

Qualidade da água: uma análise espacial de fatores que afetam a qualidade da água dos reservatórios em cascata na bacia do Rio Grande

Water quality: a spatial analysis to factors affecting the water quality of cascade reservoirs in the basin Rio Grande, Brazil

Fellipe Alves Ozorio do Nascimento ¹; Otaviano Francisco Neves ²

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco, Avenida José de Sá Manisoba, s/n. Centro, Petrolina – Pernambuco, CEP 56300-000, felipe-alves19@hotmail.com.

² Departamento de Matemática e Estatística, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Avenida Dom José Gaspar, 500. Coração Eucarístico, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 30535-901.

Abstract: Water, being a key natural resource for the maintenance of living beings and of natural and anthropogenic processes, is subjected to different levels of degradation in their quality. This research aimed to provide a preliminary analysis within the system view of geographic factors, verifying quantitatively and qualitatively the factors affect water quality in basin Rio Grande, between its dams Jaguara, Igarapava and Volta Grande located on the border of the states of Minas Gerais and São Paulo. The unleash factor the research, was the proximity of urban-industrial centers, and the formation of hydroelectric reservoirs on the margins the Rio Grande. These factors can cause imbalance in aquatic communities, changing the physical and chemical qualities of water, it can cause the disappearance and proliferation of species or installation of invading organisms, besides causing changes in relation between surrounding populations and the new formed lakes. For studies regarding the situation of water quality, there are various variables that we must of analyze according to the proposed objective, one of the methods which is utilized in the statistical is the multivariate analysis, which was used in this research in order to analyze the linear relationship between two sets of variables, the physic-chemical and hydro biological. From analysis of the variables we obtained preliminary results indicating that water quality is at odds to parameters considered ideas by the Brazilian legislation.

Keywords: water, basin, variables, physical-chemical, hydro biological, quality.

Resumo: A água, sendo um recurso natural essencial para a manutenção dos seres vivos e dos processos naturais e antrópicos, é submetida a diferentes níveis de degradação em sua qualidade. Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise preliminar dentro da visão de sistema dos fatores geográficos, verificando quantitativamente e qualitativamente os fatores que afetam a qualidade da água, na área da bacia hidrográfica do Rio Grande, entre as represas de Jaguara, Igarapava e Volta Grande, localizadas na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo. O fator desencadeador para que o trabalho fosse realizado, foi à proximidade de centros urbano-industriais, e a formação de reservatórios de usinas hidrelétricas nas margens do Rio Grande. Estes fatores podem provocar

desequilíbrio nas comunidades aquáticas, alterando as qualidades físico-químicas da água podendo ocasionar o desaparecimento ou a proliferação de espécies e ou a instalação de organismos invasores, além de causar alterações na relação entre as populações vizinhas e os novos lagos formados. Para estudos referentes à situação da qualidade das águas, existem variadas variáveis que devemos analisar de acordo com o objetivo proposto, um dos métodos que são utilizados pela estatística é a análise multivariada, a qual foi utilizada nesta pesquisa com o objetivo de analisar a relação linear entre dois conjuntos de variáveis, as físico-químicas e hidrobiológicas. A partir das análises das variáveis conseguimos chegar a resultados preliminares que indicam que a qualidade da água apresenta desconformidade aos parâmetros considerados normais pela legislação Brasileira.

Palavras-chave: Água; bacia; variáveis, físico-químicas; hidrobiológicas; qualidade.

INTRODUÇÃO

No cenário global e local um dos problemas mais sérios é a garantia de fontes de água adequada para o consumo humano. Essa preocupação se dá pelo motivo da água representar parte integrante da vida, sendo que no organismo humano ela desempenha funções fisiológicas fundamentais, como: dissolver e diluir todos os componentes solúveis que entram no organismo. Além de ser importante como ambiente da vida em geral, já que a maior parte das espécies vive neste meio. A água também é destinada a usos múltiplos, tais como: abastecimento público; geração de energia elétrica; navegação; irrigação; pesca; suprimento industrial; crescimento de culturas agrícolas; conservação da flora e da fauna; higiene; dispersão de rejeitos; turismo e lazer. Todos os seres vivos têm o direito de usá-la; porém para esta utilização, devemos observar algumas condições e características quantitativas e qualitativas, como por exemplo, o grau de pureza da água. “Os componentes que alteram o grau de pureza da água podem ser definidos por suas características físicas, químicas e biológicas, traduzidas na forma de parâmetros de qualidade de água.” (Von SPERLING, 1996; ESTEVES, 1998). Assim o termo qualidade da água está diretamente relacionado, com a sua utilização.

