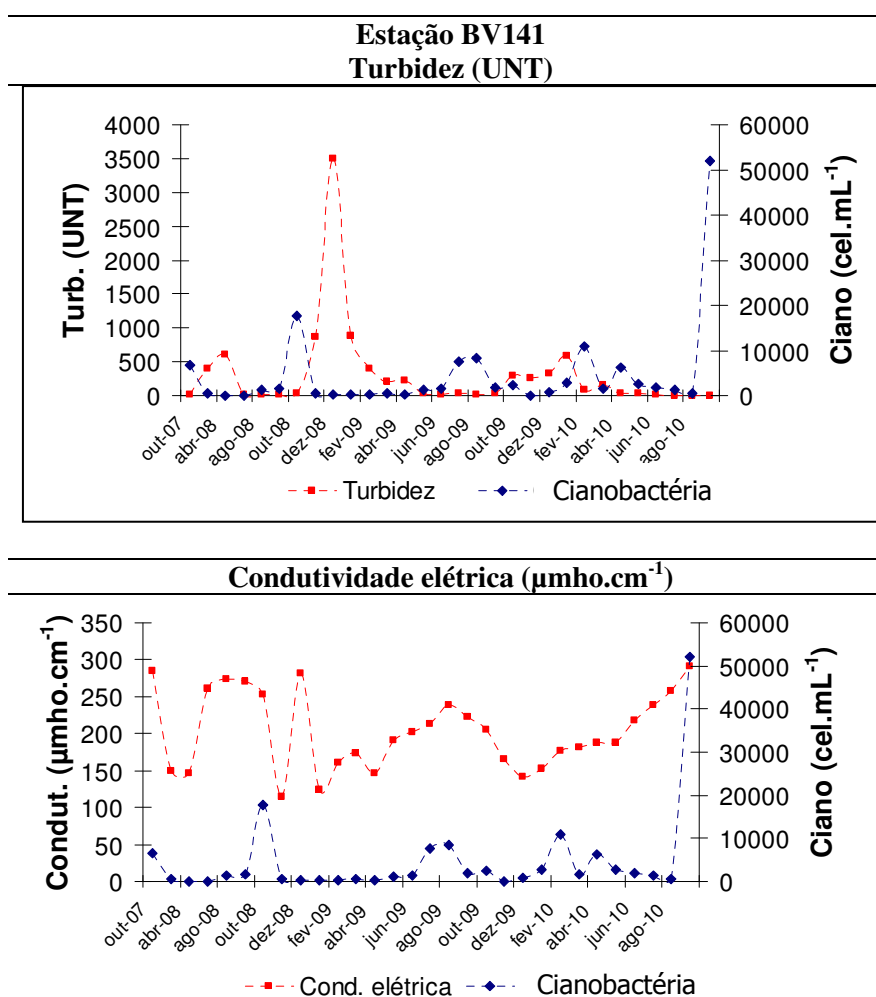


Figura 5.22: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias relacionada aos parâmetros turbidez e condutividade elétrica que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV141.

O maior valor de turbidez foi verificado logo após a ocorrência de floração, sendo que este parâmetro apresentou uma correlação negativa com a densidade de cianobactérias na matriz de correlação de Spearman.

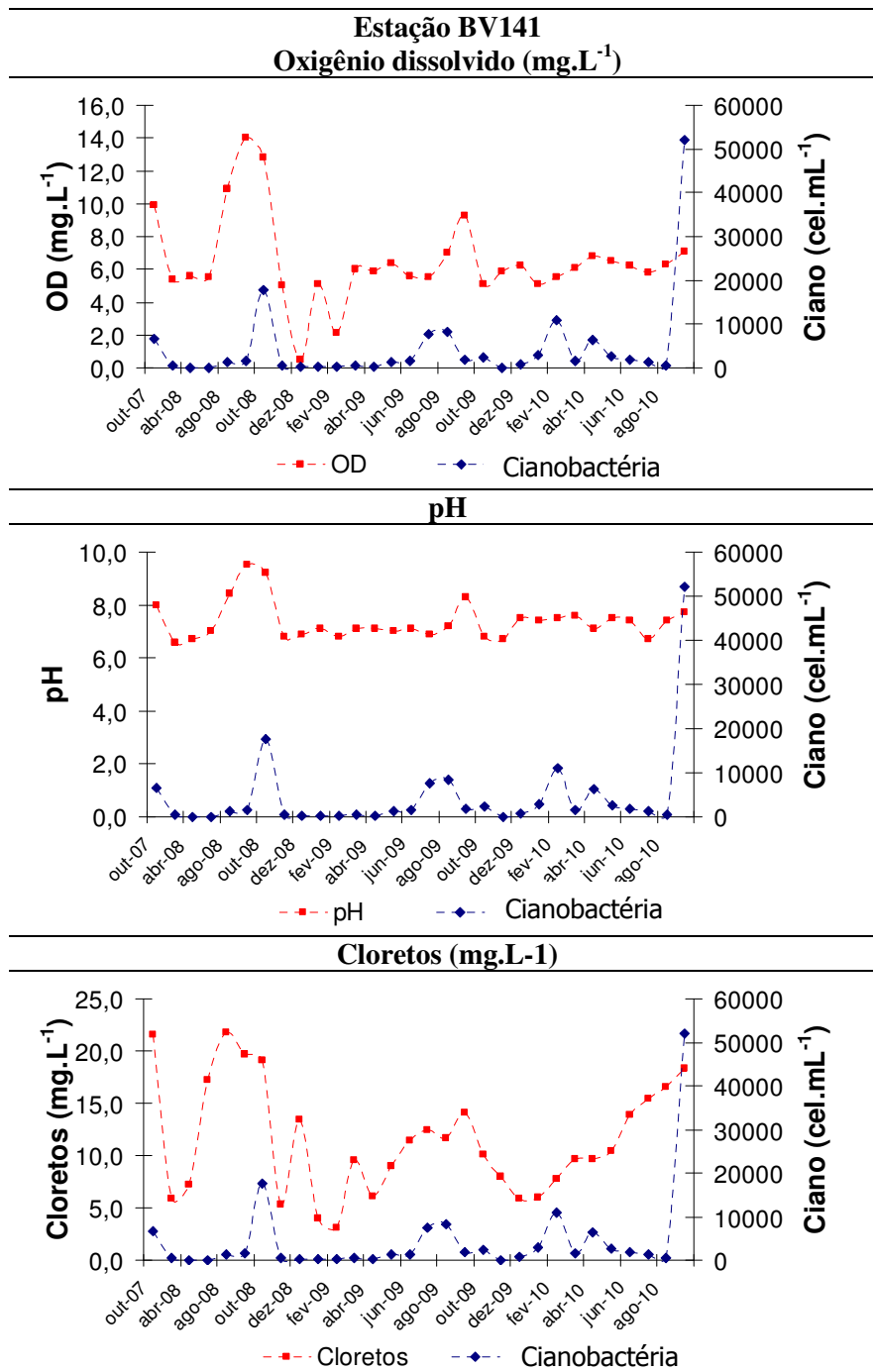


Figura 5.23: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros oxigênio dissolvido, pH e cloretos que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV141.

Para os parâmetros condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e cloretos foi observada uma correlação positiva com o parâmetro densidade de cianobactérias. Podemos observar nos gráficos, que os picos de valores para estes parâmetros foram acompanhados por elevada densidade de células.

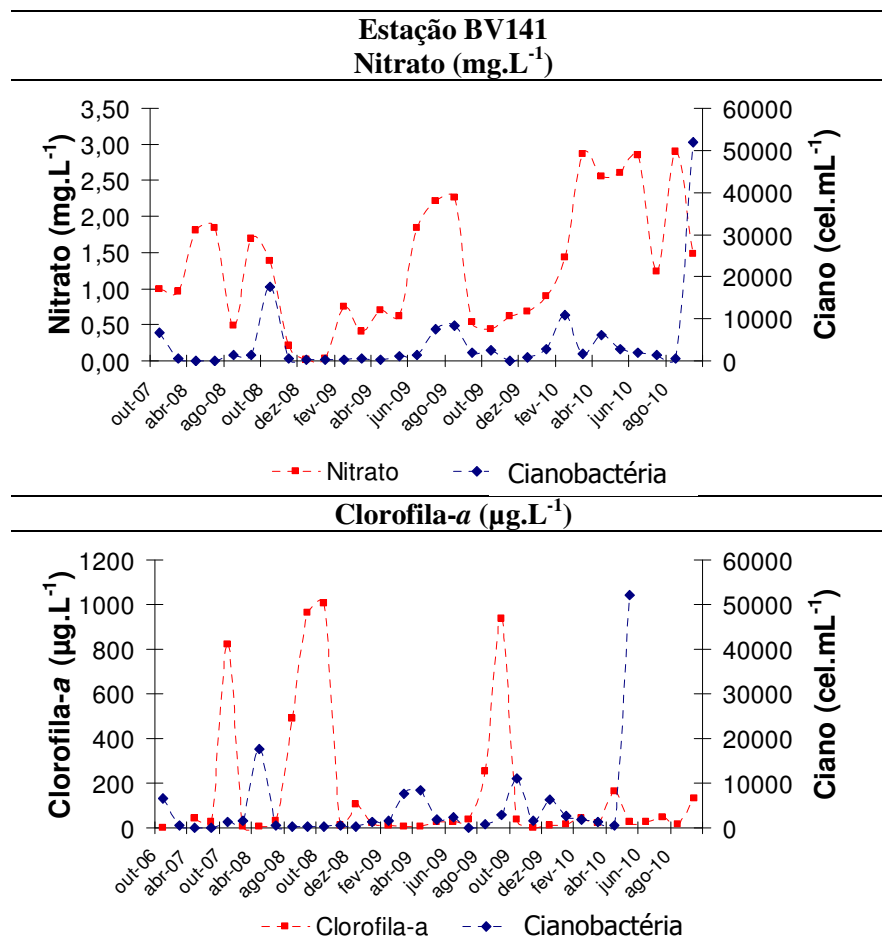


Figura 5.24: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros nitrato e clorofila-a, que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV141.

Seguindo a mesma tendência dos parâmetros anteriormente citados para a estação BV141, o nitrato e a clorofila-a, apresentaram correlação positiva com a densidade de cianobactérias.

5.3.2.3 BV142

Foram efetuados gráficos de séries temporais para apresentar a evolução da densidade de cianobactérias (cel.mL⁻¹) e o comportamento de alguns parâmetros que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV142 (Apêndice C).

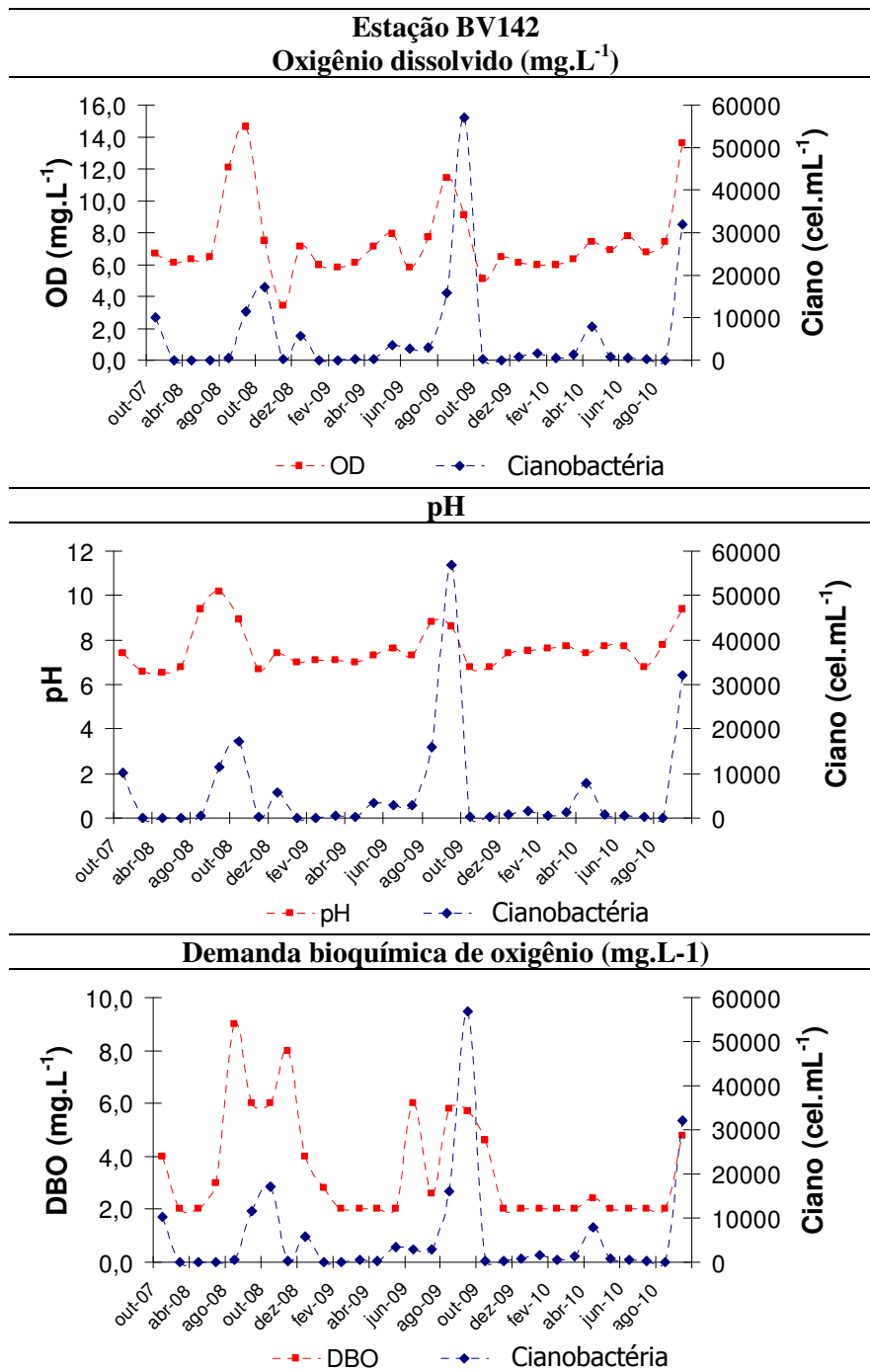


Figura 5.25: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros oxigênio dissolvido, pH e DBO que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV142.

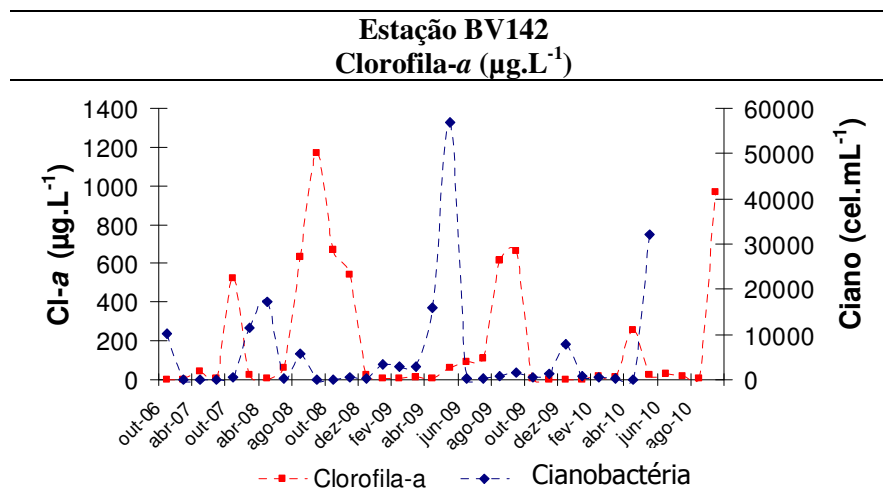


Figura 5.26: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro clorofila-a, que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV142.

Foi verificada uma correlação positiva com o parâmetro de densidade de cianobactérias na matriz de correlação de Spearman com a demanda bioquímica de oxigênio, o oxigênio dissolvido e o pH na estação de amostragem BV142.

5.3.2.4 BV152

Foram efetuados gráficos de séries temporais para apresentar a evolução da densidade de cianobactérias (cel.mL^{-1}) e o comportamento de alguns parâmetros que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV152 (Apêndice C).

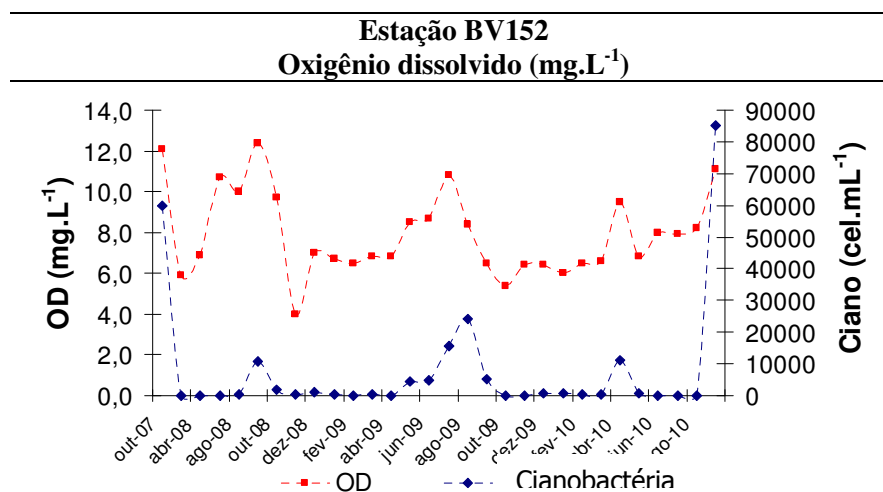


Figura 5.27: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro oxigênio dissolvido, que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV152.

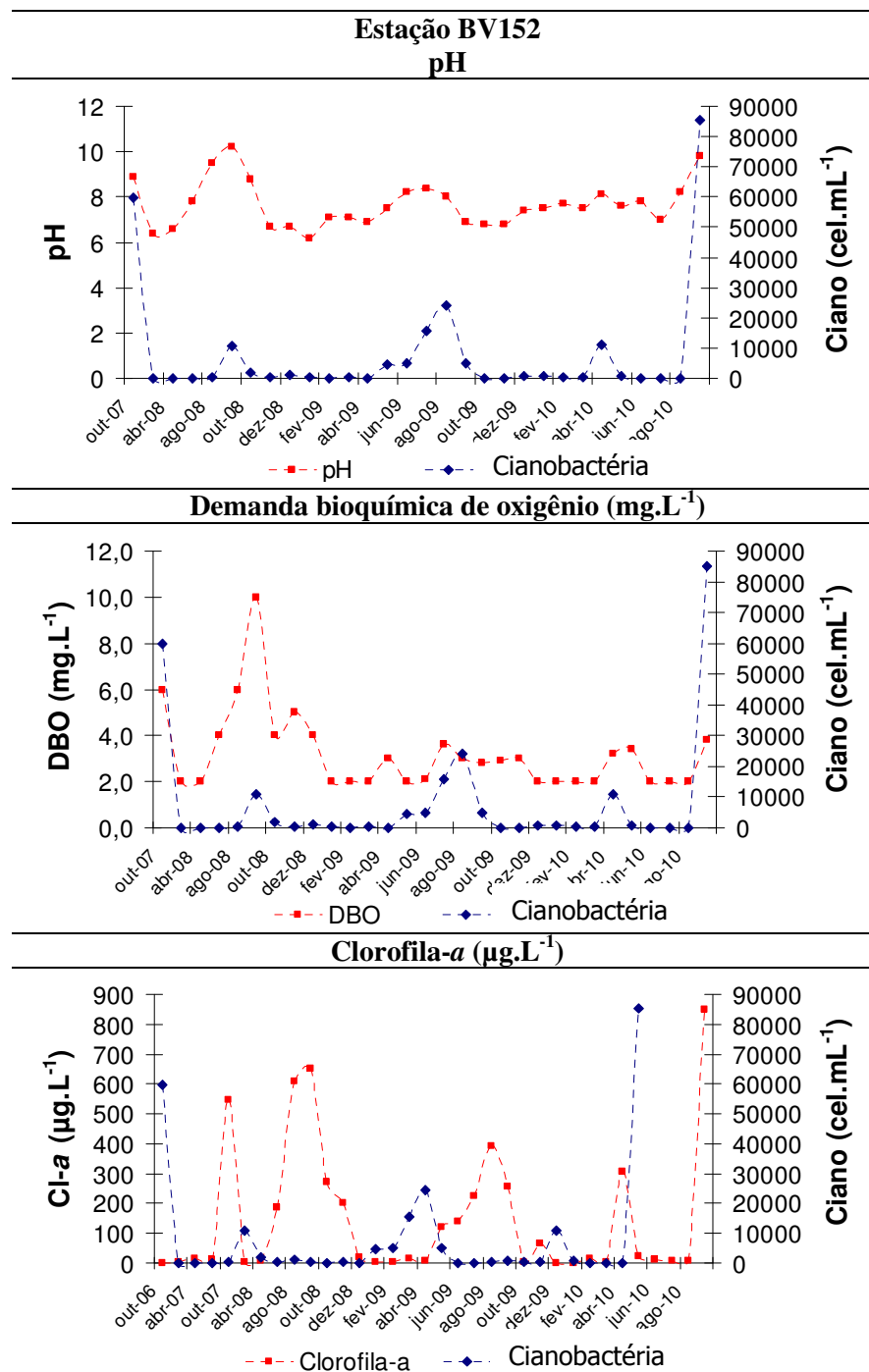


Figura 5.28: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros pH e DBO e clorofila-a, que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV152.

A estação BV152 apresentou comportamento semelhante à estação BV142, sendo que foram verificadas as mesmas correlações positivas para o parâmetro densidade de cianobactérias.

5.3.2.5 BV146

Foram efetuados gráficos de séries temporais para apresentar a evolução da densidade de cianobactérias (cel.mL^{-1}) e o comportamento de alguns parâmetros que apresentaram

correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV146 (Apêndice C).