Com base nessas reflexões, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise preliminar dentro da visão sistêmica dos fatores geográficos, verificando quantitativamente e qualitativamente os fatores que afetam a qualidade da água, na área da bacia hidrográfica do Rio Grande entre as represas de Jaguará, Igarapava e Volta Grande, localizadas na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo. A área de estudo compreende a bacia de drenagem das três represas, mas como a pesquisa se encontra em andamento, neste artigo serão publicados somente os resultados da área de drenagem da represa de Igarapava.

Além disso, este trabalho é complementar ao projeto GTW 399-WMA03-05 intitulado “PA – Desenvolvimento de índices georreferenciados da qualidade das águas e estudo das características socioambientais da região de reservatórios em cascata: Volta Grande e Jaguará”, desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais juntamente com a Companhia Energética de Minas Gerais. Este projeto é constituído por um grupo de pesquisadores de varias áreas de conhecimentos, que desenvolvem pesquisas que visam complementar as informações referentes à análise da qualidade das águas dos reservatórios, para que a empresa que os gerencia mantenha a água com qualidade, seja para o abastecimento, geração de energia ou para outras atividades.

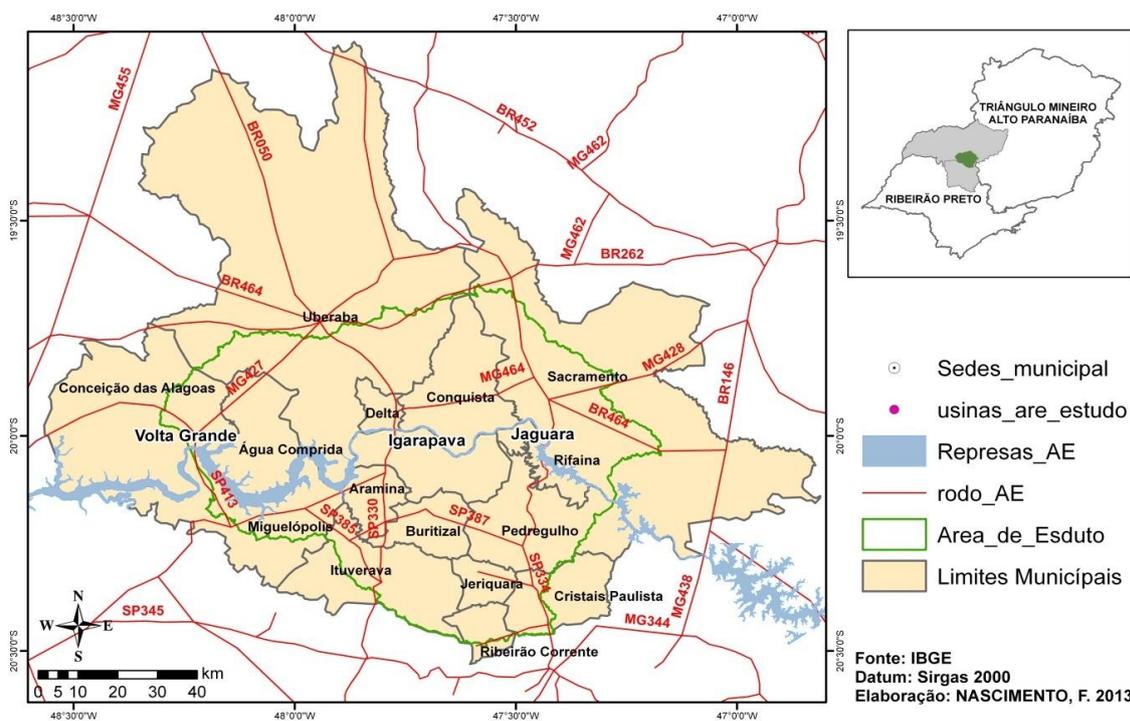
ÁREA DE ESTUDO

De acordo com Cabral (2007), um recorte espacial é imprescindível para uma boa investigação. Assim foi utilizada a bacia hidrográfica do Rio Grande como unidade de análise deste estudo. A área de estudo (Mapa 1) é cortada pelo Rio Grande que faz a divisa dos Estados de Minas e São Paulo, englobando 16 municípios, sendo que 6 estão localizados no Estado de Minas Gerais na mesorregião do Triângulo Mineiro - Alto Paranaíba (Sacramento, Conquista, Delta, Uberaba, Água Comprida e Conceição das Alagoas); E os outros 10 no Estado de São Paulo na mesorregião de Ribeirão Preto (Rifaina, Pedregulho, Cristais Paulistas, Ribeirão Corrente, Jequara, Ituverava, Buritizal, Igarapava, Aramina e Miguelópolis), desses municípios somente Cristais Paulista e Conceição das Alagoas não possuem sua sede municipal dentro da área de estudo.

De acordo com Noronha (2012) que também realizou pesquisas neste mesmo recorte espacial, a área total dos 16 municípios é de 14.165.117 Km², enquanto a área de estudo possui 6.568,94 Km², ou seja, engloba 46,37 % da soma da área total de todos os municípios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos prévios realizados indicam que elevados valores de concentração de contaminantes são encontrados na Bacia do Rio Grande sendo caracterizados pela contaminação e poluição difusa e pontual. Faz-se necessário uma análise de conjuntos dos diversos fatores que podem estar afetando de forma sistêmica a qualidade da água. Para que essa análise acontecesse foram realizadas pesquisas em cartas hipsométricas, geológicas, litológicas, mapas de uso e ocupação do solo e imagens de satélite.

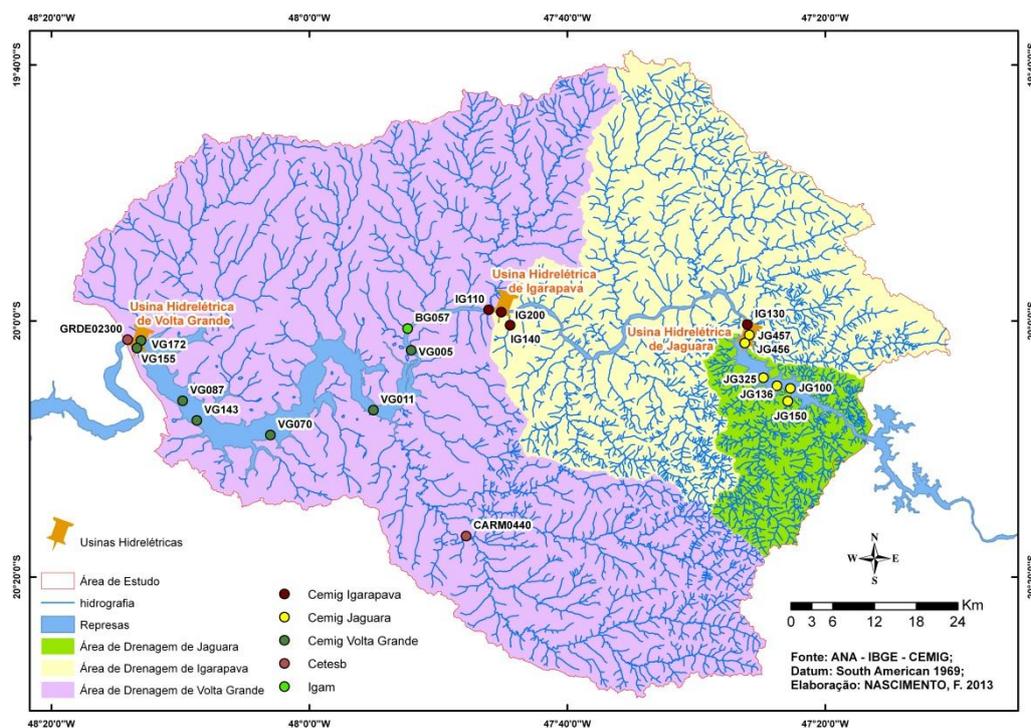


Mapa 1: Localização da Área de Estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para estudos referentes à situação da qualidade das águas, existem variadas variáveis que devemos analisar de acordo com o objetivo proposto. Para a avaliação da qualidade da água desta pesquisa, determinaram-se as variáveis físico-químicas: condutividade, fósforo (P), ferro (Fe), nitrogênio total (NT), nitrato, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais dissolvidos (SDT), sólidos totais (ST), e turbidez; E as variáveis hidrobiológicas: riqueza, diversidade, dominância, equitatividade e frequência relativa dos Phylum *Chlorophyta*, *Chrysophyta* e *Cyanobacteria*. A análise das variáveis físico-químicas e hidrobiológicas foram feitas por meio de estatística descritiva e análise multivariada (JOHNSON & WICHERN, 1992), com o auxílio dos softwares Minitab e R-Statistics, com o objetivo de analisar a relação linear entre dois conjuntos de variáveis.

As amostras das águas analisadas no reservatório de Igarapava foram coletadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), em 85 coletas nos 4 diferentes pontos, sendo eles: o IG130 localizado mais a montante do reservatório, e os IG140, IG200 e IG110 que estão mais a jusante da represa de Igarapava (Mapa 2). As coletas aconteceram entre os anos de 1999 e 2012 em diferentes períodos do ano e a maioria na superfície aquática. Os dados dessas variáveis foram obtidos por meio de relatórios fornecidos pela hidrelétrica.



Mapa 2: Espacialização dos Pontos na Área de Estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa (2) nos mostra uma visão geral de toda a área de estudo onde estão inseridos os pontos não só de Igarapava, mas também os de Jaguará e Volta Grande que somam no total 20 estações de coleta. Dessas estações de coleta uma é controlada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), duas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), e dezessete monitorados pela CEMIG. Das estações de coleta sete estão inseridos na área de drenagem da usina de Volta Grande, seis na usina de Jaguará e quatro na usina de Igarapava.