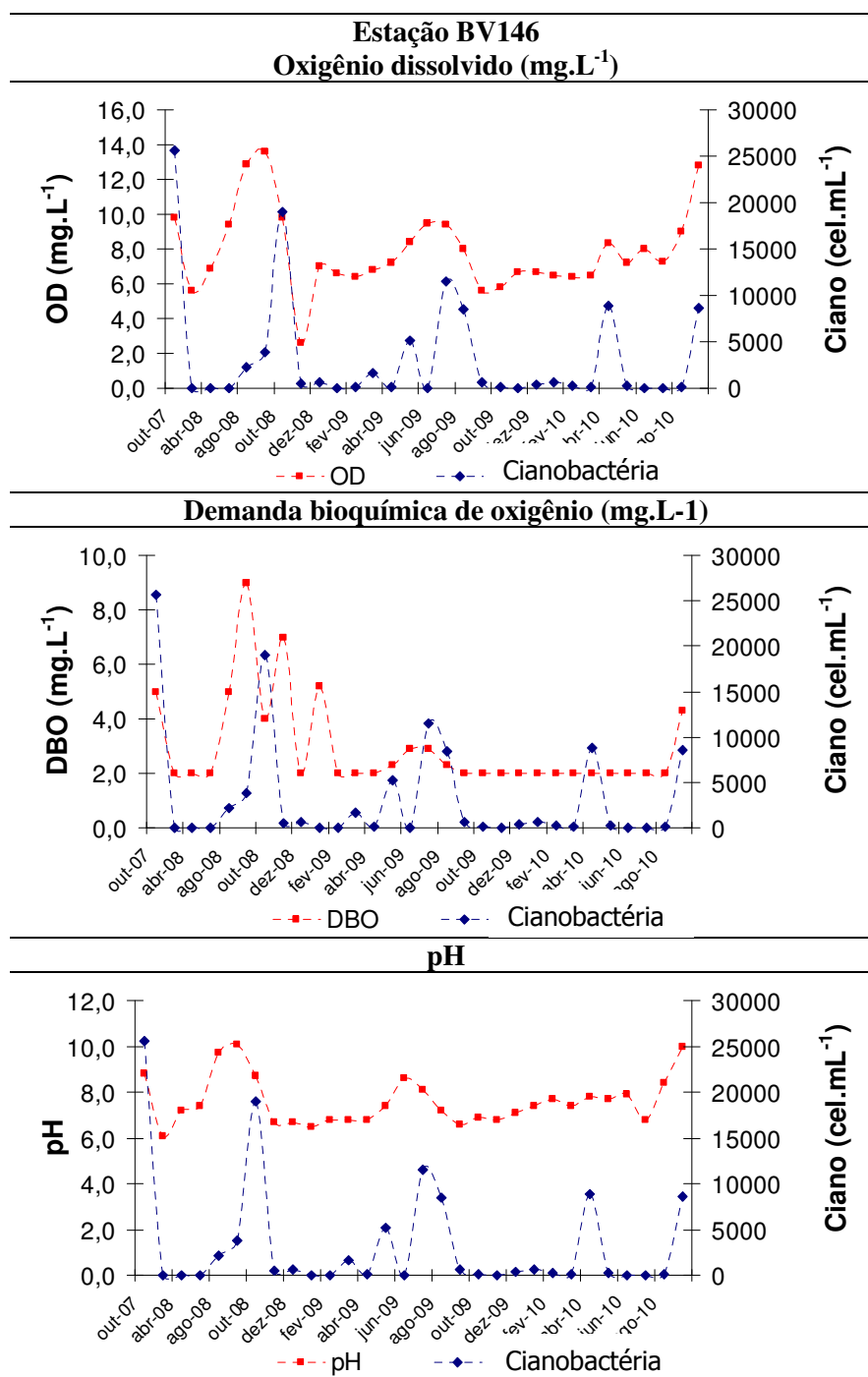


Figura 5.29: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros oxigênio dissolvido, DBO e pH, que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV146.

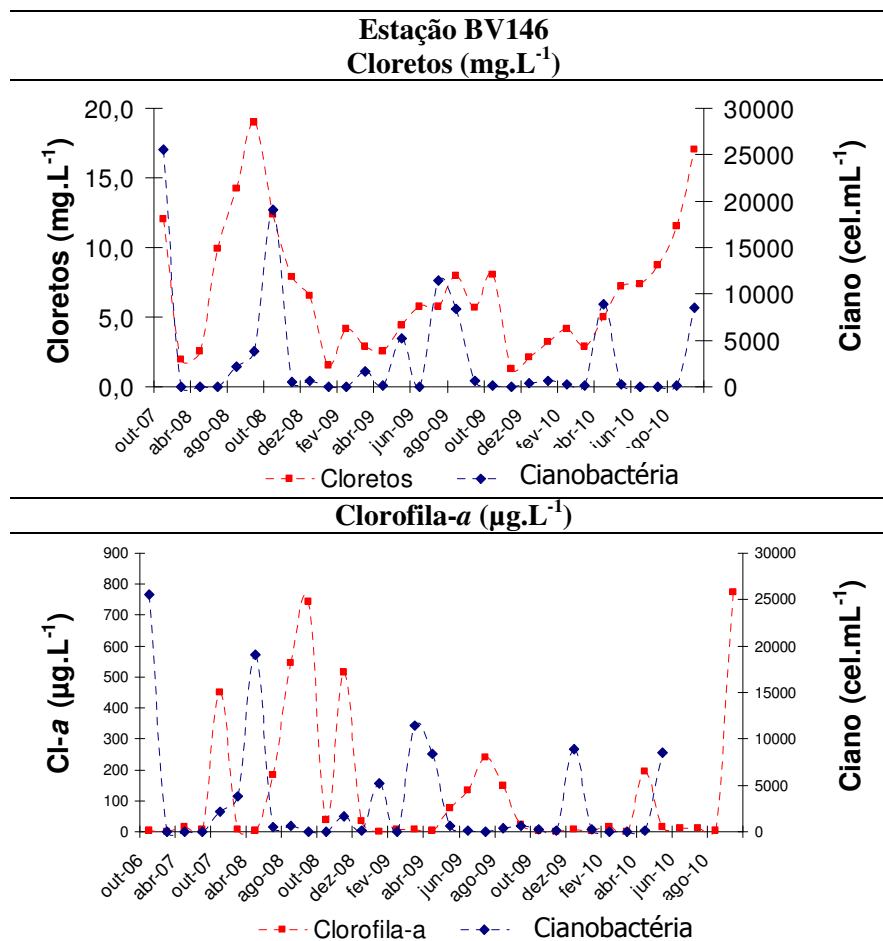


Figura 5.30: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros cloretos e clorofila-a, que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV146.

A estação de amostragem BV146 seguiu a mesma tendência das estações à montante, apresentando correlação positiva da densidade de cianobactérias com os parâmetros pH, DBO, oxigênio dissolvido e clorofila-a. O parâmetro cloreto seguiu a mesma tendência, pois foi verificada uma correlação positiva, encontrada anteriormente apenas para a estação BV141.

5.3.2.6 BV148

Foram efetuados gráficos de séries temporais para apresentar a evolução da densidade de cianobactérias (cel.mL⁻¹) e o comportamento de alguns parâmetros que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV148 (Apêndice C).

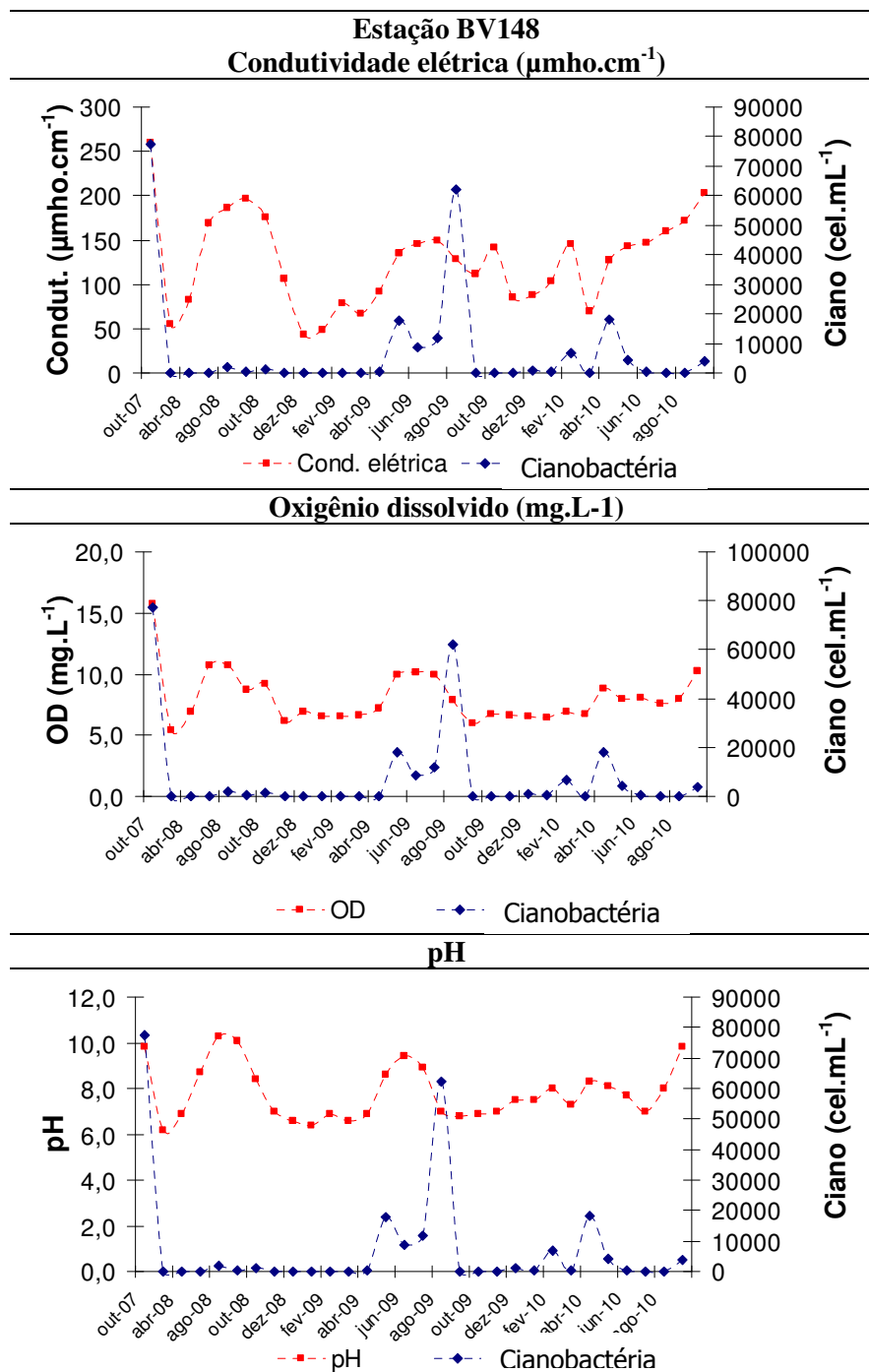


Figura 5.31: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros condutividade elétrica, OD e pH que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV148.

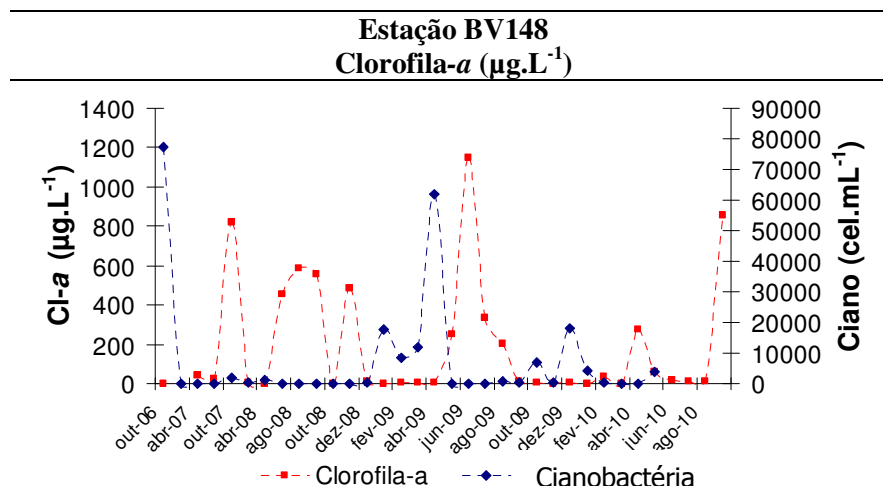


Figura 5.32: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro clorofila-a, que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV148.

Além dos parâmetros OD, pH e clorofila-a, já verificados em pontos de monitoramento anteriores, a estação de monitoramento BV148 também apresentou correlação positiva para o parâmetro condutividade elétrica na matriz de correlação de Spearman.

5.3.2.7 BV149

Foram efetuados gráficos de séries temporais para apresentar a evolução da densidade de cianobactérias (cel.mL^{-1}) e o comportamento de alguns parâmetros que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV149 (Apêndice C).

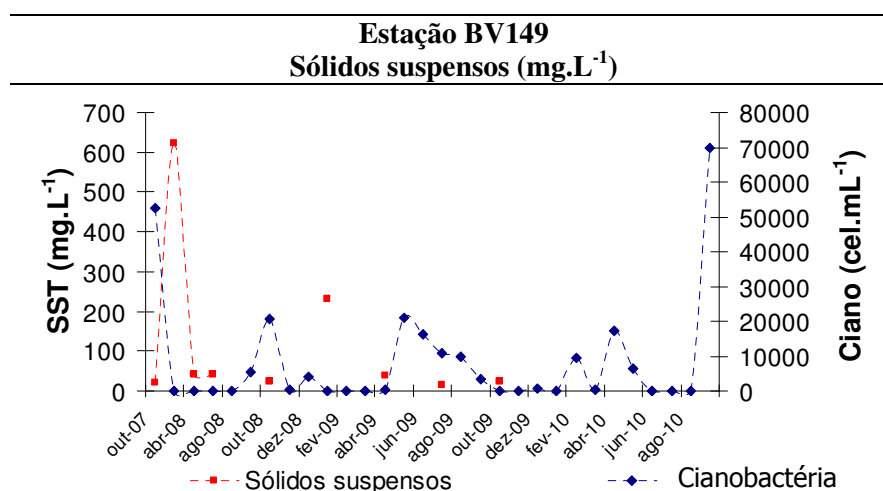


Figura 5.33: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada ao parâmetro sólidos suspensos totais, que apresentou correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV149.

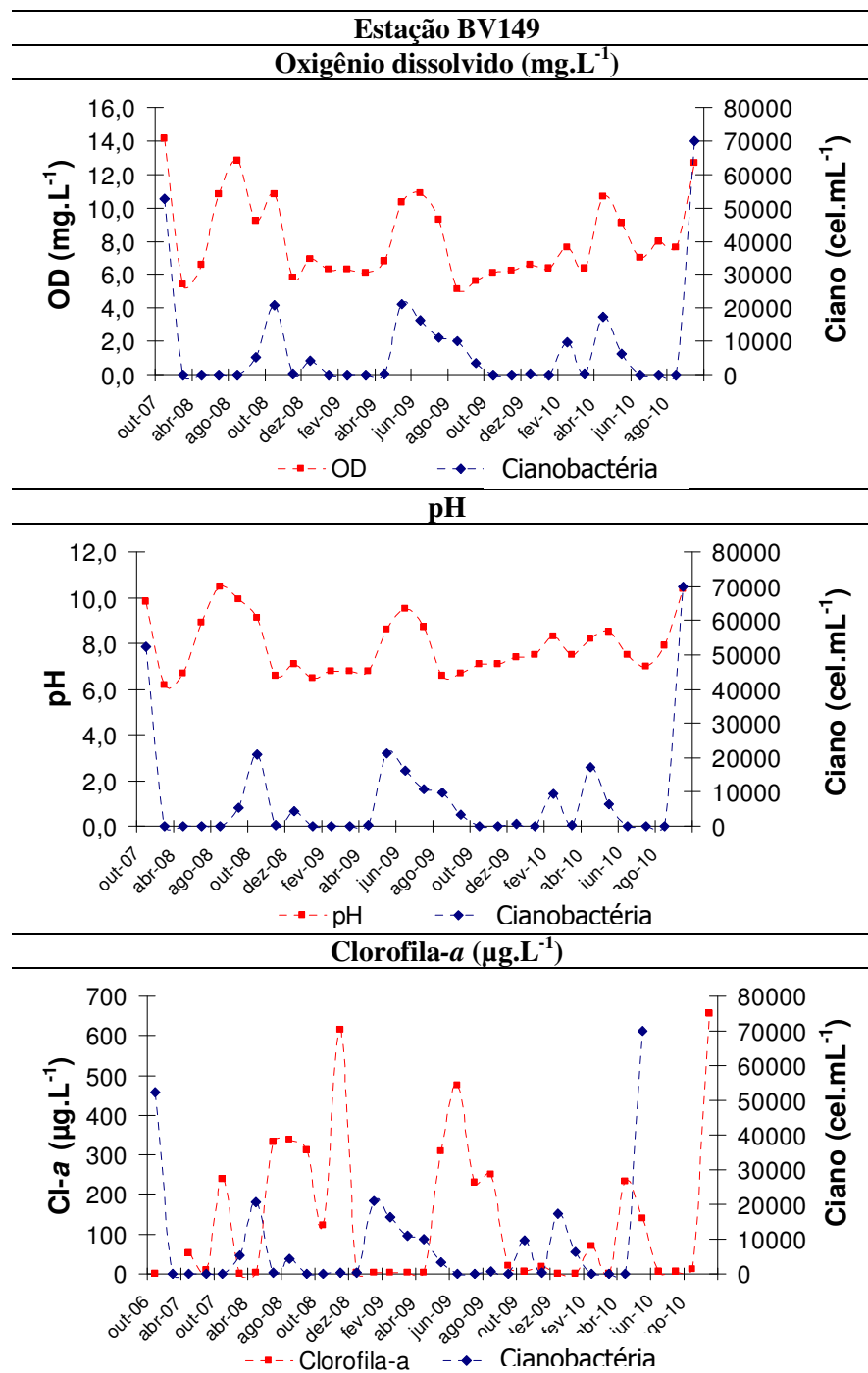


Figura 5.34: Gráfico de série temporal representando a evolução da densidade de cianobactérias, relacionada aos parâmetros OD, pH e clorofila-a, que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman na estação BV149.

De maneira geral, considerando as estações de amostragem analisadas, os parâmetros que mais se correlacionaram positivamente com a densidade de cianobactérias foram: oxigênio dissolvido, pH e clorofila-a.

A clorofila-a representa uma estimativa da biomassa algal do ambiente, sendo considerada uma medida rápida e eficiente da resposta de eutrofização do mesmo, desta forma, um aumento da densidade de cianobactérias, ocasiona uma elevação dos valores deste parâmetro.

Esteves (1998) discute valores elevados de oxigênio dissolvido em função das concentrações da comunidade fitoplânctonica, principalmente na superfície dos ambientes aquáticos, devido ao processo fotossintético da mesma. Os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, cloretos, condutividade elétrica e nitrato também apresentaram uma correlação positiva.

Os únicos parâmetros em que foi verificada uma correlação negativa com a densidade de cianobactérias foram a turbidez e os sólidos suspensos totais, que são indicativos das características físicas da água, sendo fortemente influenciados pela presença de matéria em suspensão, como partículas de rocha e argila.

Estes resultados corroboram os estudos de Oliver *et al.* (2010), que analisaram o crescimento do fitoplâncton e cianobactérias no rio Darling (Austrália) e sugeriram que os períodos de alta turbidez inibiam o crescimento destes organismos.

5.3.3 Análise da sazonalidade dos parâmetros bióticos e abióticos monitorados nas estações de amostragem que apresentaram florações de cianobactérias

Em seguida nas Figuras 5.35 a 5.39 são apresentados os gráficos “box-plot” dos parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre as concentrações medidas nos períodos seco e chuvoso, para as estações de monitoramento que apresentaram florações de cianobactérias, por meio da aplicação do teste estatístico de Mann-Whitney com nível de significância α de 5%.

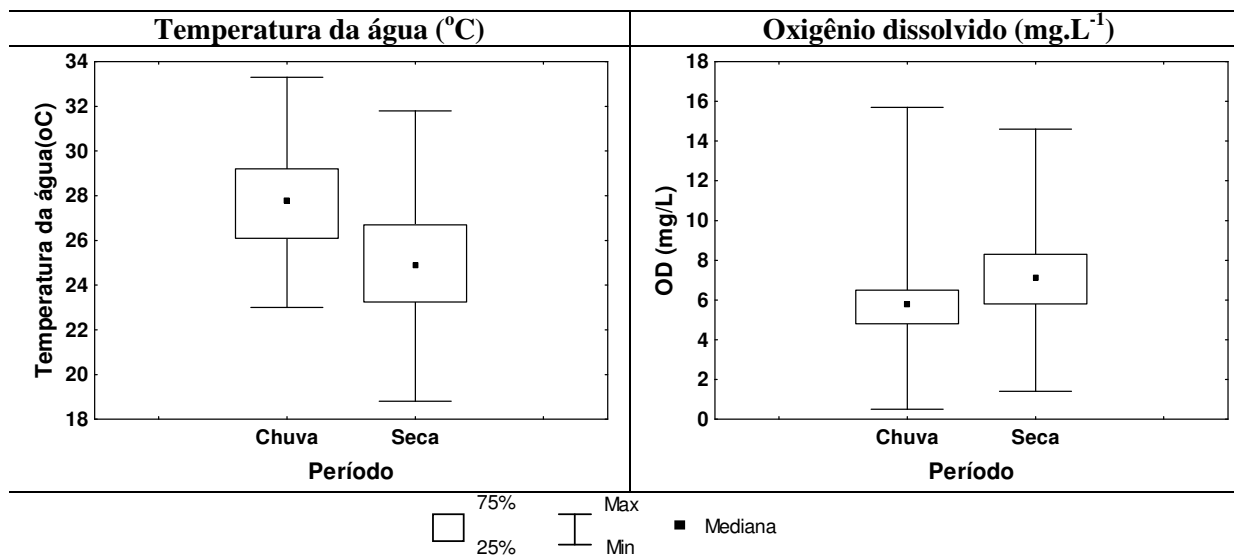


Figura 5.35: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.

Os gráficos “box-plot” acima apontam diferenças significativas quando comparamos os períodos seco e chuvoso para os parâmetros temperatura da água e oxigênio dissolvido.

A temperatura da água apresentou maiores valores no período chuvoso, enquanto o contrário ocorreu com o oxigênio dissolvido.

A temperatura da água é um fator que influencia a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água como, por exemplo, a solubilidade dos gases dissolvidos. Uma elevada temperatura diminui a solubilidade dos gases como, por exemplo, do oxigênio dissolvido, além de aumentar a taxa de transferência de gases.

Segundo Moura (1996), temperaturas mais baixas registradas no período seco influenciam diretamente os processos biológicos como a decomposição, reduzindo a velocidade das reações existentes (reduzem da liberação de CO_2), contribuindo para a elevação do pH, como pode ser verificado nos gráficos abaixo, que apresentam maiores valores de pH para a estação seca.

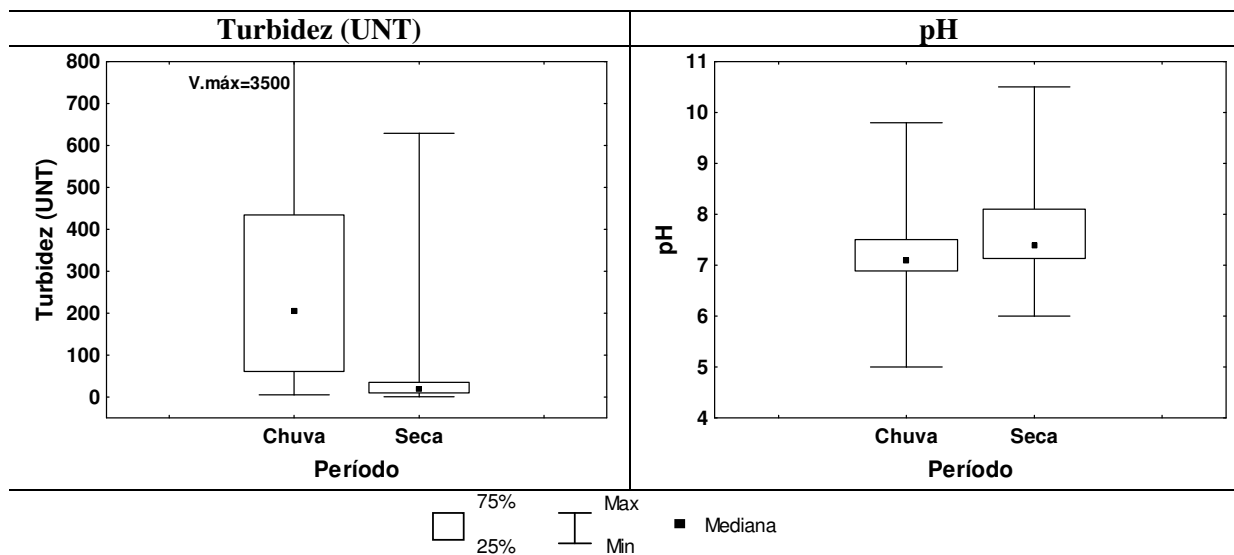


Figura 5.36: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.