RESULTADOS

Os resultados do monitoramento da qualidade das águas da represa de Jaguará foram analisados através da elaboração de tabelas e gráficos que apresentaram a situação de cada variável; De acordo com a legislação ambiental utilizada, a Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental (COPAM), do Estado de Minas Gerais, nº01/2008, que determina os limites de cada variável.

A análise da tabela (1) matriz de correlação do grupo X (variáveis físico-químicas) permite apontar a correlação positiva entre a Condutividade e o Ferro (Fe), podendo aferir que quando maior for a concentração de Ferro na água maior capacidade de condutividade ela vai ter. Nesta mesma matriz observamos também correlações negativas entre a Condutividade e o oxigênio dissolvido (OD), aferindo que maior a condutividade menor vai ser a concentração de OD na água, e também temos a

correlação negativa entre o OD e a Turbidez que pode ser considerado um indicativo positivo para a qualidade da água, pois quanto maior for a quantidade de OD menos túrbida vai ser a água.

Tabela 1: Matriz de Correlação do Grupo X

	Condutiv.	Fe	P	Nitrato	NT	OD	pH	SDT	ST	Turbidez
Conductividade	1,00									
Fe	0,62	1,00								
P	0,16	0,00	1,00	0,09						
Nitrato	0,25	0,24	0,09	1,00						
NT	0,44	0,61	0,27	0,42	1,00					
OD	-0,39	-0,11	0,11	0,22	0,01	1,00				
pH	0,37	0,30	0,14	0,21	0,13	0,13	1,00			
SDT	0,65	0,66	0,07	0,40	0,61	-0,07	0,23	1,00		
ST	-0,03	0,06	-0,03	-0,04	-0,04	0,00	0,07	0,06	1,00	
Turbidez	0,12	0,13	-0,09	0,22	0,04	-0,26	-0,10	0,10	-0,05	1,00

Fonte: Dados da pesquisa

A tabela 2, matriz de correlação do grupo Y (variáveis hidrobiológicas) nos mostra a correlação negativa entre a *Chlorophyta* e a *Cyanobacteria*, o que indica que elas são inversamente proporcionais, quando ocorre a dominância de uma a outra diminui suas concentrações. Outra correlação negativa que podemos ver é a da Dominância sobre a Riqueza, a Diversidade e a Equitatividade, ou seja, se há a dominância de algum dos Filos a riqueza, a diversidade e a equitatividade vai ser inversa.

Tabela 2: Matriz de Correlação do Grupo Y.

	CHLOR	CHRYS	CYANO	Domin.	Riqueza	Divers.	Equit.
CHLOROPHYTA	1,00						
CHRYSOPHYTA	0,14	1,00					
CYANOBACTERIA	-0,88	-0,43	1,00				
Dominância	0,29	-0,48	-0,02	1,00			
Riqueza	-0,33	0,31	0,06	-0,73	1,00		
Diversidade	-0,32	0,43	0,04	-0,91	0,93	1,00	
Equitatividade	-0,06	0,43	-0,12	-0,83	0,42	0,68	1,00

Fonte: Dados da pesquisa

No gráfico (1) podemos observar a frequência relativa de vários filos, mas os que tiveram representações mais significativas foram a *Chlorophyta*, *Chrysophyta*, *Cryptophytae* e *Cyanobacteria*. Quando começamos a analisar as amostras da água em agosto de 2000 verifica-se que a maior frequência relativa era da *Chlorophyta* com 0.6 em uma escala de 0 a 1. Logo, em fevereiro de 2001 a *Chlorophyta* teve seu maior índice de frequência relativa chegando a quase 0.8 em todo o período de análise, a partir daí esses índices variaram bastante até que em agosto de 2003 a *Chrysophyta* teve maior frequência em torno de 0.4. Já em fevereiro de 2004 a *Chlorophyta* voltou a ter frequências maiores até que em agosto do mesmo ano essa frequência se tornou nula entrando em cena a *Cyanobacteria* que regulou entre altos índices de frequência chegando ao máximo na nossa escala, e

algumas quedas como em agosto de 2006 onde a *Cryptophyta* igualou os valores da ciano e em fevereiro de 2009 quando a frequência chegou a quase zero.

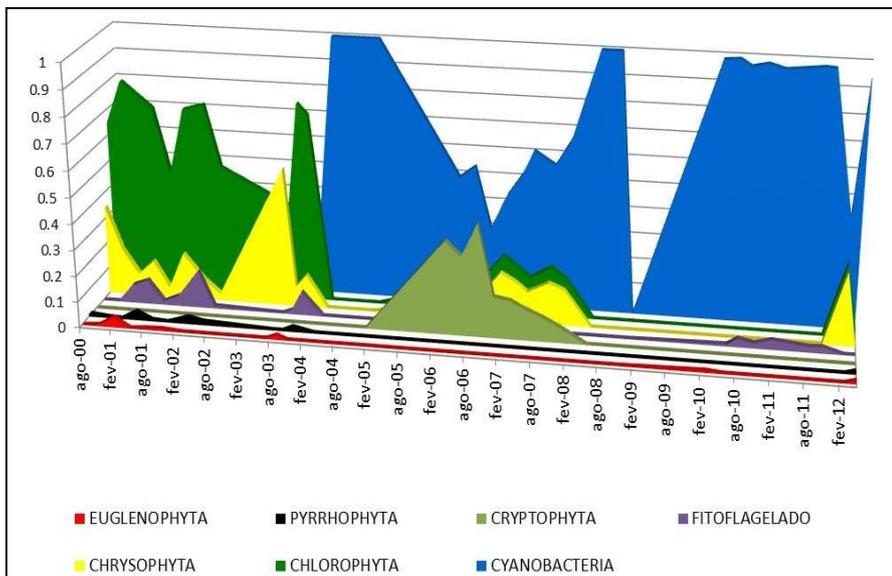


Gráfico 1: Frequência Relativa

Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico (2) de abundância relativa confirma o que vimos no de frequência relativa que é a predominância da *Chlorophyta* até meados de novembro de 2003, e a partir daí a dominância da *Cyanobacteria* até o período onde avaliamos a qualidade da água, agosto de 2012.