A turbidez é influenciada pelo escoamento superficial, sobretudo no período de chuvas, quando este parâmetro atinge seus valores máximos, indicando a má conservação dos solos ao longo do rio das Velhas. Fatores como a disposição de resíduos sólidos nas margens ou diretamente nos corpos de água, lançamento de efluentes industriais, atividades minerárias, e erosões também interferem sobre a qualidade dos corpos de água dessa bacia (IGAM, 2007).

Os resultados acima corroboram os resultados encontrados por Necchi-Jr e Pascoaloto (1993), que registraram os menores valores de turbidez e temperatura durante o período de seca em nove riachos de São Paulo.

Figueiredo (1996), em um estudo realizado na bacia do rio Cuiabá, constatou que os maiores valores de turbidez foram registrados na época de chuva e que o processo natural de erosão, associado ao uso inadequado do solo, podem ser considerados fatores que alteram a qualidade física da água na bacia, nessa época do ano.

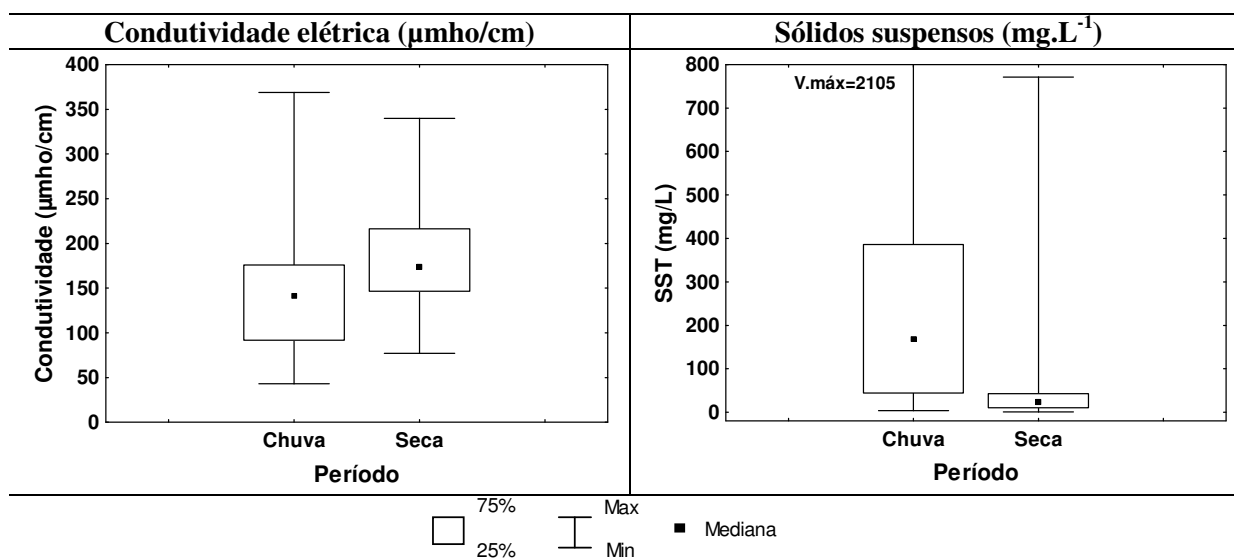


Figura 5.37: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.

No presente estudo, a condutividade elétrica seguiu o mesmo padrão de variação observado por Magalhães (2007) e Silva (2008), no qual, em períodos com maiores precipitações ocorreram os menores valores de condutividade elétrica. Segundo Branco e Senna (1996), este fato pode estar relacionado com o escoamento superficial de matéria orgânica, sólidos e conseqüentemente de íons para dentro do rio, o qual resultou na elevação da condutividade durante este período.

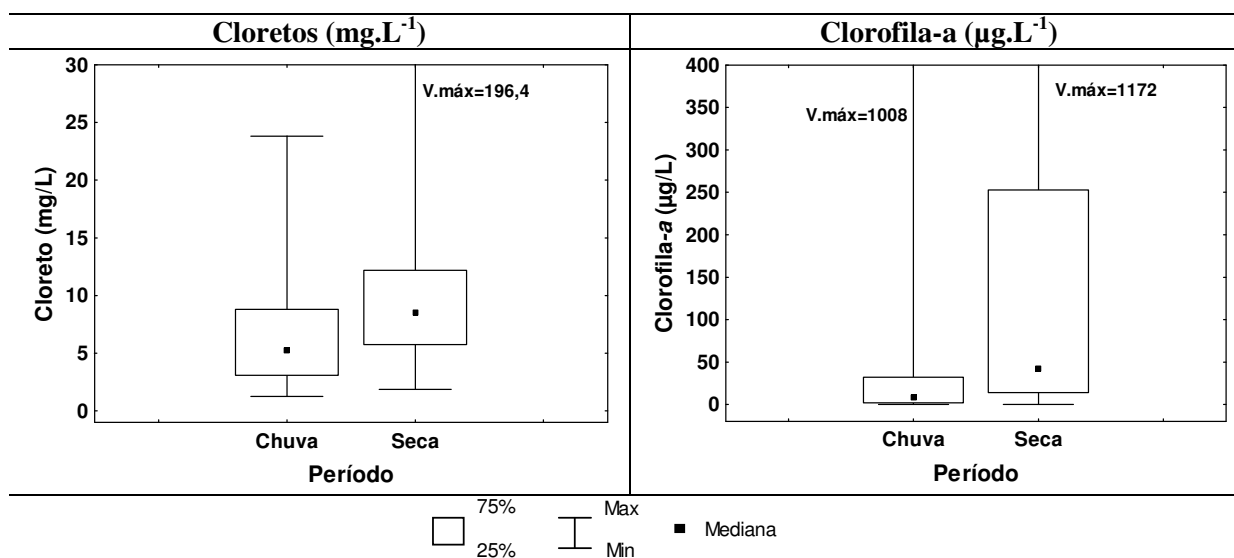


Figura 5.38: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.

De acordo com Cruz *et al.* (2003), concentrações elevadas de clorofila-a indicam uma resposta biológica da eutrofização, além de indicar grande produção biológica. Os maiores

valores encontrados para clorofila-*a* neste estudo foram detectados no período seco (1172 $\mu\text{g.L}^{-1}$).

Silva (2005) realizou um estudo em um pesqueiro do estado de São Paulo, encontrando concentração de clorofila-*a* de 65,55 $\mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que este valor foi acompanhado por grandes densidades de cianobactérias, caracterizando a eutrofização do ambiente aquático.

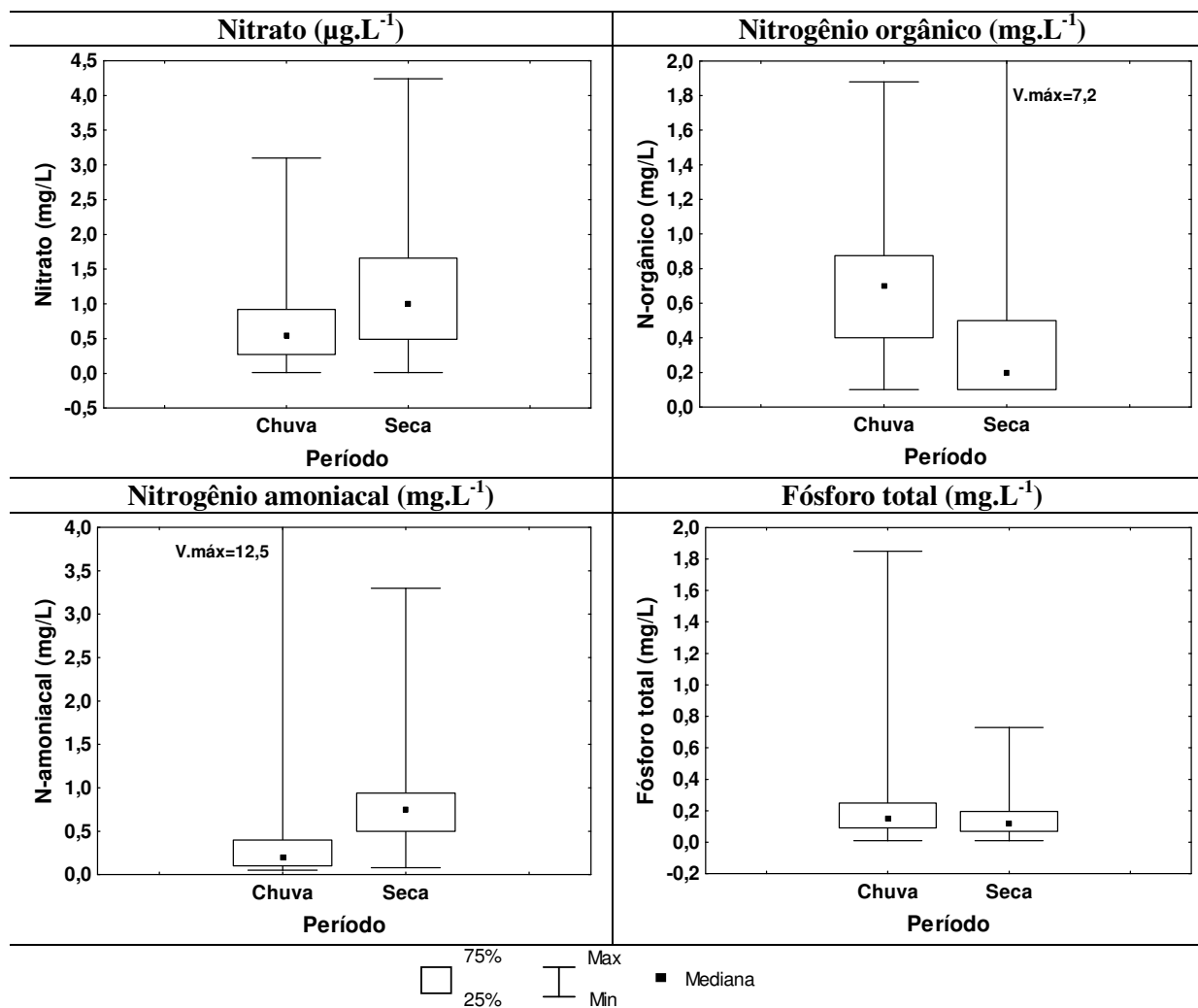


Figura 5.39: Gráficos “box-plot” representando os parâmetros que apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso para as estações de amostragem do agrupamento G3 por meio do teste de Mann-Whitney ao nível de significância α de 5%.

Os teores de OD exercem uma influência direta nas formas de nitrogênio predominantes na água. Uma maior oxigenação da coluna d’água promove a oxidação do nitrogênio amoniacal em nitrito, que posteriormente é oxidado em nitrato (ESTEVEZ, 1988).

As concentrações de nitrato foram menores no período chuvoso, e este fato pode ter ocorrido devido à menor disponibilidade de nitrito a ser oxidado, ou devido a um possível aumento na assimilação deste nutriente pelas cianobactérias, que não apresentaram diferenças

significativas entre as densidades nos períodos seco e chuvoso, mas ainda assim, nos meses chuvosos era observada maior concentração de células por mililitro.

Marques (2006), considera que uma das principais fontes de fósforo no ambiente aquático consiste na entrada desse nutriente devido ao escoamento superficial da bacia de drenagem. O autor relata que no reservatório da usina hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins, foi constatada a elevação da concentração de fósforo no ápice do período chuvoso. Na bacia do rio das Velhas, foi verificada uma diferença significativa para este parâmetro entre os períodos seco e chuvoso, sendo que as maiores concentrações foram encontradas no período chuvoso.

De acordo com Ramirez (1996), o aumento das concentrações de fósforo no fundo de rios e lagos podem ser explicado pela sedimentação de partículas “algais” e pela sedimentação do fósforo particulado.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A estatística descritiva revelou que as variáveis temperatura da água e condutividade elétrica apresentaram o conjunto de dados mais homogêneos. As variáveis turbidez, SST e densidade de cianobactérias apresentaram os dados com maiores variações.

Dentre as 16 estações de amostragem monitoradas ao longo do curso do rio das Velhas, apenas 7 apresentaram uma densidade de cianobactérias superior a 20.000 cel.mL⁻¹.

Estas estações de monitoramento se localizam nas regiões de médio e baixo curso do rio e foram definidas como um agrupamento distinto por meio da análise de agrupamentos, que resultou em uma classificação coerente destes pontos, agrupando-os de acordo com sua localização, uso e ocupação do solo e pela semelhança entre as variáveis utilizadas para a análise.

Em contrapartida, nestes trechos do rio das Velhas foram registrados os melhores índices de qualidade da água, que variavam de médio a bom e também foram verificadas as maiores densidades de cianobactérias, que são microorganismos potencialmente tóxicos e podem ocasionar inúmeros problemas de saúde pública, além de comprometer a qualidade e os usos da água.

A redução da vazão, consequência da baixa precipitação observada em 2007 (não comprovada em 2010 por falta de dados), constitui um importante fator na ocorrência de cianobactérias.

Na correlação entre densidade de células de cianobactérias e as variáveis físico químicas e biológicas analisadas, a matriz de correlação Spearman revelou correlação significativa positiva com os parâmetros oxigênio dissolvido, pH, clorofila-*a*, DBO, cloretos, condutividade elétrica e nitrato. Os parâmetros turbidez e os sólidos suspensos totais foram os únicos em que foi verificada uma correlação negativa com a densidade de cianobactérias.

O teste estatístico de Mann-Whitney com nível de significância α de 5% revelou que todos os parâmetros que apresentaram correlação significativa na matriz de correlação de Spearman também apresentaram diferenças significativas entre as concentrações medidas nos períodos seco e chuvoso, exceto o parâmetro DBO. Também foram verificadas diferenças significativas para as variáveis temperatura da água, fósforo total e nitrogênio orgânico e amoniacal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20^aed. Washington, APHA/WEF/AWWA, 1998. 769 p.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, A. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha. *Scientia Forestalis*, v. 56, p. 125-134, 1999.
- ATLAS digital das águas de Minas; uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Coordenação técnica, direção e roteirização Humberto Paulo Euclides. 2. ed. Belo Horizonte : RURALMINAS ; Viçosa, MG : UFV , 2007 . 1 CD-ROM. ISBN 85-7601-082-8. Acompanha manual.
- AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCKIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. *Toxicology*, v. 181, p. 441-446, 2002.
- BARBIERI, P. R. B. *Caracterização da estação chuvosa nas regiões sul e sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica*. 2005. 121 f. (Dissertação de Mestrado), INPE, São Jose dos Campos, 2005.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI. C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRS. 2001. p. 841-870.
- BEYRUTH, Z. Phytoplankton of a supply reservoir impacted by antropic activies in Guarapiranga reservoir, SP, Brazil. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fu'r Angewandte Limnologie*, Stuttgart, v. 27, p. 1973-1980, 2000.
- BOLLMAN, H. A. *Relação da densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-químico das águas superficiais em Microbacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre- RS*. 2003. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRS, Porto Alegre. 2003.
- BOUVY, M.; FALCAO, D.; MARINHO, M.; PAGANO, M.; MOURA, A. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquat. Microb. Ecol*, v. 23, p. 13-27, 2000.
- BOWLING, L. C.; BAKER, P. D. Major cyanobacterial bloom in the Barwon-Darling River, Australia, in 1991, and underlying limnological conditions. *Marine and Freshwater Research*. v.47, p. 643-657, 1996.
- BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. Phytoplankton composition, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir: Brazil). *Archive Hidrobiology*. v. 81, p. 69-84, 1996.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 518 de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Brasília. 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 357 de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

- CALIJURI M. C.; ALVES M. S. A.; SANTOS A. C. A. *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlos: Rima, 2006. 118 p.
- CALIJURI, M. C.; SANTOS, A.C.A.; JATI, S. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP- Brazil). *J. Plankton Res*, v. 4, p. 617-632, 2002.
- CAMARGOS, L. M. M. *Plano-diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005. 228p.
- CANTO De SÁ, L. L.; VIEIRA, J. M. S.; MENDES, R. A.; PINHEIRO, S. C. C.; VALE, E. R.; ALVES, F. A. S.; JESUS, I. M.; SANTOS, E. C. O.; COSTA, V. B Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do Rio Tapajós, no Município de Santarém (Pará, Brasil). *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, v. 1, p. 159-166, 2010.
- CAPBLANC, J. & DAUTA, A. Phytoplankton et production primaire de la rivre Lot. *Annls. Limnol*, v. 14, n. 1-2, p. 85-112, 1978.
- CARVALHO, A. R., SCHLITTLER, F. H. M., TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, v. 23, p. 618-622, 2000.
- CARVALHO, L. R.; SANT'ANNA, C. L.; GEMELGO, M. C. P.; AZEVEDO, M. T. P. Cyanobacterial occurrence and detection of microcystin by planar chromatography in surface water of Billings and Guarapiranga reservoirs, SP, Brazil. *Rev. Brasil. Botânica*, v. 30, n. 1, p. 141-148, 2007.
- CETESB. *Relatório de qualidade de água interiores do Estado de São Paulo 1995*. São Paulo: Cetesb, 1995. 286 p. (Série Relatórios).
- CHARMICHAEEL, W.W. Health effects toxin-producing cyanobacteria: "The cyanoHABs". *Human and ecological risk assessment*, v. 7, n. 5, p. 1393-1407, 2001.
- CHAVES, P. F.; DUTRA, A.; de LA ROCHA, S. B.; YUNES, J. S. Ocorrência de cianobactérias produtoras de toxinas no rio dos Sinos (RS) entre os anos de 2005 e 2008. *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, p. 319-328, 2009.
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. New York and London.: E&FN Spon. 1999.
- COBRAPE. *Relatório de Situação, 1995 (Livro Branco da Bacia)*: Estudo de Implantação da Agência de Bacia do Rio das Velhas. Relatório Final, RTA, 1998. v.3.
- COIMBRA, R. M. Monitoramento da qualidade da água. In: Porto, R. L. *Hidrologia ambiental*. São Paulo: EDUSP; Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2001. p.391-411.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º1, de 05 de mai. de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Belo Horizonte: COPAM, 2008.
- CRUZ, L. B. S.; PATERNIANI, J. F. S.; CARVALHO, R. M. B. Caracterização e manejo sustentável do solo na bacia do Rio Uberaba-MG. *Caminhos da Geografia*. Uberlândia-MG. v.4, n.9, p.31-49, 2003
- DEBERDT, G.L.B.; CALIJURI, M.C.; MINOTI, R. A produtividade primária na represa Salto Grande. In: HENRY, R. (Ed). *Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: Fapesp/Fundbio. 2004

- DERISIO, J. C. *Introdução ao controle da poluição ambiental*. São Paulo: 2º ed. Signus, 2000. 75p.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 622p.
- EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A. *Recursos hídricos e suporte ecológico a projetos hidroagrícolas: Sub-bacia do Alto e Médio São Francisco*. Brasília, 2002. p. 4-10.
- FABBRO, L. D.; DUIVENVOORDEN L. J. Profile of a bloom of the Cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya and Subba Raju in the Fitzroy River in tropical central Queensland. *Marine and Freshwater Research*, n47, p 685-694, 1996.
- FIGUEIREDO, D. M. *A Influência dos Fatores Climáticos e Geológicos e da Ação Antrópica Sobre as Principais Variáveis Físicas e Químicas do Rio Cuiabá, Estado de Mato Grosso*. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Cuiabá – MT. 2006.
- FIGUEREDO, C. C.; GIANI, A. Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiol.* v.445, p.165-174, 2000.
- FITZGERALD, D.; CUNLIFFE, D. & BURCH, M. Development of health alerts for cyanobacteria and related toxins in drinking-water in South Australia. *Environmental Toxicology*, 14: 203-207. 1999.
- FREIRE, S. M.; BOLLMAN, H. A. Avaliação das cargas de macronutrientes em reservatórios de abastecimento público. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, n. 2, Itajaí-SC. 2003. p.10-23.
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. *Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano, na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano*. Brasília, 2003. 56p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa nacional de saneamento básico 2000*. Rio de Janeiro, 2002.
- GIANI, A. Limnology in Pampulha Reservoir: some general observations with emphasis in the phytoplanktonic community. In: Pinto-Coelho R. M.; Giani A. & Von Sperling E. *Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais*. Segrac, Belo Horizonte. 1994. p. 141-149.
- GOMES, L. A. *Saneamento básico: Levantamento das condições sanitárias na área do polonoroeste de Mato Grosso*. Assessoria Editorial e Divulgação Científica. Brasília. 1989
- GOMES, L. N. L. *Estudo da associação entre parâmetros bióticos a abióticos e a ocorrência de florações de cianobactérias no reservatório de Vargem das Flores – MG*. 2008. 184f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- GONÇALVES, C.S. *Qualidade da água de um dreno principal de uma microbacia fumageira relacionada a diferentes áreas de captação*. Fertbio. Lages. 2004. 25p.
- HERMES, L. C. & SILVA, A. S. *Avaliação da qualidade das águas: manual prático*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2004 55p.
- HORNE, A. GOLDMAN, C.R. *Limnology*. Mc. Gram Hill. Inc., 1994.
- HUMPAGE, A. R.; FALCONER, I. R. Oral toxicity of the cyanobacterial toxin cylindrospermopsin in male Swiss albino mice: Determination of no observed adverse effect level for deriving a drinking water guideline value. *Environmental Toxicology*, v. 18, p 94 – 103. 2003.

- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na sub bacia do rio das Velhas*. Belo Horizonte: IGAM, 2007. 256 p.
- JARDIM, F. A.; FONSECA, Y. M. F.; AZEVEDO, S. M. F. O. First occurrence of toxic cyanobacteria in a reservoir of COPASA - Minas Gerais – Brazil. In: ANAIS DO SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Trento, Itália. p.381-386, 2000.
- JARDIM, F. A.; JARDIM, B. F. M.; RESENDE, R. M. S.; LADEIA, M. M.; CERQUEIRA, D. A.; GIANI, A. Cyanobacteria blooms in waters of river intake areas in Minas Gerais Brazil, during the dry season of 2007 Contingency Plants. In: 9º. SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Florença, Itália. 2008.
- KROGMANN, D. W.; BUTALLA, K.; SPRINKLE, J. Blooms of cyanobacteria on the Potomac River. *Plant Physiology*. v 80. p 667-671. 1986.
- KRUSKAL, W. H., WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *J. Amer. Statist. Assoc.* v 47, p 583–621. 1952.
- MAGALHÃES, A. B. S. *Ocorrência de cianobactérias em mananciais de abastecimento de água para consumo humano no Município de Viçosa-MG*. 2007. 135 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Departamento de Botânica, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa. 2007.
- MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré-Pepira. Qualidade do rio principal. *Ciência e Cultura*. v 39, n 2, p 164-185, 1987.
- MARGALEF, R. *Limnologia*. Barcelona: OMEGA. 1983.
- MARQUES, A. K. *Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins - TO: estrutura da comunidade, flutuações Temporais e espaciais*. 2006. 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) Universidade Federal de Tocantins. Palmas: UFT. 2006.
- MATEUS, C. E.; TUNDISI, J. G. Estudo físico-químico e ecológico dos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão e da represa de Lobo. In: TUNDISI, J.G.; *Limnologia e manejo de represas*. São Carlos: v.1, CRHEA-FESCE-USP/ACIESP, 506p. 1988
- MATOS, A. T. *Qualidade do meio físico ambiental*. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. (Série Caderno Didático nº33), Viçosa-MG. 54p. 2006.
- MATSUZAKI, M.; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 38, n. 5, Oct. 2004.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K. & ROCHA, O. Características limnológicas da Lagoa do Taquaral (Campinas, SP) um ambiente hipereutrófico. *Ciência e Cultura*, v 38, n 3, p 420-425. 1986.
- MENDIGUCHÍA, C.; MORENO, C. & GARCIA-VARGAS, M. Evaluation of natural and anthropogenic influences on the Guadalquivir River (Spain) by Dissolved Heavy Metals and Nutrients. *Chemosphere*, v 69, 1p 509-1517. 2007.
- MOLICA, R. J R.; ONODERA, H.; GARCIA, C.; RIVAS, M.; ANDRINOLO, D.; NASCIMENTO, S.; MEGURO, H.; OSHIMA, Y.; AZEVEDO, S. M. F. O.; LAGOS, N. Toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobhyceae) isolated from Tabocas reservoir in Caruaru, Brazil, including demonstration of a new saxitoxin analogue. *Phycologia*, v. 41, n. 6, p. 606-611, 2002.
- MOLICA, R. J. R. Occurrence of saxitoxins and an anatoxina-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking water supply. *Harmful algae*, v.4, p.743-753, 2005.

- MOSS, B.; BALLS, H.; BOOKER, I.; MASSON, K.; TUMMS, M. The river Bure, U.K.: Patterns of change in chemistry and phytoplankton in a slow-flowing fertile river. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Angewandte Limnologie*, Stuttgart, v 22: 1984.
- MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; DANTAS, E. W. & NETO, J. D. T. A. Phytoplankton associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. *Acta Botanica Brasilica*. v 21, p 641-648, 2007.
- MOURA, A. T. N. *Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica numa lagoa eutrófica, São Paulo, SP, Brasil, a curtos intervalos de tempo: comparação entre épocas de chuva e seca*. 1996. 172 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Botânica, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Rio Claro, 1996.
- NECCHI-JR, O.; PASCOALOTO, D.; BRANCO, L. H. Z. Seasonal dynamics of macroalgae communities: composition, seasonal variation and relation to physical and chemical variables. *Hydrobiologia*, v. 213, p. 241-250, 1993.
- NONATO, E. A.; VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K. C. B.; SCHOR, H. H. R.. Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do Rio das Velhas. *Quím. Nova*. v.30, n.4, p. 797-804. 2007.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J. de; MELLO, J. M. de; GAVILANES, M. L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.
- OLIVER, R. L.; MITROVIC, S. M. & REES, C. Influence of salinity on light conditions and phytoplankton growth in a turbid river. *River Research and Applications*, v 26, p 894–903. 2010.
- PAERL, H. W. Nutrient and Other Environmental Controls of Harmful Cyanobacterial Florações along the freshwater-marine continuum. In: H.K. Hudnell (ed.). *Cyanobacterial Harmful Algal Florações: state of Science and Research Needs*. Advances in Experimental Medicine and Biology. 2008. p 217-213.
- PEIXOTO, P. P. P. Aspectos qualitativos das águas superficiais do córrego Curral de Arame. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Resumos...* Ribeirão Preto: SBCS. 2003.
- POLIGNANO, M. V.; POLIGNANO, A. H.; LISBOA, A. L.; ALVES, A. T. G. M.; MACHADO, T. M. M.; PINHEIRO, A. L. D.; AMORIM, A. *Uma viagem ao projeto Manuelzão e à bacia do Rio das Velhas: Manuelzão vai à Escola*. Belo Horizonte: Coleção Revitalizar, 2001.
- PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R. de; PRIMAVESI, A. C.; OLIVEIRA, H. T. Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 45, n. 2, p 209-17, 2002.
- ROCHA, O. Toxicity of a cyanobacteria bloom in Barra Bonita Reservoir (Middle Tietê River, São Paulo, Brazil). *Ecotoxicology. and Environmental Safety*. v. 19, n. 6, p.11-22, 2005.
- ROCHA, O.; DELLAMANO-OLIVEIRA, M. J.; TAKENAKA, R. A. Toxicidade de extratos de florações de cianobactérias de Reservatórios do Rio Tietê, São Paulo, aos Dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* (Cladocera, Crustacea). *Journal of Brazilian Society. Ecotoxicology*, v. 2, n. 2, p.147-156, 2007.

- ROLLA, M. E.; DABÉS, M. B. G. S.; FRANÇA, R. & FERREIRA, E. M. V. M. Inventário limnológico do Rio Grande na área de influência da futura usina hidrelétrica (UHE) de Garipava. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v 4, p 139-162. 1992.
- ROUND, F. E. *The biology of the algae*. London: Edward Arnold. 1965. 269 p.
- SABARÁ, M. G. *Comparação ecológica entre rios de menor ordem, drenando bacias cobertas por plantios agrícolas, pastagens e plantios de Eucalyptus grandis, na região do médio Rio Doce (MG)* 1999. 259 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.
- SALOMON, P. S. *O Efeito da Salinidade Sobre o Crescimento e Metabolismo de uma Cepa de Cianobactéria (Microcystis aeruginosa) Produtora de Toxinas isolada do estuário da Lagoa dos Patos, RS*. 1999. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal do Rio Grande. 1999.
- SANT'ANNA, C. L. Planktic cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 1, p.1-17, 2007.
- SANTOS, N. A. P.; MAILLARD, P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. *Uma abordagem metodológica para determinar a influência do uso e da cobertura do solo como fonte de poluição difusa na alteração da qualidade da água na Bacia do Rio das Velhas*. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2005.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Meta 2010. Disponível em:<<http://meta2010.meioambiente.gov.br/monitoramento>>. Acesso em 15 março 2011.
- SHAW, G.; SEAWRIGHT, A.; SHAHIN, M.; SENOGLES, P.; MUELLER, J. & MOORE, M. The cyanobacterial toxin, cylindrospermopsin: Human health risk assessment. Pp 56. In: 9th International Conference on Harmful Algal Blooms, Hobart, Australia. 518p. 2000.
- SIEGEL, S. & CASTELLAN, N. J. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2nd ed. New York, NY: McGraw-Hill. 1988.
- SILVA, D. *Dinâmica de populações de Microcystis (Cyanobacteria) em pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil*. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente), Instituto de Botânica, São Paulo. 2005.
- SILVA, R. A. *Levantamento da comunidade de cianobactérias em trechos do Rio Turvo Sujo, localizados nas proximidades da cidade de Viçosa, MG*. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Departamento de Botânica, Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa. 2008.
- SIMENOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M. & KOUIMTZIS, T. Assessment of the Surface Water Quality in Northern Greece. *Water Research*, v 38, p 4119 – 4124. 2004.
- SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water Research*, v.38, p 3980 – 3992. 2004.
- SPERLING, E. V.; JARDIM, F. A. Influence of climatic conditions on cyanobacteria blooms in a tropical water supply river. In: 34 WEDC Conference, 2009, Addis Ababa. *Proceedings of the 34 WEDC Conference*. Loughborough, UK : Loughborough University, 2009. v. 1. p. 832-836.
- STATISTICA 6.1 STATSOFT, Inc., Tulsa, USA, 2003.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no Ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. *Eclética Química*, v. 22, p. 49-66, 1997.

WERNER, V. R. *Cyanophyceae/Cyanobacteria no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil*. 2002. 363 f. Tese (Doutorado em Botânica), Departamento de Botânica, Universidade do Estado de São Paulo-USP, São Paulo, 2002.

WHO- World Health Organization. *Guidelines for drinking of water quality*. Geneva: 2º ed., v.2, p.13-14. 2003.

WUNDERLIN, D. A.; Del PILAR, M. D.; PESCE, S. F.; VALERIA, A. M.; HUED, A. C.; BISTONI, M. L. 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, p. 2881 – 2894. 2001.

WUNDERLIN, D. A.; PESCE, S. F. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía River. *Water research*, v. 43, p 2915 – 2926. 2000.

ZUMACH, R. *Enquadramento de curso de água Rio Itajaí- Açú e seus principais afluentes em Blumenau. Florianópolis*. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. 2003.

APÊNDICE A

Estatísticas básicas para todas as estações de amostragem

Tabela A.1: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV013 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl mg.L^{-1}	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	32	32	32	23	32	32	32	32	32	32	24	23	12	14
Méd. aritm.	24	166	44	133	7,3	2,2	7,0	1,2	0,11	0,15	0,34	0,21	22	4
Méd. geom.	24	70	43	49	7,3	2,1	7,0	1,1	0,07	0,12	0,25	0,17	0	1
Mediana	23	68	45	47	7,4	2,0	6,9	0,9	0,07	0,14	0,25	0,10	14	3
Perc. 10%	22	18	35	12	6,9	2,0	6,6	0,6	0,02	0,05	0,10	0,10	0	0
Perc. 90%	26	326	52	288	7,7	2,5	7,5	1,7	0,30	0,24	0,78	0,38	45	7
Desv. Pad.	2	286	7	227	0,3	0,6	0,4	1,0	0,12	0,11	0,29	0,14	28	3

Tabela A.2: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV013 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl mg.L^{-1}	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	37	37	37	25	37	37	37	37	37	37	25	30	18	20
Méd. aritm.	21	48	46	22	7,5	2,1	6,9	1,0	0,03	0,15	0,16	0,24	38	5
Méd. geom.	20	12	46	6	7,5	2,1	6,9	0,9	0,02	0,13	0,13	0,19	0	1
Mediana	21	8	46	5	7,4	2,0	7,0	1,0	0,02	0,15	0,10	0,20	11	4
Perc. 10%	17	3	39	1	7,0	2,0	6,5	0,5	0,01	0,06	0,10	0,10	0	0
Perc. 90%	24	109	53	26	8,0	2,0	7,5	1,4	0,05	0,24	0,26	0,45	114	12
Desv. Pad.	3	133	6	65	0,6	0,2	0,4	0,4	0,02	0,07	0,15	0,16	49	4

Tabela A.3: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV037 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	26	35	35	35	35	35	35	26	26	14	16
Méd. aritm.	24	546	50	504	7,6	2,6	7,0	1,1	0,16	0,13	0,39	0,20	36,8	2,9
Méd. geom.	24	128	48	121	7,6	2,3	7,0	1,0	0,08	0,10	0,33	0,16	0,0	2,3
Mediana	24	102	49	67	7,7	2,0	7,0	1,0	0,06	0,13	0,32	0,10	28,4	2,2
Perc. 10%	22	15	32	18	7,2	2,0	6,6	0,8	0,03	0,04	0,16	0,10	0,0	1,0
Perc. 90%	26	1915	65	1563	8,2	3,0	7,6	1,4	0,35	0,23	0,60	0,40	81,2	5,8
Desv. Pad.	2	890	15	784	0,6	1,9	0,5	0,3	0,25	0,07	0,26	0,12	40,8	2,1

Tabela A.4: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV037 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	23	35	35	35	35	35	35	23	28	16	18
Méd. aritm.	20	26	57	24	8,3	2,2	7,2	1,1	0,06	0,18	0,14	0,26	45,7	3,0
Méd. geom.	20	14	56	10	8,3	2,2	7,2	1,0	0,04	0,13	0,12	0,23	0,2	2,5
Mediana	20	12	57	7	8,3	2,0	7,1	1,1	0,04	0,15	0,10	0,30	43,2	2,6
Perc. 10%	17	4	48	2	7,7	2,0	6,7	0,7	0,02	0,05	0,10	0,10	0,0	1,0
Perc. 90%	23	68	66	34	8,8	2,7	7,6	1,6	0,09	0,25	0,18	0,41	89,6	4,4
Desv. Pad.	3	36	8	40	0,4	0,6	0,4	0,4	0,06	0,17	0,13	0,13	42,4	2,2

Tabela A.5: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV063 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	39	39	39	36	39	35	39	39	35	39	26	26	15	18
Méd. aritm.	25	400	96	442	7,0	3,0	7,1	1,7	0,13	0,19	0,43	0,45	41,5	3,4
Méd. geom.	25	186	87	192	7,0	2,7	7,1	1,5	0,10	0,15	0,36	0,33	0,1	0,9
Mediana	25	199	83	175	7,0	2,0	7,1	1,5	0,11	0,17	0,40	0,30	33,6	2,5
Perc. 10%	22	30	53	39	6,5	2,0	6,6	1,0	0,03	0,07	0,13	0,10	0,0	0,0
Perc. 90%	28	1100	132	1191	7,5	5,0	7,5	2,3	0,27	0,35	0,63	1,00	96,0	7,6
Desv. Pad.	3	560	56	603	0,4	1,8	0,3	0,8	0,11	0,11	0,27	0,39	41,2	3,1

Tabela A.6: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV063 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	41	41	41	35	41	35	41	41	35	41	23	28	18	22
Méd. aritm.	21	68	96	66	7,7	2,6	7,1	1,7	0,08	0,22	0,40	0,33	37,2	10,2
Méd. geom.	21	27	92	25	7,7	2,5	7,1	1,7	0,07	0,18	0,30	0,30	0,0	5,9
Mediana	21	22	92	21	7,6	2,0	7,2	1,7	0,08	0,22	0,30	0,30	29,7	4,9
Perc. 10%	18	9	67	10	7,0	2,0	6,6	1,2	0,04	0,09	0,10	0,17	0,0	3,1
Perc. 90%	24	132	130	88	8,5	4,0	7,4	2,1	0,13	0,36	0,94	0,53	79,5	11,3
Desv. Pad.	3	150	30	155	0,6	1,0	0,3	0,5	0,03	0,11	0,31	0,16	45,9	18,7

Tabela A.7: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV067 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	34	34	34	25	34	33	34	34	34	34	25	25	14	18
Méd. aritm.	25	378	83	238	6,9	2,5	7,0	1,5	0,13	0,26	0,44	1,01	40,0	7,6
Méd. geom.	25	155	79	127	6,9	2,4	7,0	1,4	0,08	0,23	0,35	0,25	0,0	1,1
Mediana	25	148	74	89	7,0	2,0	7,0	1,3	0,07	0,24	0,39	0,20	28,4	5,8
Perc. 10%	23	32	52	34	6,4	2,0	6,6	1,1	0,03	0,15	0,15	0,10	0,0	0,0
Perc. 90%	28	917	113	622	7,2	3,8	7,4	2,3	0,32	0,40	0,76	1,16	88,2	18,9
Desv. Pad.	2	666	27	273	0,3	0,9	0,3	0,5	0,13	0,11	0,32	3,42	41,7	8,2

Tabela A.8: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV067 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	36	24	36	36	36	36	36	36	24	29	16	23
Méd. aritm.	21	63	90	94	7,7	2,2	7,1	1,7	0,07	0,26	0,19	0,34	40,2	7,5
Méd. geom.	21	21	86	20	7,6	2,2	7,0	1,6	0,06	0,23	0,17	0,28	0,0	1,0
Mediana	21	17	83	17	7,6	2,0	7,1	1,7	0,06	0,25	0,20	0,30	15,4	5,6
Perc. 10%	18	6	64	5	6,9	2,0	6,6	1,1	0,04	0,12	0,10	0,10	0,0	2,0
Perc. 90%	25	112	129	180	8,5	3,0	7,5	2,2	0,12	0,40	0,31	0,65	134,4	17,1
Desv. Pad.	3	143	27	235	0,7	0,5	0,4	0,5	0,04	0,12	0,12	0,19	56,4	5,7

Tabela A.9: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV083 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	34	34	34	25	34	33	34	34	34	34	24	25	13	16
Méd. aritm.	25	351	157	259	5,7	11,0	7,1	8,7	0,35	0,36	0,83	2,93	83,0	4,0
Méd. geom.	25	127	143	127	5,7	8,2	7,1	7,0	0,27	0,30	0,70	1,62	0,1	1,1
Mediana	24	92	163	88	6,0	7,9	7,1	8,4	0,30	0,32	0,79	2,40	69,3	3,3
Perc. 10%	22	28	79	38	4,3	3,0	6,6	2,1	0,11	0,12	0,30	0,24	0,0	0,0
Perc. 90%	27	997	239	717	6,9	22,2	7,5	14,7	0,57	0,67	1,42	5,96	156,8	7,6
Desv. Pad.	2	572	63	361	1,0	8,6	0,3	4,9	0,22	0,20	0,49	3,05	79,3	3,8

Tabela A.10: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV083 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	36	24	36	36	36	36	36	36	24	26	16	18
Méd. aritm.	21	85	200	195	5,9	15,6	7,1	12,0	0,59	0,40	3,69	1,20	134,9	7,9
Méd. geom.	21	29	190	54	5,7	11,9	7,1	10,3	0,47	0,29	2,25	1,00	0,1	6,9
Mediana	21	23	185	39	6,0	12,0	7,0	11,2	0,47	0,34	2,70	1,00	79,8	8,2
Perc. 10%	18	8	141	18	4,5	5,0	6,7	4,4	0,22	0,08	0,81	0,70	0,0	2,6
Perc. 90%	24	100	264	292	7,2	27,0	7,5	17,8	0,96	0,75	7,22	2,00	280,0	11,9
Desv. Pad.	2	217	70	513	1,2	15,1	0,3	6,6	0,42	0,29	3,37	0,77	176,4	3,7

Tabela A.11: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV105 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	34	34	34	25	34	34	34	34	34	34	24	25	14	15
Méd. aritm.	25	287	204	316	3,2	13,9	7,0	12,8	0,40	0,32	0,88	4,19	2784,4	15,1
Méd. geom.	25	108	192	131	2,5	10,2	7,0	11,1	0,32	0,21	0,76	3,06	13,2	11,3
Mediana	25	85	189	89	2,8	10,3	7,0	10,4	0,36	0,30	0,81	3,30	2336,6	13,2
Perc. 10%	23	25	119	28	0,8	4,0	6,6	5,6	0,17	0,05	0,44	0,91	41,6	4,5
Perc. 90%	27	878	289	752	5,6	27,0	7,4	22,4	0,72	0,58	1,44	6,88	5997,9	32,2
Desv. Pad.	2	417	73	510	1,9	12,9	0,3	6,9	0,22	0,23	0,42	3,64	2489,2	11,5

Tabela A.12: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV105 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	36	24	36	36	36	36	36	36	24	26	16	18
Méd. aritm.	22	117	240	132	2,1	20,9	6,9	16,4	0,71	0,23	5,42	1,34	682,1	10,9
Méd. geom.	22	38	229	65	1,6	15,7	6,9	15,1	0,55	0,13	4,54	1,21	1,3	9,2
Mediana	22	30	255	50	1,6	16,0	7,0	17,0	0,67	0,24	4,35	1,25	501,8	9,1
Perc. 10%	19	14	164	25	0,6	5,9	6,6	9,0	0,24	0,02	2,06	0,67	0,0	4,6
Perc. 90%	25	139	313	221	4,5	40,0	7,2	22,7	1,18	0,50	9,70	1,90	1668,8	21,5
Desv. Pad.	3	341	66	245	1,6	18,2	0,3	6,2	0,41	0,19	3,11	0,65	740,5	6,9

Tabela A.13: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV137 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	26	35	35	35	35	35	35	24	26	14	16
Méd. aritm.	26	382	192	383	2,9	9,1	7,0	10,5	0,32	0,40	0,92	3,43	2813,6	23,7
Méd. geom.	26	142	182	163	2,6	7,6	7,0	9,2	0,23	0,24	0,73	2,25	1529,6	16,0
Mediana	27	138	186	141	2,9	7,0	7,0	9,2	0,31	0,31	0,85	2,45	1280,1	14,8
Perc. 10%	24	22	125	40	1,3	4,3	6,6	4,8	0,05	0,05	0,26	0,50	333,7	6,6
Perc. 90%	28	863	286	900	4,3	14,0	7,4	18,2	0,61	0,83	1,69	6,60	7572,0	62,5
Desv. Pad.	2	598	65	577	1,1	7,4	0,4	6,0	0,21	0,33	0,56	3,21	3198,2	24,0

Tabela A.14: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV137 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	34	23	35	35	35	35	35	35	23	26	16	17
Méd. aritm.	23	78	245	159	2,6	14,3	7,0	14,9	0,50	0,29	4,71	1,10	1077,2	21,2
Méd. geom.	23	41	236	100	2,2	9,0	7,0	13,7	0,41	0,15	3,72	0,84	37,0	16,3
Mediana	23	33	241	78	2,7	7,0	7,0	14,0	0,41	0,15	5,10	0,79	692,2	13,4
Perc. 10%	20	15	165	45	0,8	4,4	6,6	8,0	0,17	0,02	1,16	0,51	7,7	8,8
Perc. 90%	27	184	330	320	3,9	29,2	7,4	22,8	0,91	0,78	7,86	2,00	2963,5	30,7
Desv. Pad.	3	120	63	223	1,1	22,4	0,3	5,9	0,33	0,31	2,73	0,84	1237,3	20,3

Tabela A.15: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV139 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	26	35	35	35	35	35	35	24	26	14	16
Méd. aritm.	25	244	54	233	7,2	2,4	7,0	1,1	0,10	0,16	0,47	0,54	16,8	2,9
Méd. geom.	25	86	51	73	7,2	2,3	7,0	1,0	0,06	0,13	0,33	0,17	0,0	1,4
Mediana	25	92	51	56	7,2	2,0	7,0	1,0	0,06	0,14	0,31	0,10	12,1	1,6
Perc. 10%	22	12	37	12	6,8	2,0	6,5	0,7	0,02	0,05	0,12	0,10	0,0	0,4
Perc. 90%	28	512	65	581	7,7	3,0	7,5	1,6	0,22	0,28	0,74	0,40	40,6	7,0
Desv. Pad.	2	459	22	453	0,4	1,2	0,5	0,4	0,11	0,10	0,62	1,63	20,0	3,2

Tabela A.16: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV139 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	23	35	35	35	35	35	35	23	26	16	18
Méd. aritm.	21	24	55	31	7,9	2,0	7,1	1,0	0,04	0,21	0,27	0,30	42,9	3,9
Méd. geom.	21	13	55	12	7,9	2,0	7,1	1,0	0,03	0,15	0,15	0,25	0,2	0,3
Mediana	21	12	55	11	7,8	2,0	7,1	1,0	0,03	0,14	0,10	0,28	34,1	3,1
Perc. 10%	18	5	48	2	7,3	2,0	6,6	0,6	0,02	0,06	0,10	0,10	0,0	0,6
Perc. 90%	25	32	63	60	8,6	2,0	7,5	1,4	0,08	0,35	0,28	0,40	95,2	4,7
Desv. Pad.	3	50	7	60	0,6	0,0	0,4	0,3	0,03	0,22	0,46	0,26	51,4	5,1

Tabela A.17: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV141 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	26	35	34	35	35	35	35	24	26	14	15
Méd. aritm.	28	432	184	353	5,1	7,8	7,2	8,8	0,31	0,94	0,75	0,92	3223,7	139,8
Méd. geom.	28	200	177	183	4,5	5,2	7,2	7,8	0,22	0,57	0,64	0,44	955,3	13,0
Mediana	28	278	174	274	5,1	4,0	7,1	8,0	0,24	0,81	0,74	0,30	633,0	15,9
Perc. 10%	25	23	125	30	2,8	2,0	6,7	4,3	0,07	0,11	0,30	0,10	174,0	1,6
Perc. 90%	30	908	254	870	6,9	18,1	7,9	13,9	0,66	1,86	1,20	2,20	9658,6	532,7
Desv. Pad.	2	615	52	343	2,5	9,3	0,7	4,6	0,26	0,71	0,36	1,25	5192,7	316,3

Tabela A.18: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV141 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	23	35	35	35	35	35	35	23	26	16	18
Méd. aritm.	25	43	225	60	6,5	5,4	7,4	12,3	0,21	1,33	1,66	0,85	5507,5	180,2
Méd. geom.	25	17	221	17	6,2	4,3	7,3	11,4	0,20	0,97	0,94	0,77	300,6	53,2
Mediana	24	19	229	13	6,2	4,0	7,2	12,2	0,21	1,33	1,70	0,81	1483,2	32,4
Perc. 10%	23	4	163	3	5,3	2,0	6,9	6,7	0,14	0,36	0,12	0,40	173,5	11,5
Perc. 90%	29	50	273	142	7,9	9,0	7,7	17,9	0,29	2,58	2,98	1,31	7957,6	624,1
Desv. Pad.	2	105	44	129	2,0	4,2	0,6	4,3	0,06	0,83	1,23	0,37	12678,6	305,0

Tabela A.19: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV142 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	35	27	36	36	36	36	36	36	24	27	14	16
Méd. aritm.	27	389	173	356	5,2	4,9	7,3	8,1	0,27	1,10	0,79	0,36	2757,7	115,4
Méd. geom.	27	223	168	195	5,0	3,8	7,2	7,1	0,20	0,89	0,65	0,20	621,8	4,2
Mediana	27	324	175	247	5,8	3,5	7,2	6,4	0,23	0,99	0,71	0,11	443,0	9,0
Perc. 10%	25	25	117	32	3,3	2,0	6,7	3,9	0,08	0,37	0,30	0,10	99,3	0,0
Perc. 90%	30	741	226	782	6,6	11,0	7,9	14,5	0,53	2,03	1,40	0,98	8896,2	533,2
Desv. Pad.	2	334	41	331	1,4	4,2	0,5	4,4	0,20	0,68	0,43	0,52	5065,5	231,4

Tabela A.20: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV142 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	23	35	35	35	35	35	35	23	26	16	18
Méd. aritm.	24	58	208	86	7	4	8	10	0	2	1	1	8510	265
Méd. geom.	24	24	205	30	7	4	8	9	0	1	0	1	51	69
Mediana	24	25	208	31	7	3	7	10	0	2	0	1	1808	62
Perc. 10%	20	4	164	5	5	2	7	4	0	0	0	0	0	6
Perc. 90%	28	63	234	170	10	8	9	16	0	3	1	1	23976	754
Desv. Pad.	3	119	37	172	2	3	1	5	0	1	1	1	15454	373

Tabela A.21: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV146 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	34	26	35	35	35	35	35	35	24	26	14	16
Méd. aritm.	28	223	109	194	6,6	4,1	7,3	5,1	0,14	0,60	0,64	0,32	3494,1	68,5
Méd. geom.	28	129	99	118	6,2	3,3	7,3	4,1	0,11	0,44	0,52	0,18	36,9	3,3
Mediana	28	157	97	163	6,4	3,0	7,2	4,2	0,11	0,51	0,63	0,15	305,8	6,9
Perc. 10%	26	28	54	21	4,7	2,0	6,6	2,0	0,05	0,13	0,21	0,10	31,6	0,0
Perc. 90%	30	583	174	397	9,8	7,6	8,8	11,8	0,25	1,33	0,90	0,40	13819,9	244,6
Desv. Pad.	2	208	46	166	2,2	3,1	0,7	3,5	0,09	0,44	0,42	0,68	8090,9	162,2

Tabela A.22: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV146 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	36	24	36	36	36	36	36	36	24	26	16	18
Méd. aritm.	26	31	154	36	8,5	3,4	8,0	7,8	0,09	1,10	0,16	0,76	3104,0	173,9
Méd. geom.	26	17	150	19	8,2	2,9	7,9	6,9	0,08	0,78	0,15	0,67	0,7	45,7
Mediana	26	15	157	22	8,0	2,0	7,8	7,5	0,09	0,97	0,10	0,72	414,4	47,9
Perc. 10%	23	5	112	6	6,5	2,0	7,0	3,6	0,05	0,21	0,10	0,34	0,0	4,0
Perc. 90%	29	80	194	86	12,2	6,0	9,3	12,3	0,15	2,01	0,30	1,30	8711,6	604,7
Desv. Pad.	2	45	33	45	2,1	2,1	0,9	3,9	0,04	0,75	0,08	0,39	4060,2	252,2

Tabela A.23: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV148 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	34	26	35	34	35	35	35	35	24	26	14	15
Méd. aritm.	28	229	101	174	6,8	3,1	7,4	4,4	0,13	0,50	0,55	0,27	6269,9	91,9
Méd. geom.	28	122	91	95	6,6	2,7	7,3	3,6	0,10	0,33	0,49	0,18	35,5	1,0
Mediana	28	196	86	126	6,5	2,0	7,3	2,9	0,10	0,31	0,60	0,10	168,6	3,3
Perc. 10%	25	14	52	17	5,3	2,0	6,6	1,9	0,05	0,13	0,28	0,10	42,0	0,0
Perc. 90%	30	482	158	390	8,7	5,7	8,3	10,4	0,23	0,96	0,80	0,45	5085,9	305,6
Desv. Pad.	2	194	49	155	1,9	1,9	0,8	3,2	0,09	0,47	0,23	0,42	20555,0	235,8

Tabela A.24: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV148 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	36	23	36	36	36	36	36	36	24	26	16	18
Méd. aritm.	25	29	144	31	8,1	3,3	8,0	8,0	0,06	0,97	0,20	0,75	8086,6	270,1
Méd. geom.	25	17	141	16	8,0	2,8	8,0	6,3	0,06	0,74	0,13	0,64	50,9	8,7
Mediana	25	15	146	20	7,9	2,0	7,8	6,1	0,06	0,96	0,10	0,77	1186,2	133,6
Perc. 10%	23	5	105	2	6,8	2,0	7,0	2,9	0,03	0,22	0,10	0,30	3,3	7,6
Perc. 90%	28	54	176	70	10,2	5,0	9,3	10,1	0,10	1,84	0,20	1,05	17959,3	666,2
Desv. Pad.	2	47	30	41	1,4	2,3	0,9	8,2	0,03	0,61	0,29	0,42	15716,4	334,8

Tabela A.25: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV149 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	34	26	35	35	35	35	35	35	24	26	14	15
Méd. aritm.	29	194	99	154	6,7	2,8	7,4	4,2	0,12	0,50	0,50	0,18	6322,1	72,3
Méd. geom.	29	101	92	75	6,5	2,6	7,4	3,5	0,09	0,35	0,45	0,15	39,8	1,7
Mediana	29	120	84	99	6,2	2,0	7,2	3,1	0,09	0,38	0,47	0,10	192,6	2,7
Perc. 10%	26	19	62	21	5,5	2,0	6,5	1,8	0,04	0,13	0,28	0,10	16,9	0,0
Perc. 90%	31	475	161	356	8,1	4,0	8,8	8,9	0,22	0,98	0,80	0,30	17421,3	193,0
Desv. Pad.	2	203	44	163	1,8	1,2	0,9	2,8	0,10	0,42	0,22	0,12	14508,9	164,4

Tabela A.26: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV149 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	36	23	36	36	36	36	36	36	24	26	16	18
Méd. aritm.	26	20	142	24	7,7	2,8	7,9	11,8	0,05	0,88	0,12	0,60	10068,9	188,4
Méd. geom.	26	12	139	13	7,5	2,6	7,8	6,6	0,05	0,67	0,11	0,48	3,7	64,1
Mediana	26	14	140	15	7,0	2,0	7,5	5,9	0,05	0,82	0,10	0,65	4368,2	185,3
Perc. 10%	24	2	105	2	5,6	2,0	6,9	3,6	0,02	0,18	0,10	0,17	6,6	5,2
Perc. 90%	29	40	180	42	10,8	4,5	9,5	10,1	0,10	1,61	0,13	0,96	19261,1	378,9
Desv. Pad.	2	25	28	31	2,0	1,4	1,0	31,7	0,03	0,57	0,06	0,33	17451,5	192,5

Tabela A.27: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV152 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	35	27	36	36	36	36	36	36	24	27	14	16
Méd. aritm.	28	268	123	233	6,4	4,4	7,3	5,6	0,19	0,66	0,69	0,28	4712,6	72,3
Méd. geom.	28	157	117	140	6,2	3,3	7,3	4,7	0,14	0,52	0,63	0,19	391,2	5,4
Mediana	28	206	119	169	6,2	2,5	7,2	4,4	0,13	0,53	0,70	0,20	376,3	5,3
Perc. 10%	26	26	76	33	4,8	2,0	6,6	2,2	0,06	0,27	0,31	0,10	45,2	0,7
Perc. 90%	31	570	175	529	9,0	7,5	8,3	11,2	0,36	1,24	1,03	0,54	1549,1	236,2
Desv. Pad.	2	228	38	214	1,9	5,1	0,7	3,4	0,18	0,52	0,29	0,31	15852,9	149,1

Tabela A.28: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV152 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	23	35	35	35	35	35	35	23	26	16	18
Méd. aritm.	25	37	167	50	8,4	3,5	7,9	8,5	0,11	1,26	0,16	0,83	10182,0	212,7
Méd. geom.	25	18	165	23	8,2	3,1	7,9	7,6	0,10	0,93	0,14	0,68	123,8	67,9
Mediana	25	20	168	22	8,0	3,0	7,8	7,9	0,10	1,20	0,10	0,70	2655,3	128,8
Perc. 10%	23	5	133	7	6,6	2,0	7,0	4,0	0,06	0,23	0,10	0,35	1,1	7,4
Perc. 90%	28	45	201	122	10,8	6,0	8,9	12,1	0,20	2,33	0,20	1,35	19992,8	623,0
Desv. Pad.	2	68	28	80	1,7	2,0	0,8	4,3	0,06	0,84	0,08	0,59	21225,4	259,1

Tabela A.29: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV153 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	34	34	34	25	34	34	34	34	34	34	24	25	14	16
Méd. aritm.	26	419	230	440	2,6	17,0	7,0	12,8	0,49	0,38	0,97	3,91	2126,3	19,7
Méd. geom.	25	126	219	139	2,1	10,6	7,0	11,1	0,30	0,19	0,81	2,00	1184,8	14,0
Mediana	26	83	225	117	2,0	9,2	7,0	11,9	0,30	0,27	0,84	2,50	1055,0	13,2
Perc. 10%	24	20	134	21	0,8	4,6	6,6	5,4	0,14	0,02	0,54	0,40	415,5	4,4
Perc. 90%	27	843	337	829	4,6	20,0	7,4	23,2	1,03	0,55	1,67	9,10	3035,3	41,1
Desv. Pad.	2	928	75	936	1,7	31,1	0,4	6,5	0,62	0,63	0,54	3,94	3618,2	15,9

Tabela A.30: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV153 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	36	36	35	24	36	36	36	36	36	36	24	26	16	18
Méd. aritm.	22	298	277	415	1,7	23,3	7,0	17,6	0,69	0,38	6,17	1,65	693,5	13,9
Méd. geom.	22	39	268	92	1,3	16,0	7,0	16,3	0,53	0,16	4,52	1,25	36,4	1,3
Mediana	22	27	284	74	1,3	14,0	6,9	18,8	0,52	0,18	5,80	1,05	740,3	14,0
Perc. 10%	20	13	193	35	0,5	5,5	6,6	9,6	0,27	0,02	1,16	0,72	19,3	4,2
Perc. 90%	25	239	336	433	3,8	46,0	7,3	24,5	1,17	0,79	10,31	3,37	1202,2	22,4
Desv. Pad.	2	1299	62	1417	1,2	21,2	0,3	6,0	0,58	0,59	4,36	1,70	506,8	7,7

Tabela A.31: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV156 no período chuvoso (outubro a março), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	26	35	35	35	35	35	35	24	26	14	15
Méd. aritm.	27	437	192	425	3,5	10,3	7,0	9,4	0,37	0,59	0,83	2,40	1621,3	72,5
Méd. geom.	27	216	183	217	3,1	6,9	7,0	8,5	0,21	0,45	0,67	1,10	924,9	13,5
Mediana	27	267	177	224	3,4	7,0	7,1	8,3	0,22	0,43	0,82	1,70	1095,4	13,6
Perc. 10%	24	39	132	39	1,8	2,2	6,7	4,8	0,04	0,18	0,23	0,10	240,7	4,2
Perc. 90%	29	987	270	980	5,0	21,6	7,4	14,6	0,72	1,21	1,43	5,05	4147,2	252,4
Desv. Pad.	2	562	64	477	1,3	12,7	0,3	4,7	0,45	0,45	0,47	2,87	1569,1	140,2

Tabela A.32: Estatística descritiva dos parâmetros amostrados na estação BV156 no período seco (abril a setembro), no rio das Velhas – MG.

	Temp. água (°C)	Turb (UNT)	Condut. ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$)	SST (mg.L^{-1})	OD (mg.L^{-1})	DBO (mg.L^{-1})	pH	Cl (mg.L^{-1})	PT (mg.L^{-1})	NO ₃ (mg/L)	N-org. (mg.L^{-1})	N-NH ₄ (mg.L^{-1})	Ciano (cél.mL^{-1})	Cl-a ($\mu\text{g/L}$)
Nº de dados	35	35	35	23	35	35	35	35	35	35	23	26	16	18
Méd. aritm.	23	43	246	62	3,8	5,9	7,1	13,2	0,31	0,82	3,19	0,85	2583,2	52,8
Méd. geom.	23	30	241	37	3,6	5,4	7,1	12,4	0,27	0,40	2,23	0,74	18,8	26,5
Mediana	23	29	243	47	4,0	6,0	7,1	12,8	0,32	0,82	3,50	0,80	1146,6	21,6
Perc. 10%	21	11	182	10	2,5	3,4	6,8	8,3	0,16	0,02	0,50	0,45	0,0	9,1
Perc. 90%	27	87	319	117	4,8	9,0	7,4	18,8	0,45	1,73	5,30	1,44	3746,9	94,4
Desv. Pad.	2	45	48	69	1,1	2,3	0,3	4,5	0,13	0,70	1,91	0,40	5100,1	87,5

APÊNDICE B

Testes de Normalidade dos dados para
algumas estações de amostragem

BV013

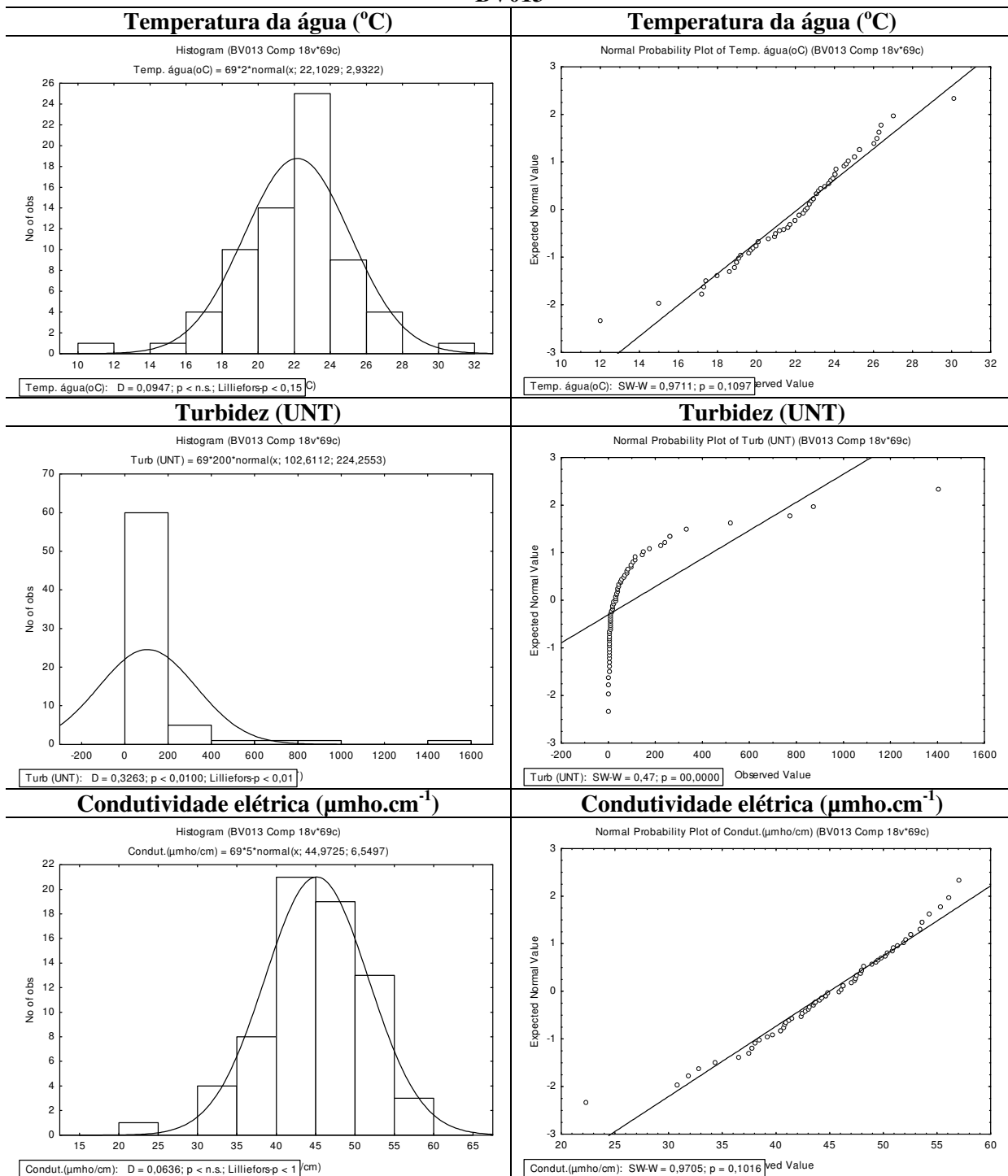


Figura B1: Testes de normalidade dos dados de temperatura da água, turbidez e condutividade elétrica para a estação BV013, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV013

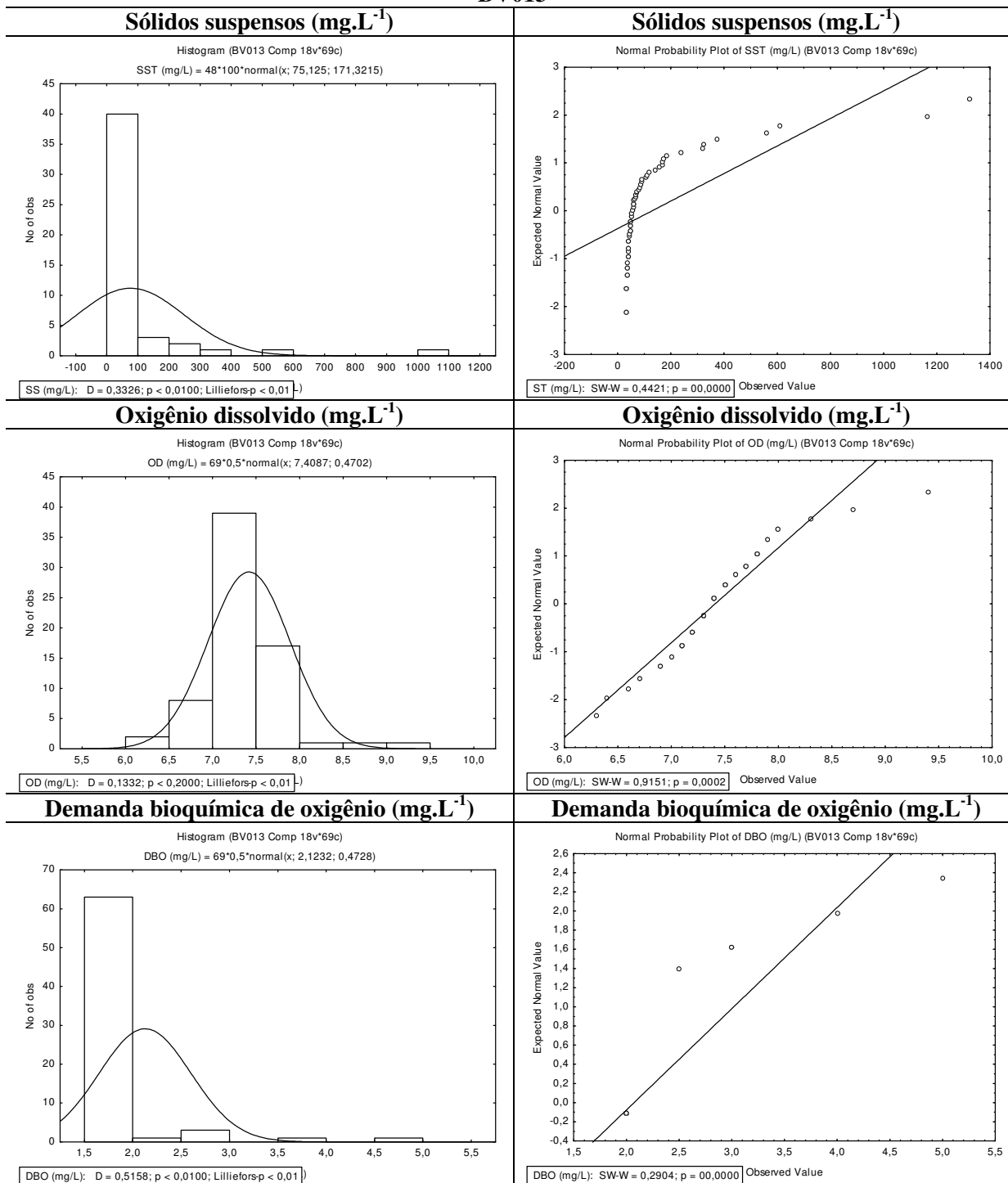


Figura B2: Testes de normalidade dos dados de sólidos suspensos, oxigênio dissolvido e DBO para a estação BV013, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV013