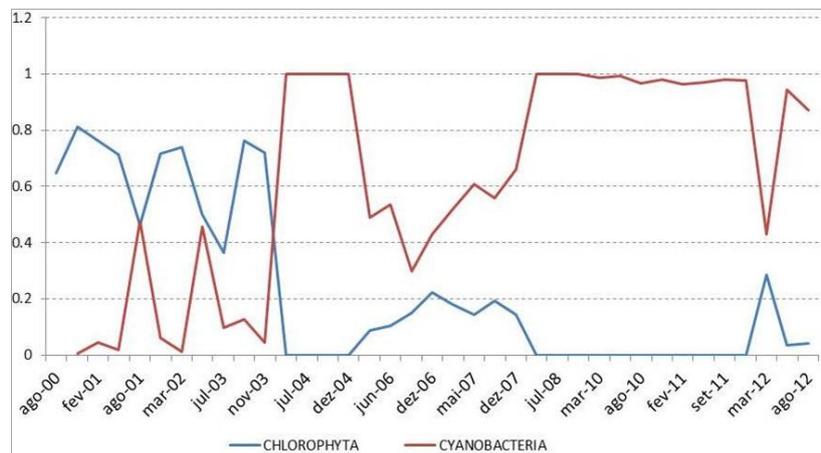


Gráfico 2: Abundância Relativa

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados da análise canônica (Quadro 3) tiveram como objetivo principal explicar a relação entre os dois conjuntos de variáveis, encontrando um pequeno número de combinações lineares para cada um dos conjuntos de variáveis, de modo a maximizar as correlações possíveis entre

os grupos. Dessas correlações podemos dizer que os resultados em vermelho e verde são inversamente proporcionais.

Variável	Componentes X
Fe	-0.6038374
P	-0.4187956
Nitrato	0.1346199
NT	0.5420709
OD	0.7145594
pH	-0.4222852
ST	0.2146783
Turbidez	0.0586303

Variável	Componentes Y
Dominância	-1.1756296
CHRYSOPHYTA	-0.6104876
CYANOBACTERIA	-0.3941636

Correlação X e Y = 61,55%

Quadro 3: Resultados da Análise Canônica

Fonte: Dados da pesquisa

Com a análise das variáveis nos pontos de coleta da represa de Igarapava observamos que quando há a dominância de cianobactéria o oxigênio dissolvido e o nitrogênio total da água diminuem, pois eles são inversamente proporcionais. A cianobactéria provoca a redução do OD, o que pode comprometer a vida dos seres aquáticos aeróbicos. Segundo Sperling (1996, p.34); E é uma das poucas bactérias que sobrevivem a baixas concentrações de NT. Observamos também uma relação positiva entre Fe e P com a dominância da cianobactéria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo dessas análises, os pontos monitorados apresentaram em geral, índices de qualidade inferiores ao mínimo estabelecido pela DN COPAM 01/2008, sendo o que apresentou maior desconformidade foi o IG 140, localizado no Córrego Santa Rita. Houve melhoria da qualidade das águas apenas no talvegue do Rio Grande, tanto pelo processo natural de autodepuração das águas, quanto pelo aumento natural do volume do rio. A análise do uso e ocupação do solo na área de drenagem da represa de Jaguará levantou a hipótese de que pode haver despejo de esgoto nesse corpo D'água, pelo fato desse córrego cortar o centro urbano do Município de Igarapava, outra hipótese considerada, pelo fato da região ser plana e favorável a plantações de cana de açúcar e outras

culturas, é a de que os fertilizantes e insumos usados nessas culturas estejam sendo carregados para esses corpos D'água.

REFERÊNCIAS

CABRAL, D.C. A bacia hidrográfica como unidade de análise em história ambiental. **Revista de História Regional** 12(1): 133-162, Versão 2007.

CEMIG -**Companhia Energética de Minas Gerais** – Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/>>.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental** - Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos da limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interferência, 1998.

IGAM - **Instituto Mineiro de Gestão das Águas**. Disponível em:<<http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/index.htm>>

JOHNSON, R.A. & WICHERN, D.W.. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Prentice-Hall, Inc., A Simon & Schuster Company Upper Saddle River, New Jersey – 1992.

NORONHA, César Vinícius de. **Qualidade da água dos reservatórios fio de água de Jaguará, Igarapava e Volta Grande e afluentes, bacia hidrográfica do rio Grande, MG/SP**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Pág. 55.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.