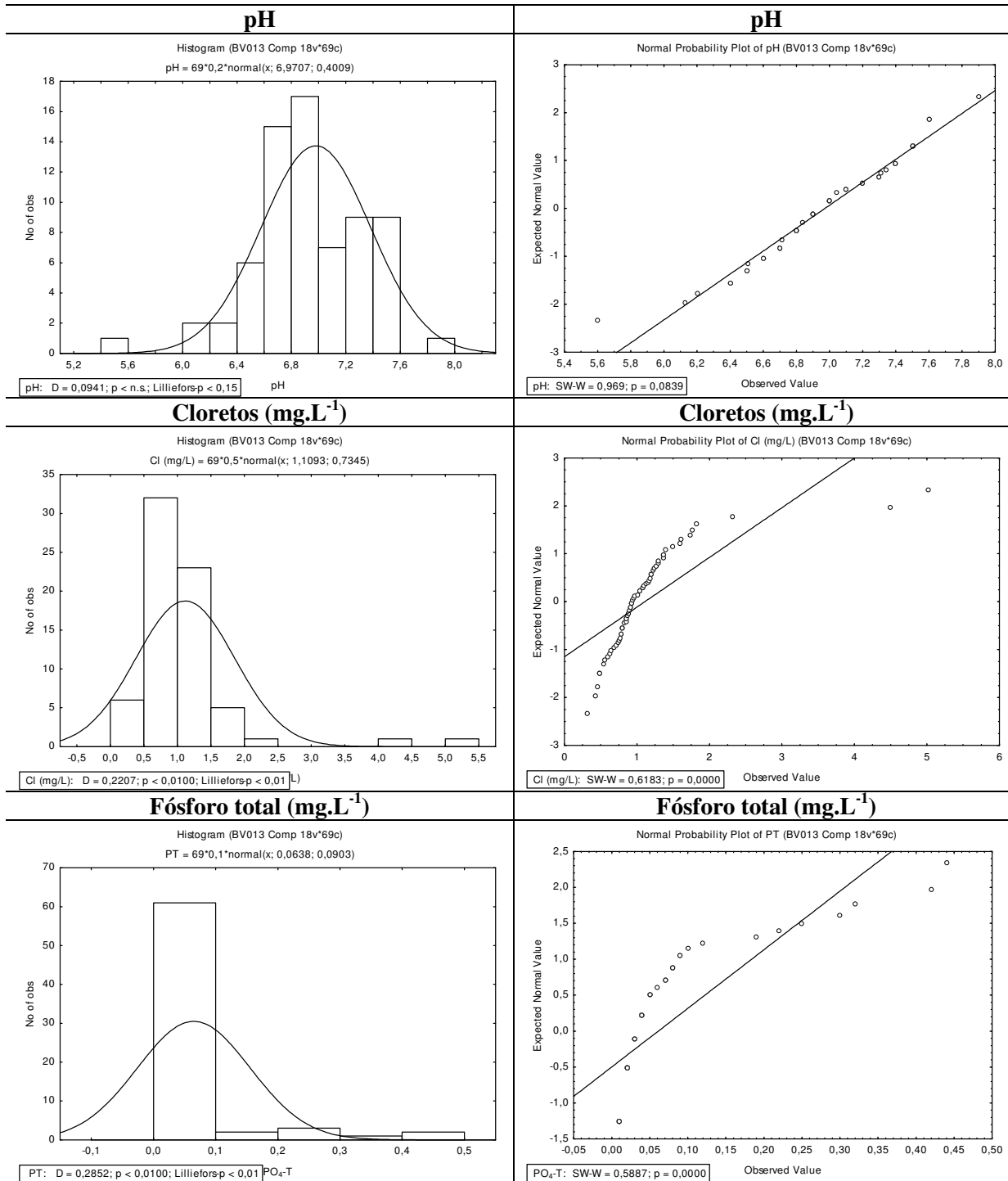


Figura B3: Testes de normalidade dos dados de pH, cloretos e fósforo total para a estação BV013, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV013

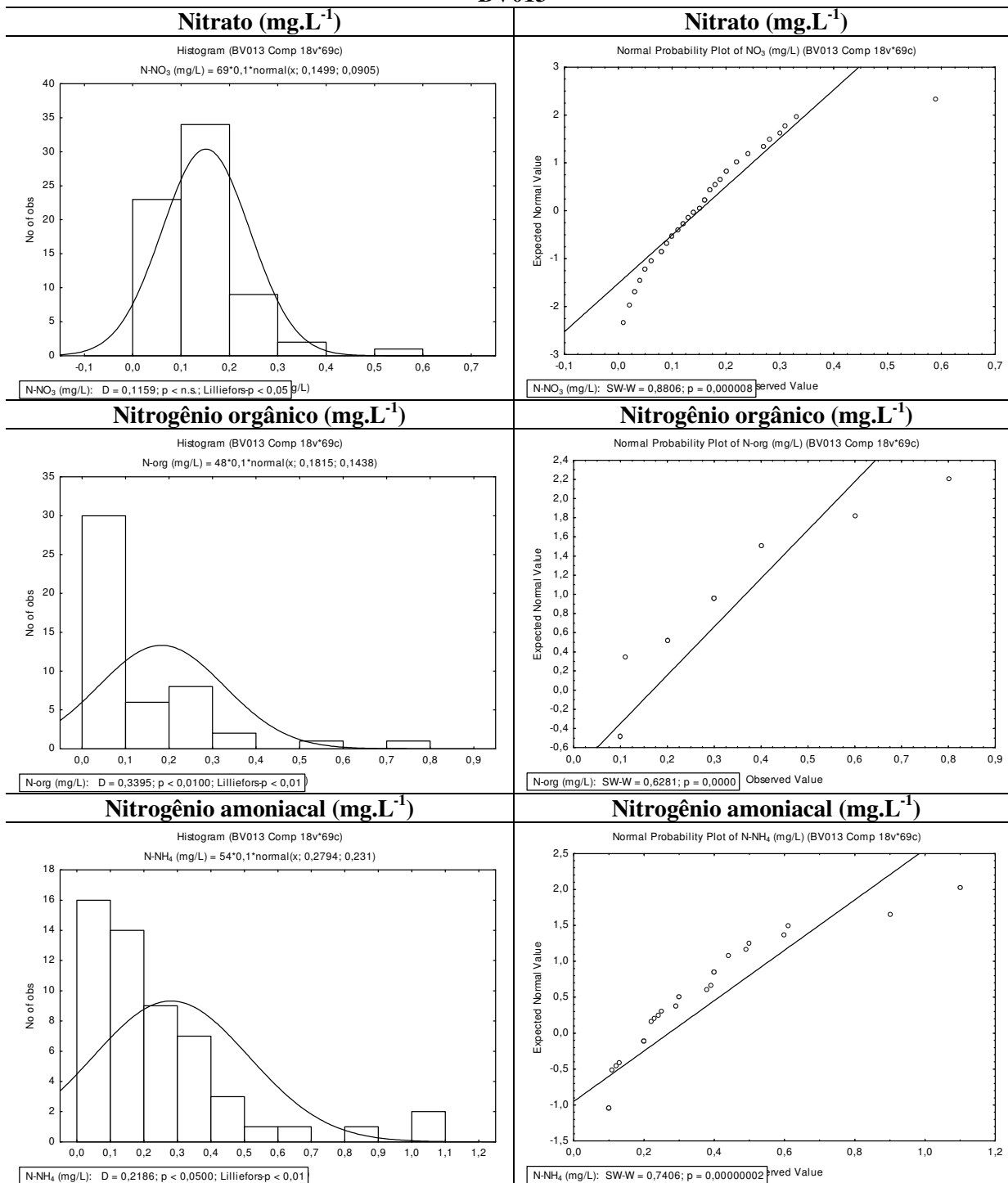


Figura B4: Testes de normalidade dos dados de nitrato, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal para a estação BV013, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV013

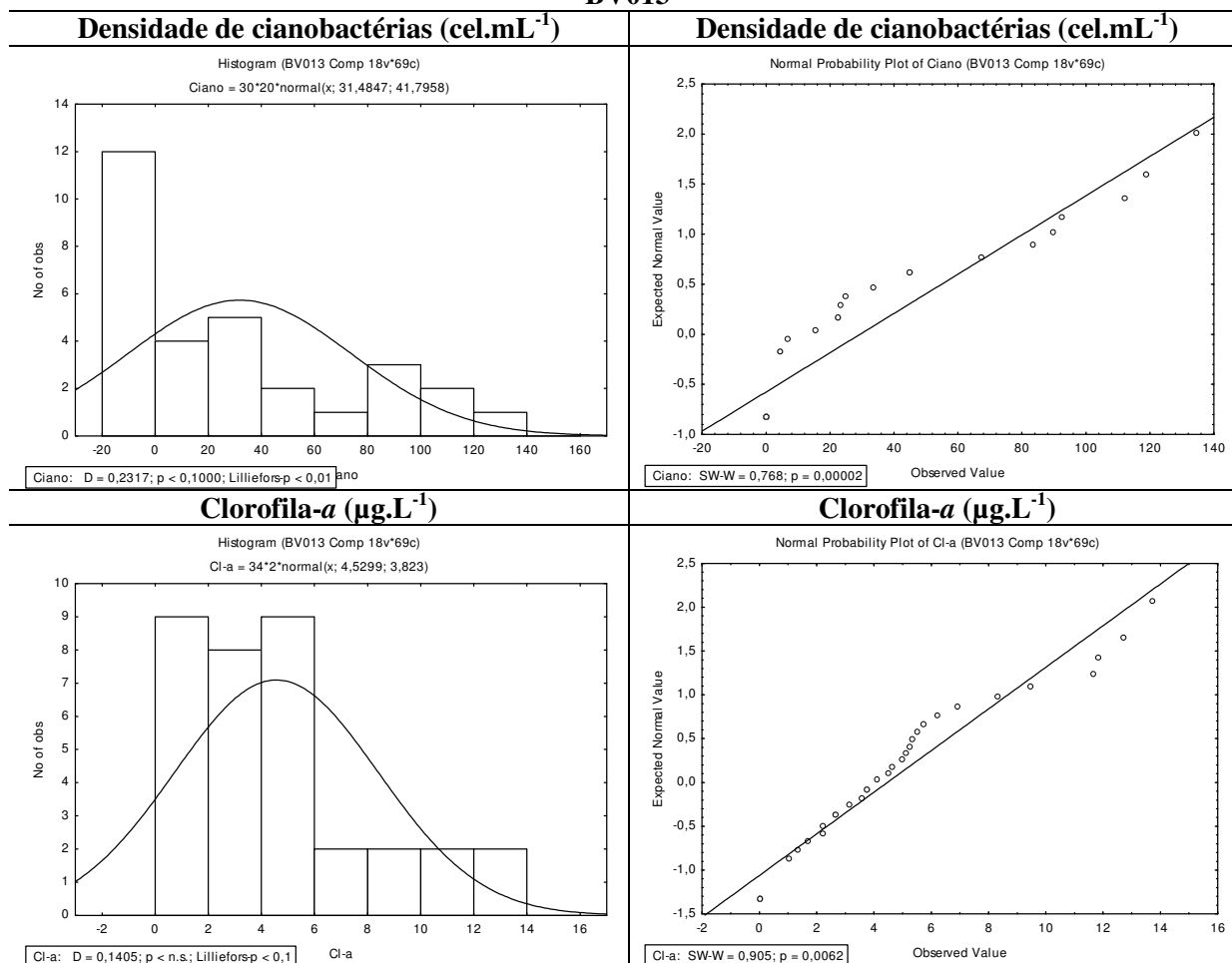
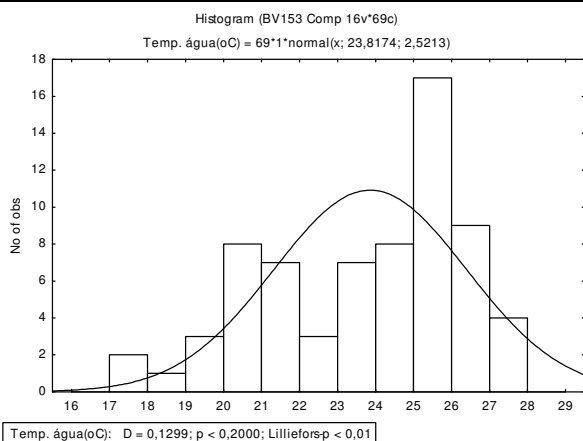


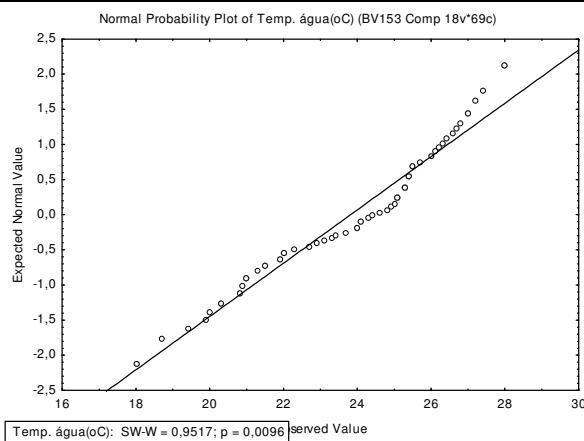
Figura B5: Testes de normalidade dos dados de clorofila-a e densidade de cianobactérias para a estação BV013, referentes ao período de outubro de 2007 a setembro de 2010.

BV153

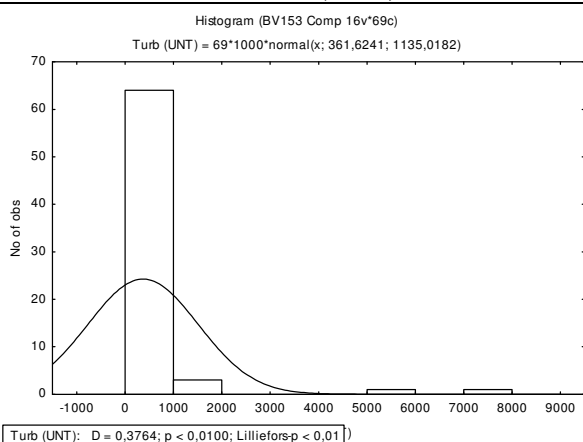
Temperatura da água (°C)



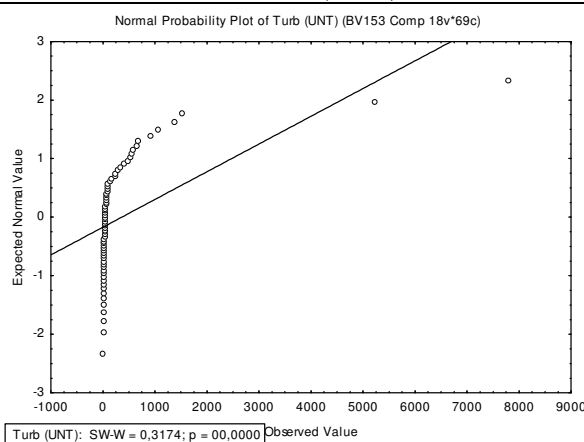
Temperatura da água (°C)



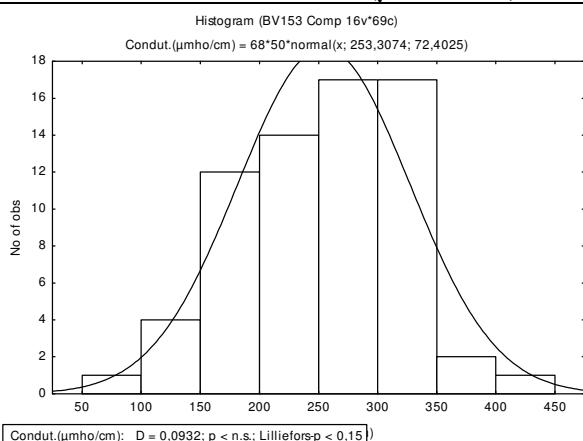
Turbidez (UNT)



Turbidez (UNT)



Condutividade elétrica (µmho.cm⁻¹)



Condutividade elétrica (µmho.cm⁻¹)

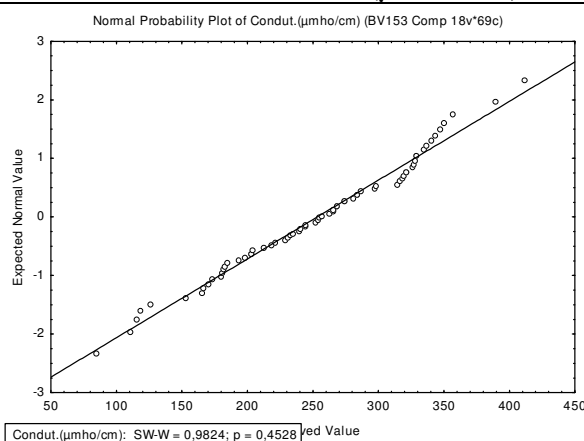


Figura B6: Testes de normalidade dos dados de temperatura da água, turbidez e condutividade elétrica para a estação BV153, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV153

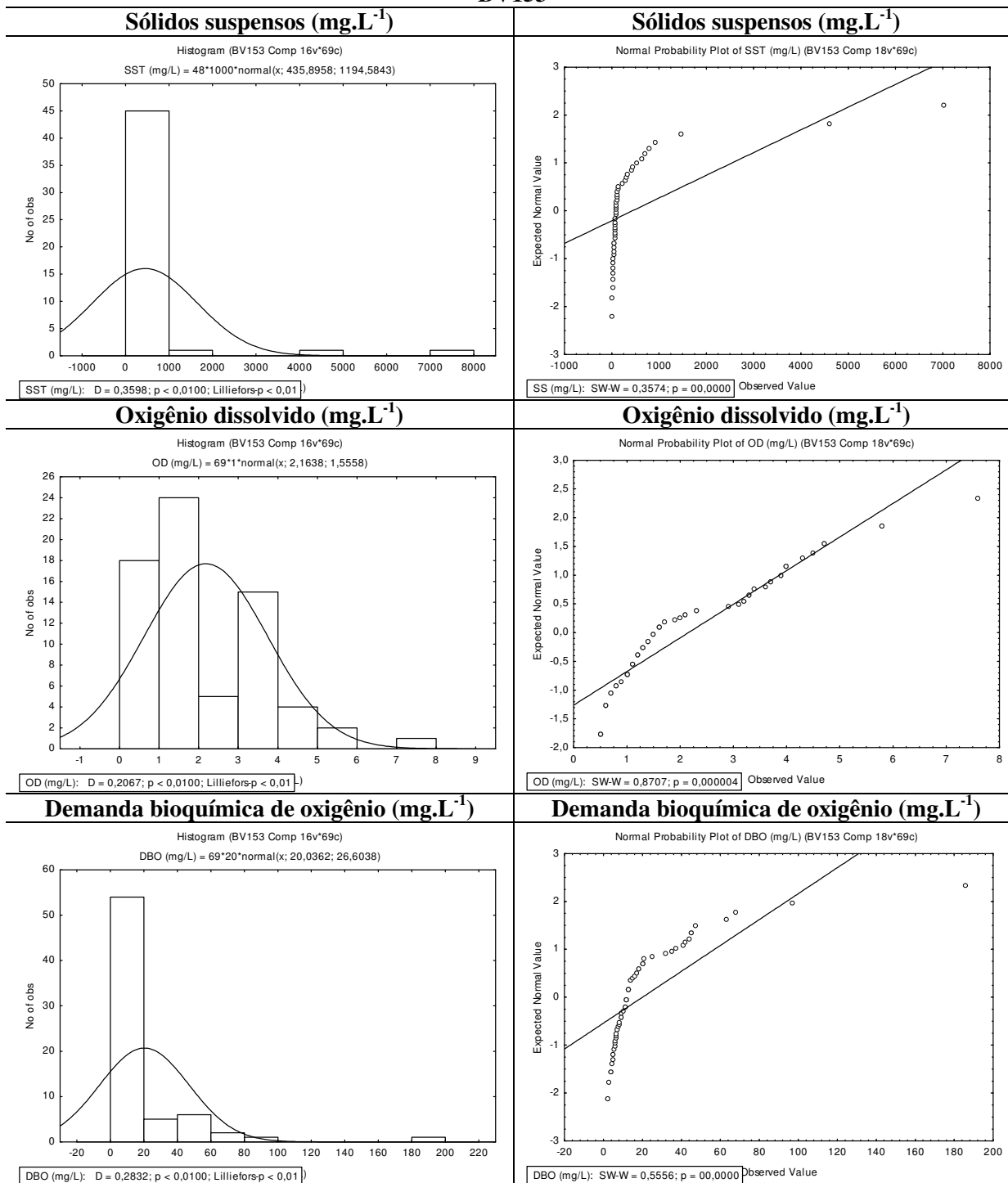


Figura B7: Testes de normalidade dos dados de sólidos suspensos, oxigênio dissolvido e DBO para a estação BV153, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV153

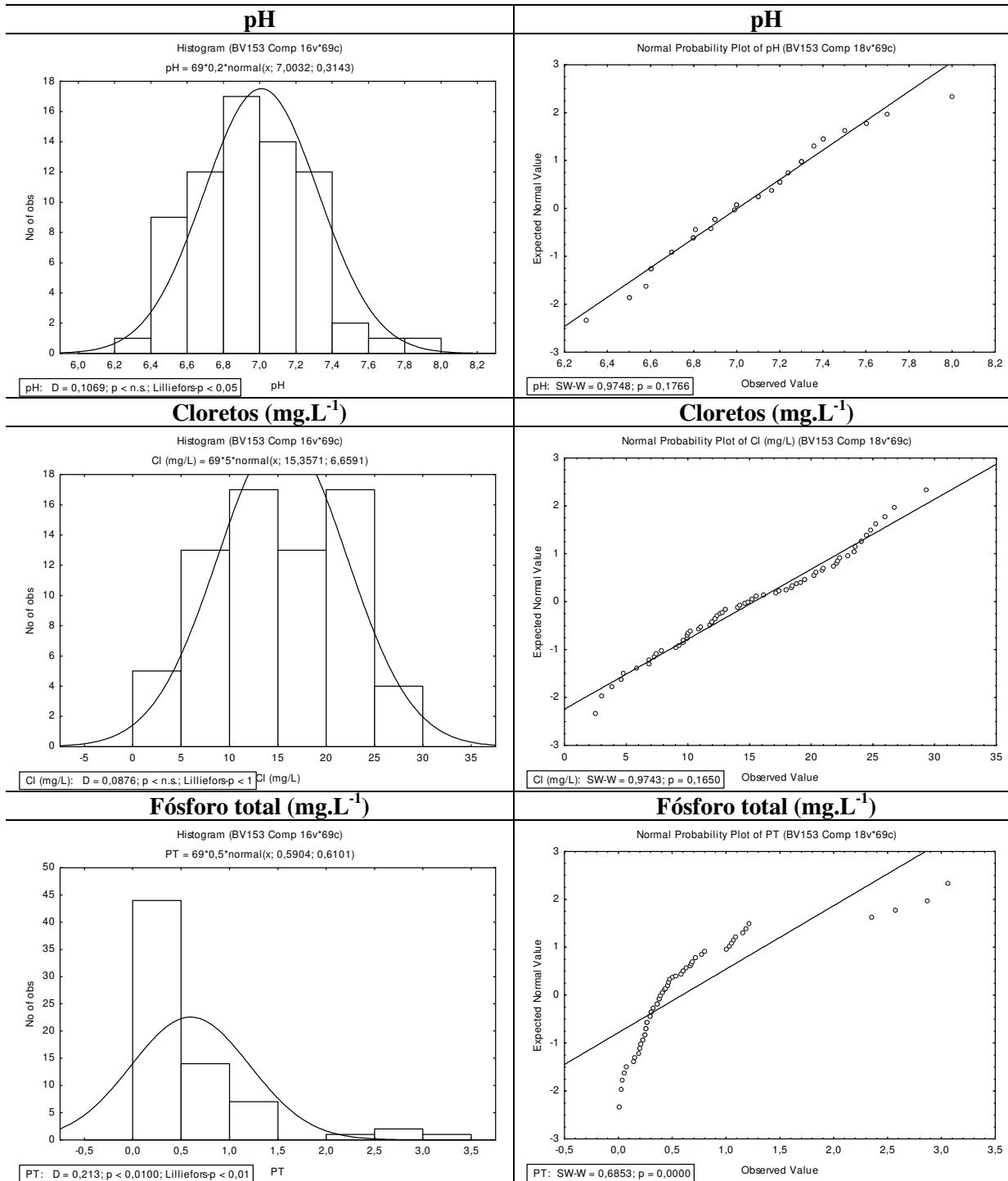


Figura B8: Testes de normalidade dos dados de pH, cloretos e fósforo total para a estação BV153, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV153

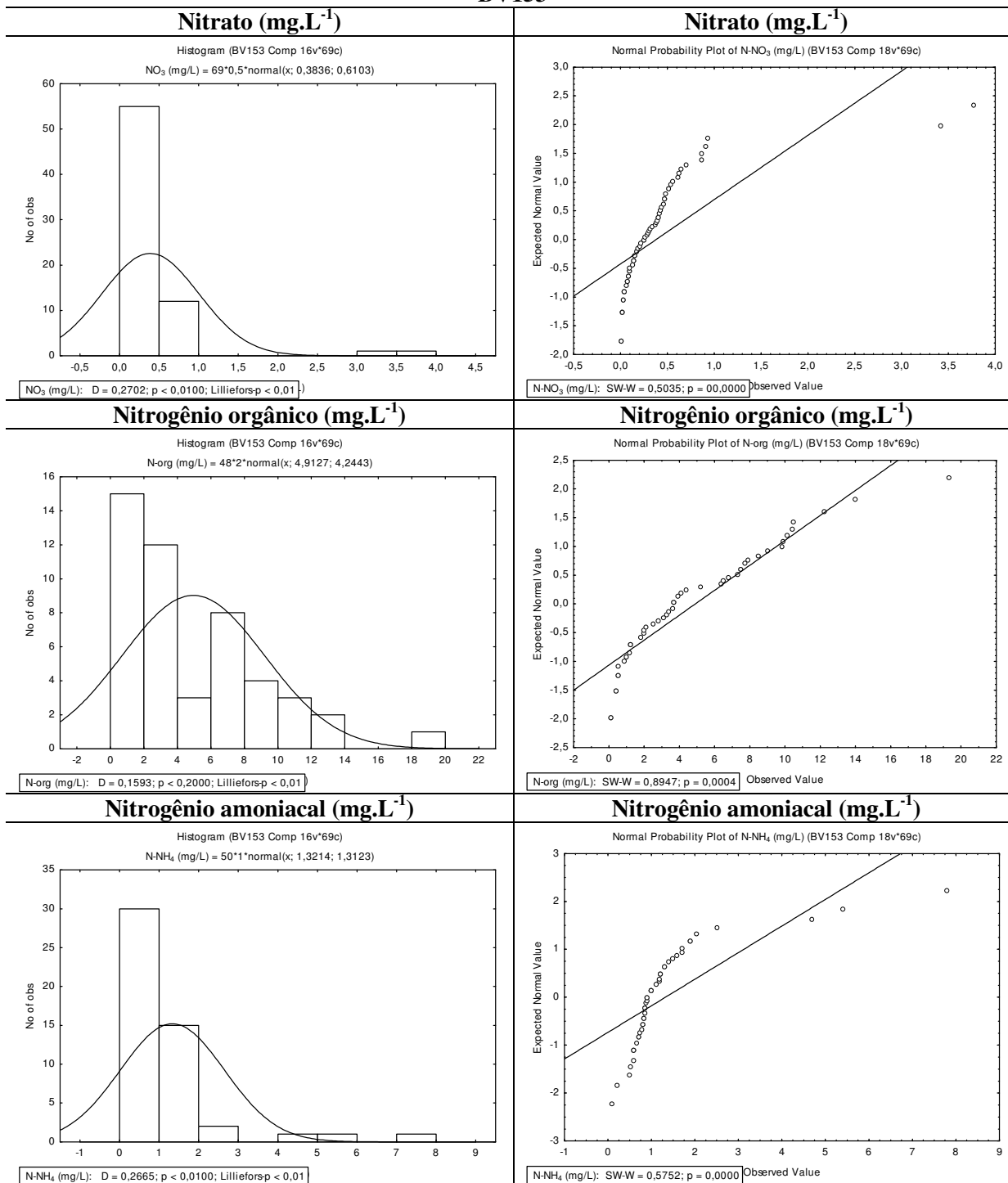


Figura B9: Testes de normalidade dos dados de nitrato, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal para a estação BV153, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV153

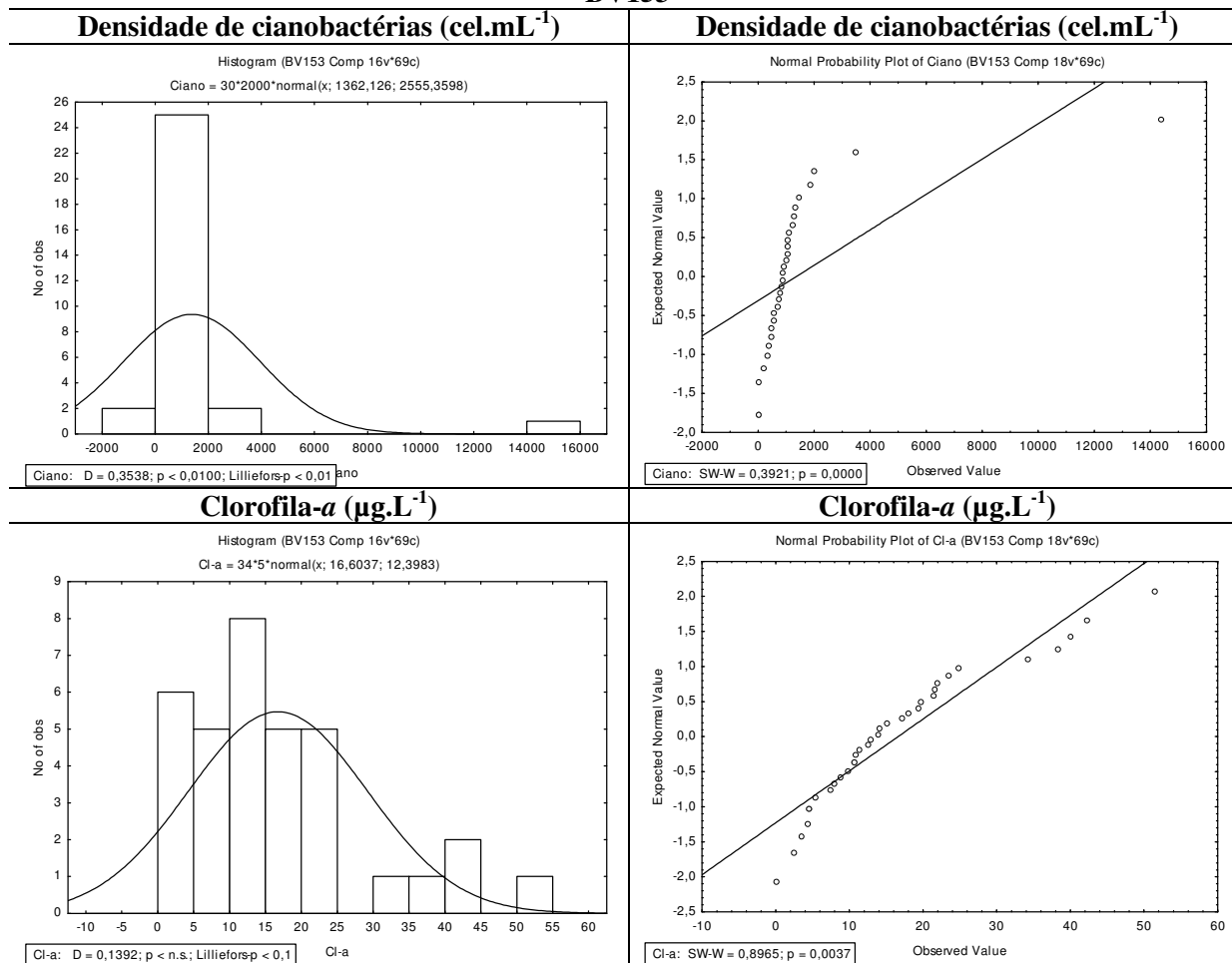


Figura B10: Testes de normalidade dos dados de clorofila-a e densidade de cianobactérias para a estação BV153, referentes ao período de outubro de 2007 a setembro de 2010.

BV149

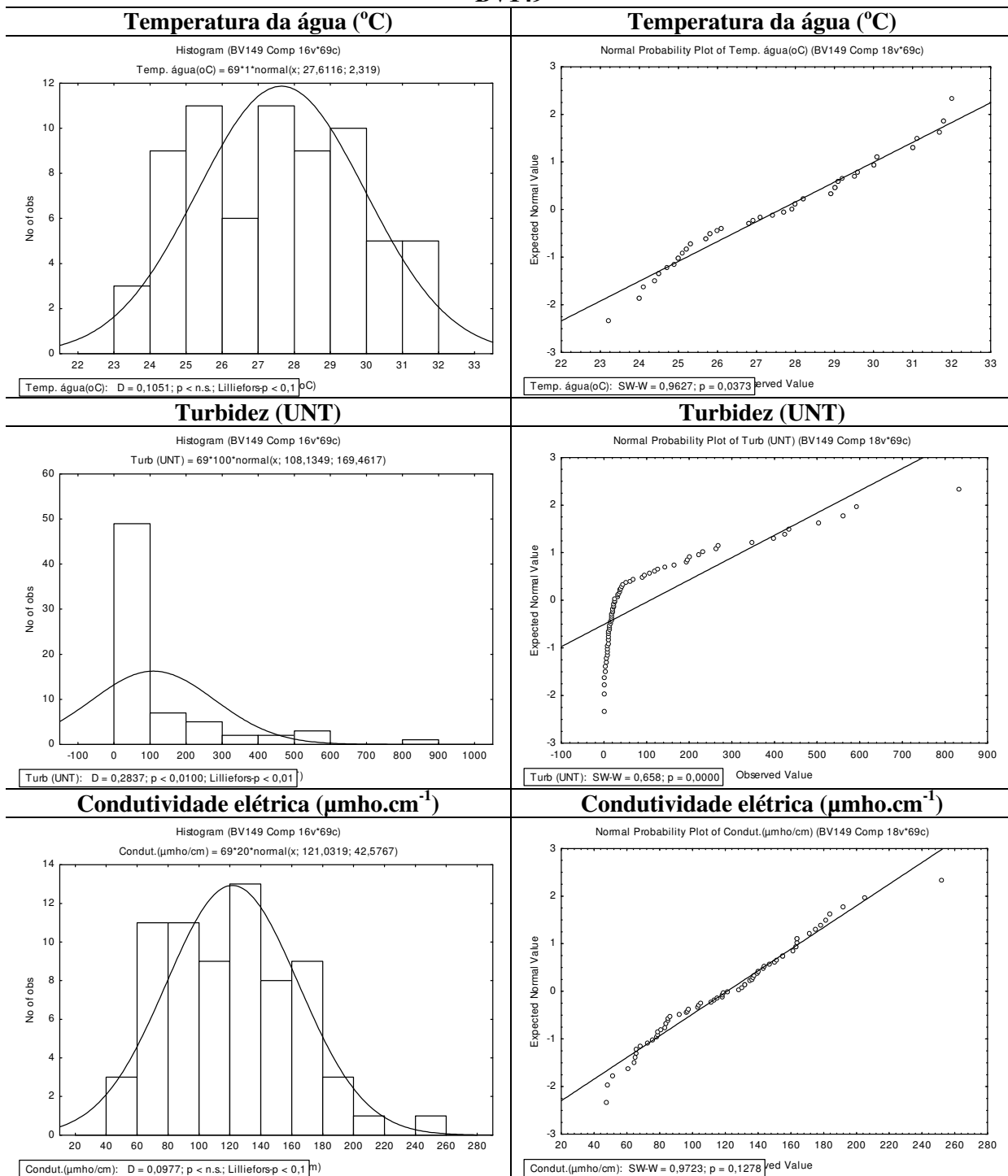


Figura B11: Testes de normalidade dos dados de temperatura da água, turbidez e condutividade elétrica para a estação BV149, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV149

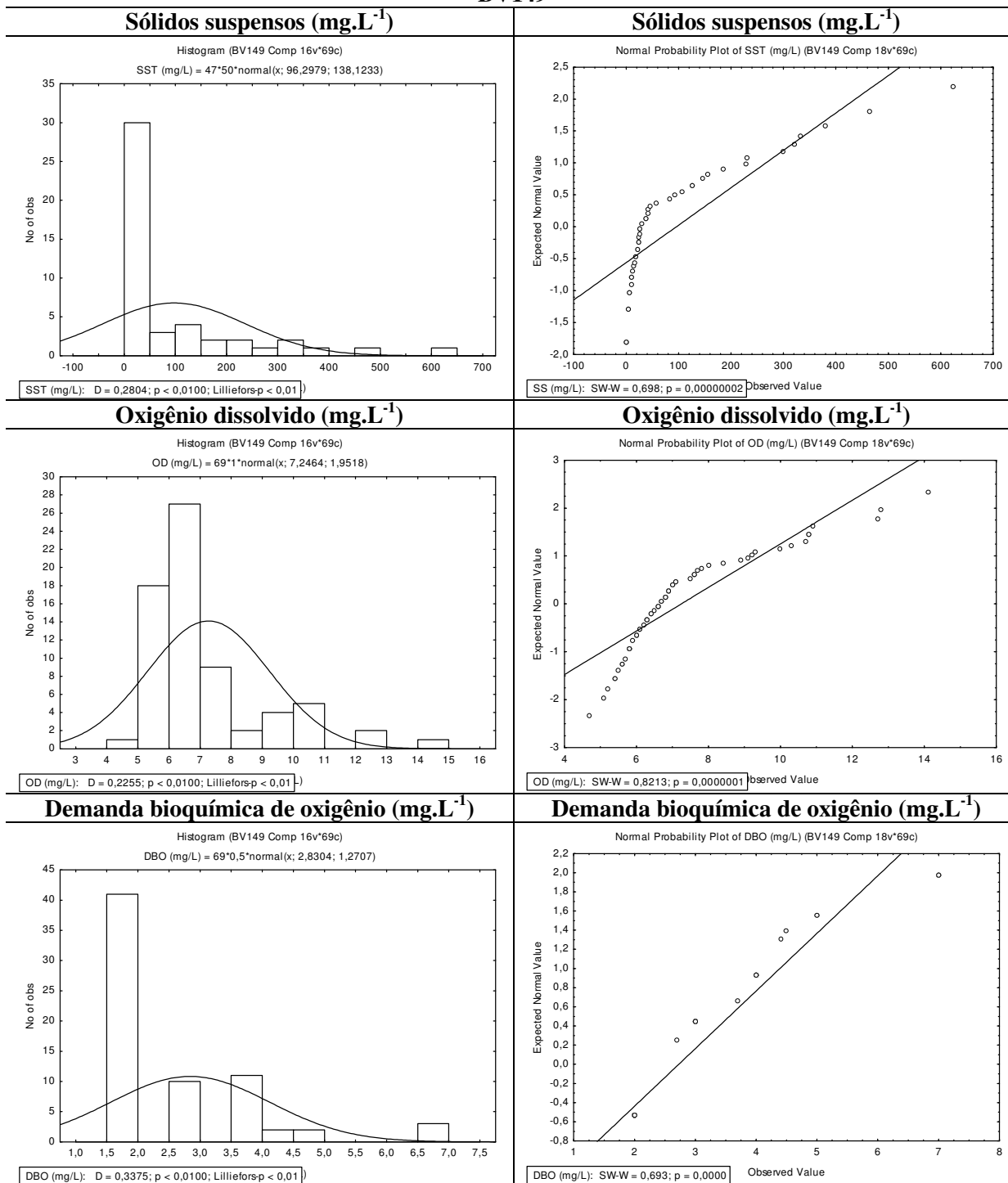


Figura B12: Testes de normalidade dos dados de sólidos suspensos, oxigênio dissolvido e DBO para a estação BV149, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV149

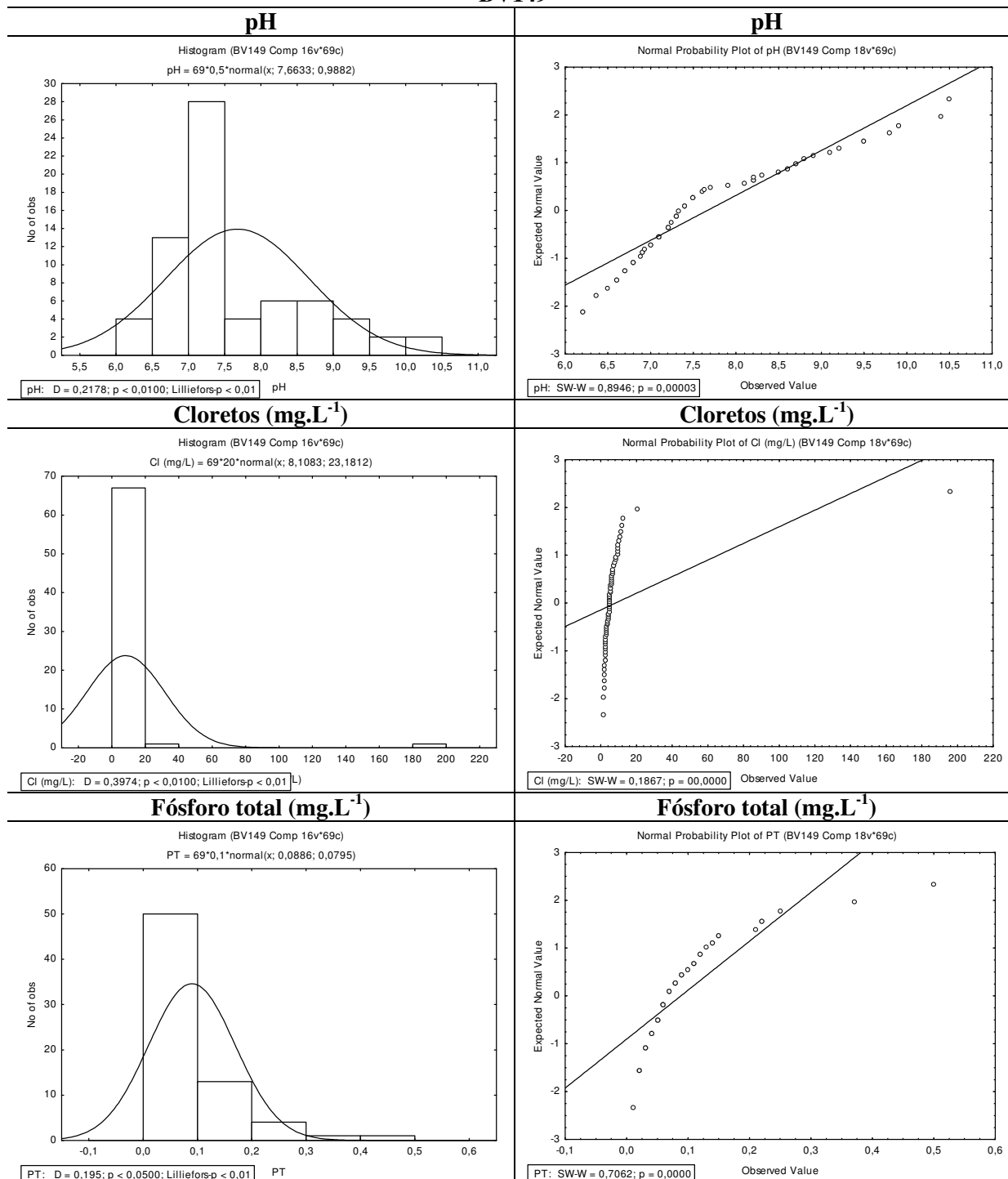


Figura B13: Testes de normalidade dos dados de pH, cloretos e fósforo total para a estação BV149, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV149

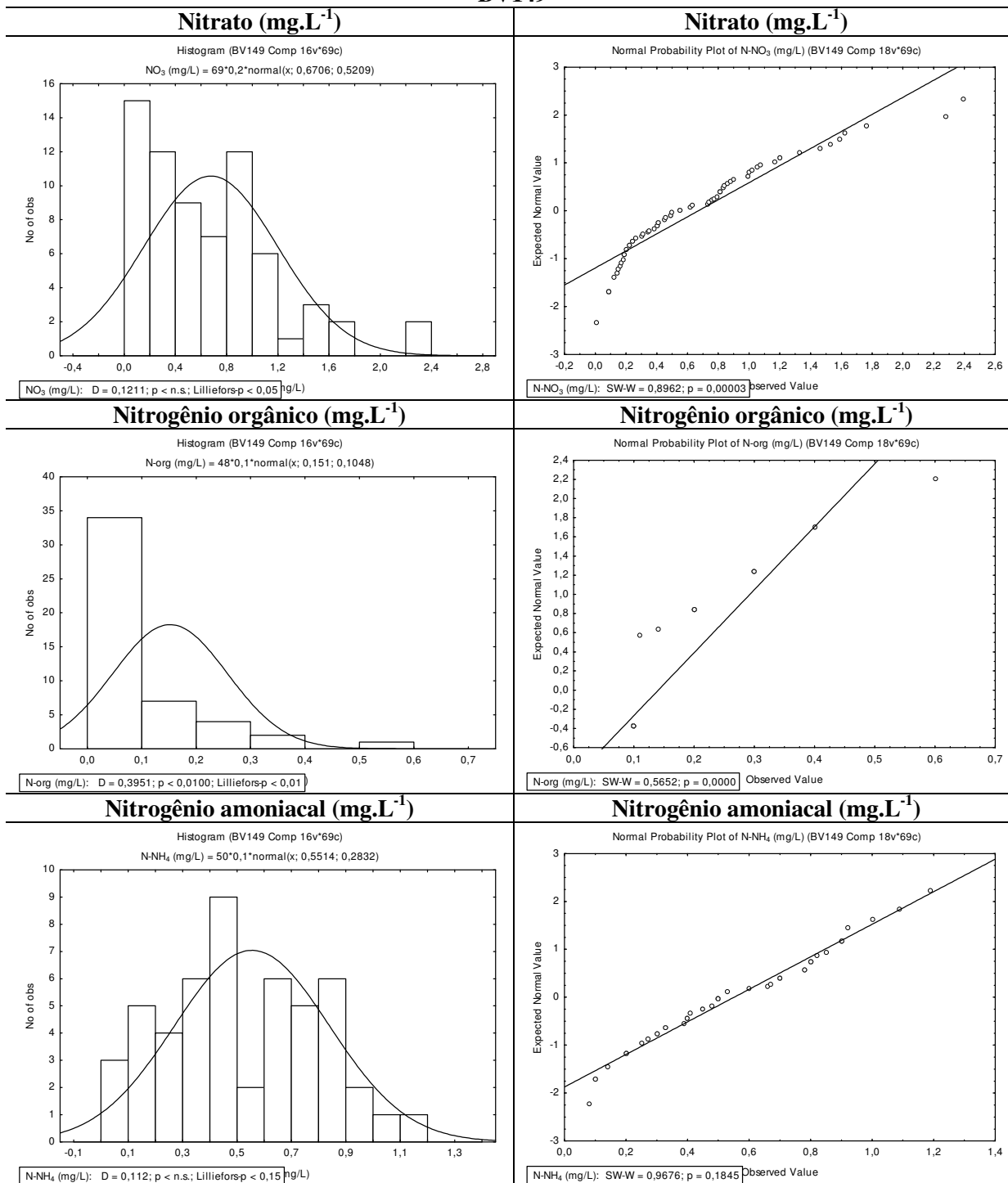


Figura B14: Testes de normalidade dos dados de nitrato, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal para a estação BV149, referentes ao período de janeiro de 2008 a setembro de 2010.

BV149

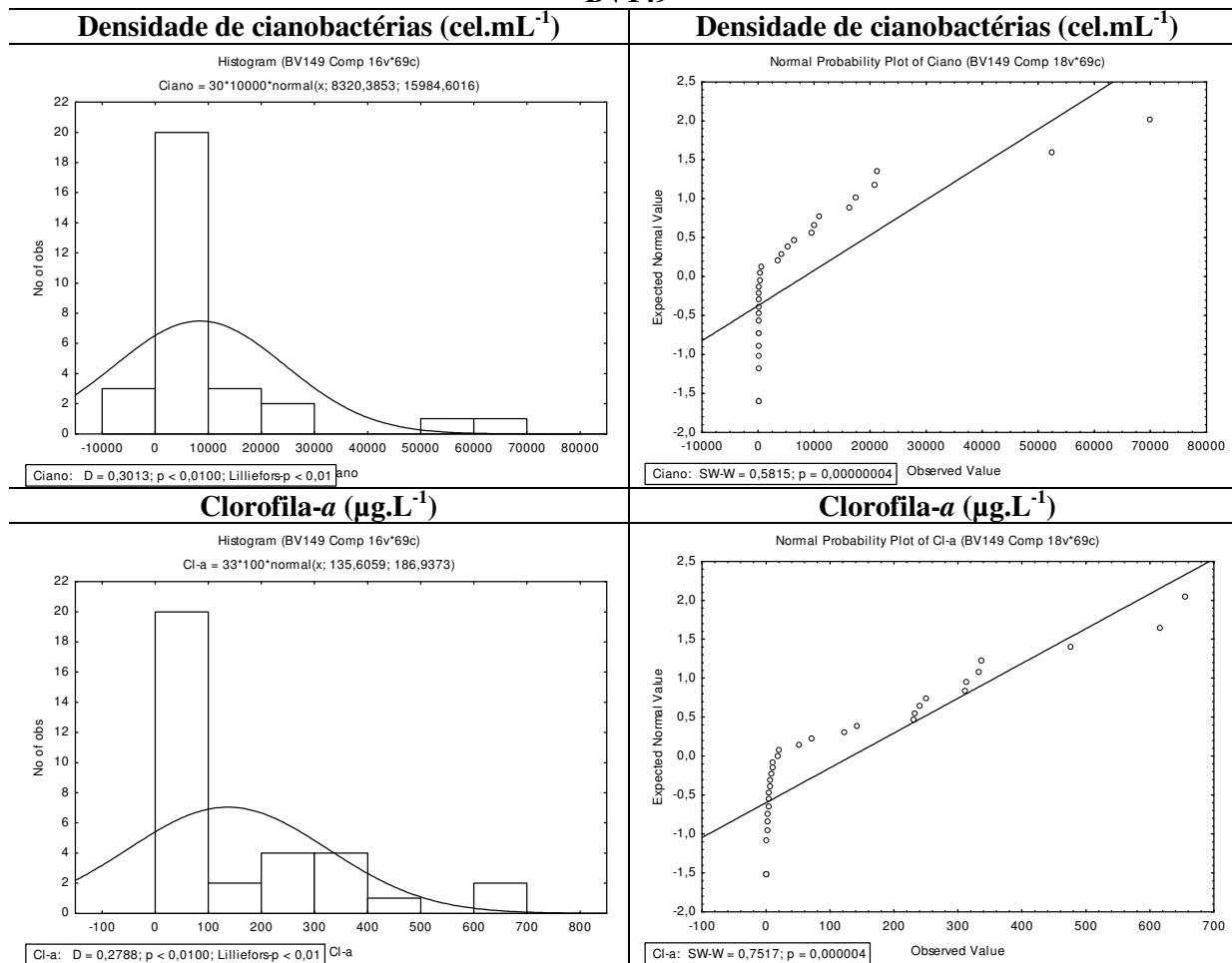


Figura B15: Testes de normalidade dos dados de clorofila-a e densidade de cianobactérias para a estação BV149, referentes ao período de outubro de 2007 a setembro de 2010.

APÊNDICE C

Coeficientes de correlação para postos de
Spearman

Tabela C.1: Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros analisados na estação de amostragem BV156 no rio das Velhas – MG.

	Temp	Turb	Condut	SST	OD	DBO	pH	Cl	PT	NO ₃	Norg	NH ₄	Ciano	Cl-a
Temp	1,00	0,51	-0,44	0,42	0,23	-0,16	-0,07	-0,41	-0,28	0,19	-0,73	0,29	0,13	-0,29
Turb	0,51	1,00	-0,72	0,94	-0,22	0,14	-0,31	-0,71	-0,27	-0,11	-0,50	0,01	-0,22	-0,11
Condut	-0,44	-0,72	1,00	-0,66	-0,07	0,21	0,30	0,84	0,38	-0,16	0,59	0,31	0,27	0,45
SST	0,42	0,94	-0,66	1,00	-0,11	0,22	-0,31	-0,68	-0,13	-0,04	-0,59	-0,10	-0,38	0,16
OD	0,23	-0,22	-0,07	-0,11	1,00	-0,54	0,10	0,05	-0,18	0,37	-0,49	-0,19	-0,01	-0,01
DBO	-0,16	0,14	0,21	0,22	-0,54	1,00	-0,06	0,13	0,31	-0,36	0,29	0,38	-0,01	0,38
pH	-0,07	-0,31	0,30	-0,31	0,10	-0,06	1,00	0,32	-0,03	0,10	0,01	-0,04	0,28	0,10
Cl	-0,41	-0,71	0,84	-0,68	0,05	0,13	0,32	1,00	0,25	-0,10	0,54	0,35	0,23	0,42
PT	-0,28	-0,27	0,38	-0,13	-0,18	0,31	-0,03	0,25	1,00	0,04	0,30	0,24	0,04	0,10
NO ₃	0,19	-0,11	-0,16	-0,04	0,37	-0,36	0,10	-0,10	0,04	1,00	-0,44	-0,07	0,44	-0,09
Norg	-0,73	-0,50	0,59	-0,59	-0,49	0,29	0,01	0,54	0,30	-0,44	1,00	0,12	-0,32	0,72
NH ₄	0,29	0,01	0,31	-0,10	-0,19	0,38	-0,04	0,35	0,24	-0,07	0,12	1,00	0,36	0,22
Ciano	0,13	-0,22	0,27	-0,38	-0,01	-0,01	0,28	0,23	0,04	0,44	-0,32	0,36	1,00	0,09
Cl-a	-0,29	-0,11	0,45	0,16	-0,01	0,38	0,10	0,42	0,10	-0,09	0,72	0,22	0,09	1,00

Nota: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

Tabela C.2: Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros analisados na estação de amostragem BV141 no rio das Velhas – MG.

	Temp	Turb	Condut	SST	OD	DBO	pH	Cl	PT	NO ₃	Norg	NH ₄	Ciano	Cl-a
Temp	1,00	0,52	-0,41	0,56	-0,09	-0,21	-0,14	-0,38	-0,18	-0,08	-0,45	-0,10	0,01	-0,01
Turb	0,52	1,00	-0,71	0,93	-0,54	-0,07	-0,36	-0,67	0,07	-0,30	-0,53	-0,27	-0,39	-0,51
Condut	-0,41	-0,71	1,00	-0,68	0,33	0,50	0,33	0,87	0,24	0,11	0,55	0,46	0,40	0,73
SST	0,56	0,93	-0,68	1,00	-0,58	-0,07	-0,37	-0,60	0,21	-0,16	-0,56	-0,26	-0,40	-0,43
OD	-0,09	-0,54	0,33	-0,58	1,00	-0,16	0,53	0,38	-0,23	0,27	0,08	0,10	0,45	0,54
DBO	-0,21	-0,07	0,50	-0,07	-0,16	1,00	0,03	0,43	0,48	-0,30	0,44	0,23	0,16	0,45
pH	-0,14	-0,36	0,33	-0,37	0,53	0,03	1,00	0,40	-0,13	0,25	0,06	0,11	0,55	0,54
Cl	-0,38	-0,67	0,87	-0,60	0,38	0,43	0,40	1,00	0,28	0,18	0,50	0,44	0,40	0,69
PT	-0,18	0,07	0,24	0,21	-0,23	0,48	-0,13	0,28	1,00	-0,05	0,13	0,03	-0,11	0,17
NO ₃	-0,08	-0,30	0,11	-0,16	0,27	-0,30	0,25	0,18	-0,05	1,00	-0,09	0,02	0,36	0,18
Norg	-0,45	-0,53	0,55	-0,56	0,08	0,44	0,06	0,50	0,13	-0,09	1,00	0,30	0,15	0,15
NH ₄	-0,10	-0,27	0,46	-0,26	0,10	0,23	0,11	0,44	0,03	0,02	0,30	1,00	0,21	0,21
Ciano	0,01	-0,39	0,40	-0,40	0,45	0,16	0,55	0,40	-0,11	0,36	0,15	0,21	1,00	0,66
Cl-a	-0,01	-0,51	0,73	-0,43	0,54	0,45	0,54	0,69	0,17	0,18	0,15	0,21	0,66	1,00

Nota: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

Tabela C.3: Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros analisados na estação de amostragem BV142 no rio das Velhas – MG.

	Temp	Turb	Condut	SST	OD	DBO	pH	Cl	PT	NO ₃	Norg	NH ₄	Ciano	Cl-a
Temp	1,00	0,56	-0,37	0,58	-0,01	-0,11	0,02	-0,24	0,10	-0,16	0,11	-0,32	0,11	-0,03
Turb	0,56	1,00	-0,76	0,96	-0,39	-0,01	-0,31	-0,63	0,35	-0,43	0,35	-0,44	-0,24	-0,54
Condut	-0,37	-0,76	1,00	-0,76	0,31	0,34	0,26	0,78	-0,14	0,27	0,04	0,53	0,36	0,58
SST	0,58	0,96	-0,76	1,00	-0,33	-0,01	-0,37	-0,64	0,37	-0,32	0,24	-0,49	-0,33	-0,62
OD	-0,01	-0,39	0,31	-0,33	1,00	-0,11	0,54	0,28	-0,21	0,21	-0,53	0,37	0,39	0,65
DBO	-0,11	-0,01	0,34	-0,01	-0,11	1,00	0,12	0,24	0,24	-0,32	0,37	0,25	0,39	0,42
pH	0,02	-0,31	0,26	-0,37	0,54	0,12	1,00	0,33	-0,02	0,21	-0,13	0,24	0,53	0,53
Cl	-0,24	-0,63	0,78	-0,64	0,28	0,24	0,33	1,00	-0,07	0,21	-0,05	0,42	0,33	0,59
PT	0,10	0,35	-0,14	0,37	-0,21	0,24	-0,02	-0,07	1,00	-0,22	0,20	-0,01	-0,17	-0,01
NO ₃	-0,16	-0,43	0,27	-0,32	0,21	-0,32	0,21	0,21	-0,22	1,00	-0,26	0,15	0,20	0,31
Norg	0,11	0,35	0,04	0,24	-0,53	0,37	-0,13	-0,05	0,20	-0,26	1,00	-0,16	0,36	0,09
NH ₄	-0,32	-0,44	0,53	-0,49	0,37	0,25	0,24	0,42	-0,01	0,15	-0,16	1,00	0,08	0,25
Ciano	0,11	-0,24	0,36	-0,33	0,39	0,39	0,53	0,33	-0,17	0,20	0,36	0,08	1,00	0,52
Cl-a	-0,03	-0,54	0,58	-0,62	0,65	0,42	0,53	0,59	-0,01	0,31	0,09	0,25	0,52	1,00

Nota: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

Tabela C.4: Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros analisados na estação de amostragem BV152 no rio das Velhas – MG.

	Temp	Turb	Condut	SST	OD	DBO	pH	Cl	PT	NO ₃	Norg	NH ₄	Ciano	Cl-a
Temp	1,00	0,53	-0,40	0,43	-0,23	-0,16	-0,20	-0,37	0,11	-0,28	0,41	-0,47	0,08	-0,25
Turb	0,53	1,00	-0,79	0,95	-0,65	-0,09	-0,59	-0,73	0,33	-0,44	0,68	-0,40	-0,18	-0,52
Condut	-0,40	-0,79	1,00	-0,79	0,63	0,22	0,64	0,84	-0,12	0,30	-0,54	0,49	0,23	0,56
SST	0,43	0,95	-0,79	1,00	-0,59	-0,03	-0,62	-0,69	0,53	-0,41	0,58	-0,34	-0,36	-0,71
OD	-0,23	-0,65	0,63	-0,59	1,00	0,25	0,73	0,62	-0,13	0,26	-0,60	0,43	0,42	0,72
DBO	-0,16	-0,09	0,22	-0,03	0,25	1,00	0,33	0,31	0,13	-0,22	-0,12	0,17	0,45	0,66
pH	-0,20	-0,59	0,64	-0,62	0,73	0,33	1,00	0,64	-0,11	0,21	-0,41	0,35	0,50	0,59
Cl	-0,37	-0,73	0,84	-0,69	0,62	0,31	0,64	1,00	-0,03	0,26	-0,47	0,36	0,32	0,63
PT	0,11	0,33	-0,12	0,53	-0,13	0,13	-0,11	-0,03	1,00	-0,23	0,37	0,17	-0,11	0,01
NO ₃	-0,28	-0,44	0,30	-0,41	0,26	-0,22	0,21	0,26	-0,23	1,00	-0,52	0,34	-0,01	0,08
Norg	0,41	0,68	-0,54	0,58	-0,60	-0,12	-0,41	-0,47	0,37	-0,52	1,00	-0,58	0,23	-0,52
NH ₄	-0,47	-0,40	0,49	-0,34	0,43	0,17	0,35	0,36	0,17	0,34	-0,58	1,00	0,10	0,47
Ciano	0,08	-0,18	0,23	-0,36	0,42	0,45	0,50	0,32	-0,11	-0,01	0,23	0,10	1,00	0,61
Cl-a	-0,25	-0,52	0,56	-0,71	0,72	0,66	0,59	0,63	0,01	0,08	-0,52	0,47	0,61	1,00

Nota: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

Tabela C.5: Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros analisados na estação de amostragem BV146 no rio das Velhas – MG.

	Temp	Turb	Condut	SST	OD	DBO	pH	Cl	PT	NO ₃	Norg	NH ₄	Ciano	Cl-a
Temp	1,00	0,46	-0,31	0,44	-0,23	0,03	-0,10	-0,30	0,12	-0,26	0,41	-0,37	0,23	0,04
Turb	0,46	1,00	-0,77	0,97	-0,64	-0,03	-0,56	-0,75	0,39	-0,41	0,59	-0,62	-0,11	-0,47
Condut	-0,31	-0,77	1,00	-0,77	0,65	0,32	0,70	0,90	-0,16	0,21	-0,47	0,70	0,34	0,58
SST	0,44	0,97	-0,77	1,00	-0,64	0,02	-0,59	-0,75	0,52	-0,23	0,50	-0,58	-0,47	-0,69
OD	-0,23	-0,64	0,65	-0,64	1,00	0,25	0,78	0,63	-0,04	-0,02	-0,55	0,73	0,39	0,59
DBO	0,03	-0,03	0,32	0,02	0,25	1,00	0,37	0,35	0,34	-0,24	0,16	0,23	0,46	0,42
pH	-0,10	-0,56	0,70	-0,59	0,78	0,37	1,00	0,65	-0,03	0,02	-0,35	0,63	0,45	0,50
Cl	-0,30	-0,75	0,90	-0,75	0,63	0,35	0,65	1,00	-0,10	0,15	-0,39	0,61	0,40	0,70
PT	0,12	0,39	-0,16	0,52	-0,04	0,34	-0,03	-0,10	1,00	-0,26	0,35	-0,13	-0,06	0,02
NO ₃	-0,26	-0,41	0,21	-0,23	-0,02	-0,24	0,02	0,15	-0,26	1,00	-0,22	0,16	-0,23	-0,04
Norg	0,41	0,59	-0,47	0,50	-0,55	0,16	-0,35	-0,39	0,35	-0,22	1,00	-0,54	-0,00	-0,18
NH ₄	-0,37	-0,62	0,70	-0,58	0,73	0,23	0,63	0,61	-0,13	0,16	-0,54	1,00	0,18	0,75
Ciano	0,23	-0,11	0,34	-0,47	0,39	0,46	0,45	0,40	-0,06	-0,23	-0,00	0,18	1,00	0,59
Cl-a	0,04	-0,47	0,58	-0,69	0,59	0,42	0,50	0,70	0,02	-0,04	-0,18	0,75	0,59	1,00

Nota: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

Tabela C.6: Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros analisados na estação de amostragem BV148 no rio das Velhas – MG.

	Temp	Turb	Condut	SST	OD	DBO	pH	Cl	PT	NO ₃	Norg	NH ₄	Ciano	Cl-a
Temp	1,00	0,51	-0,35	0,43	-0,27	-0,13	-0,20	-0,37	0,26	-0,31	0,28	-0,53	0,16	-0,34
Turb	0,51	1,00	-0,83	0,94	-0,63	-0,04	-0,59	-0,73	0,55	-0,42	0,53	-0,48	-0,24	-0,50
Condut	-0,35	-0,83	1,00	-0,78	0,72	0,21	0,72	0,90	-0,35	0,34	-0,39	0,56	0,37	0,67
SST	0,43	0,94	-0,78	1,00	-0,53	0,10	-0,56	-0,72	0,64	-0,45	0,52	-0,41	-0,41	-0,46
OD	-0,27	-0,63	0,72	-0,53	1,00	0,29	0,71	0,57	-0,42	0,28	-0,51	0,46	0,54	0,68
DBO	-0,13	-0,04	0,21	0,10	0,29	1,00	0,42	0,32	0,17	-0,20	0,20	0,44	0,33	0,65
pH	-0,20	-0,59	0,72	-0,56	0,71	0,42	1,00	0,57	-0,32	0,17	-0,24	0,48	0,60	0,69
Cl	-0,37	-0,73	0,90	-0,72	0,57	0,32	0,57	1,00	-0,24	0,30	-0,22	0,58	0,25	0,67
PT	0,26	0,55	-0,35	0,64	-0,42	0,17	-0,32	-0,24	1,00	-0,47	0,52	-0,25	-0,29	-0,02
NO ₃	-0,31	-0,42	0,34	-0,45	0,28	-0,20	0,17	0,30	-0,47	1,00	-0,36	0,23	0,04	0,13
Norg	0,28	0,53	-0,39	0,52	-0,51	0,20	-0,24	-0,22	0,52	-0,36	1,00	-0,26	-0,16	0,10
NH ₄	-0,53	-0,48	0,56	-0,41	0,46	0,44	0,48	0,58	-0,25	0,23	-0,26	1,00	0,38	0,80
Ciano	0,16	-0,24	0,37	-0,41	0,54	0,33	0,60	0,25	-0,29	0,04	-0,16	0,38	1,00	0,50
Cl-a	-0,34	-0,50	0,67	-0,46	0,68	0,65	0,69	0,67	-0,02	0,13	0,10	0,80	0,50	1,00

Nota: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

Tabela C.7: Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros analisados na estação de amostragem BV149 no rio das Velhas – MG.

	Temp	Turb	Condut	SST	OD	DBO	pH	Cl	PT	NO ₃	Norg	NH ₄	Ciano	Cl-a
Temp	1,00	0,47	-0,28	0,31	0,04	0,02	-0,03	-0,31	0,19	-0,28	0,46	-0,28	0,28	-0,14
Turb	0,47	1,00	-0,76	0,92	-0,35	0,04	-0,40	-0,70	0,67	-0,46	0,72	-0,48	-0,28	-0,42
Condut	-0,28	-0,76	1,00	-0,81	0,57	0,20	0,61	0,89	-0,40	0,28	-0,57	0,57	0,26	0,63
SST	0,31	0,92	-0,81	1,00	-0,31	0,08	-0,45	-0,77	0,78	-0,37	0,63	-0,45	-0,75	-0,53
OD	0,04	-0,35	0,57	-0,31	1,00	0,28	0,68	0,45	-0,14	0,01	-0,31	0,47	0,39	0,57
DBO	0,02	0,04	0,20	0,08	0,28	1,00	0,37	0,25	0,34	-0,41	0,17	0,23	0,30	0,70
pH	-0,03	-0,40	0,61	-0,45	0,68	0,37	1,00	0,48	-0,10	0,06	-0,22	0,48	0,39	0,56
Cl	-0,31	-0,70	0,89	-0,77	0,45	0,25	0,48	1,00	-0,39	0,21	-0,52	0,52	0,18	0,70
PT	0,19	0,67	-0,40	0,78	-0,14	0,34	-0,10	-0,39	1,00	-0,45	0,63	-0,27	-0,26	-0,03
NO ₃	-0,28	-0,46	0,28	-0,37	0,01	-0,41	0,06	0,21	-0,45	1,00	-0,36	0,16	-0,00	-0,07
Norg	0,46	0,72	-0,57	0,63	-0,31	0,17	-0,22	-0,52	0,63	-0,36	1,00	-0,45	0,06	-0,14
NH ₄	-0,28	-0,48	0,57	-0,45	0,47	0,23	0,48	0,52	-0,27	0,16	-0,45	1,00	0,25	0,54
Ciano	0,28	-0,28	0,26	-0,75	0,39	0,30	0,39	0,18	-0,26	-0,00	0,06	0,25	1,00	0,42
Cl-a	-0,14	-0,42	0,63	-0,53	0,57	0,70	0,56	0,70	-0,03	-0,07	-0,14	0,54	0,42	1,00

Nota: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.