

TRABALHO FINAL DE ESPECIALIZAÇÃO

ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

**ESTADO TRÓFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES
MINEIROS DO RIO VERDE GRANDE**

LUDMILA FERREIRA LOPES

Ludmila Ferreira Lopes

**ESTADO TRÓFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES
MINEIROS DO RIO VERDE GRANDE**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Ferreira da Silva

MONTES CLAROS

2019

Lopes, Ludimila Ferreira..

L864e
2019

Estado trófico da bacia hidrográfica dos afluentes mineiros do Rio Verde Grande [manuscrito] / Ludmila Ferreira Lopes. Montes Claros, 2019.
43 f. : il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Júlia Ferreira da Silva

Banca examinadora: Lênio Marques de Miranda, Stanley Schettino.

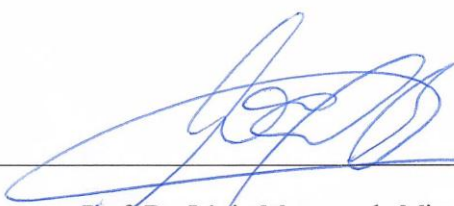
Inclui referências: f. 41-43.

1. Recursos hídricos -- Desenvolvimento -- Teses. 2. Água -- Qualidade -- Teses..
3. Classificação trófica -- Teses. 4. Verde Grande, Rio (MG) -- Teses. I. Silva, Júlia Ferreira da.. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias.
III. Título.


CDU: 556.1

Ludmila Ferreira Lopes. ESTADO TRÓFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS
AFLUENTES MINEIROS DO RIO VERDE GRANDE

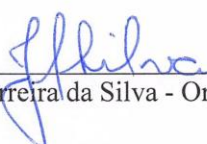
Aprovada pela banca examinadora constituída por:



Prof. Dr. Lênio Marques de Miranda - ICA/UFMG



Prof. Dr. Stanley Schettino - ICA/UFMG



Prof.ª Dra. Júlia Ferreira da Silva - Orientadora ICA/UFMG

Montes Claros, 12 de dezembro de 2019.

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam que a pesquisa é a base do progresso humano.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom do conhecimento, confiança e coragem, mesmo que às vezes sentimos que aquilo que fazemos não é, senão uma gota de água no mar, no entanto, o mar seria menor se lhe faltasse uma gota (Madre Teresa de Calcutá).

Agradeço à professora Dra. Júlia Ferreira da Silva, e à minha amiga Silvana Santos Silva, pelo compartilhamento do conhecimento e apoio na orientação deste trabalho.

RESUMO

Este estudo teve como finalidade avaliar a qualidade da água em relação ao nível de trofia, bem como se a variação espaço-temporal exerce influência para determinar os estados de trofia em que estão enquadrados os afluentes mineiros da Bacia do Rio Verde Grande. Foram compilados neste estudo, dados de 20 estações de monitoramento, localizadas nos rios Juramento, Mosquito, Gortuba, Serra Branca, Ribeira do Ouro, Caititui, Verde Grande, Arapoim e Rio dos Vieras. Foi utilizado o Índice de Estado Trófico (IET), que é uma ferramenta de cálculo que utiliza as variáveis dos parâmetros clorofila-*a* e fósforo total, para determinar a evolução da qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas. As amostragens foram realizadas nos meses de março, junho, setembro e dezembro de 2018 pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Por meio da classificação do IET, conclui-se que os mananciais da bacia apresentam diferentes graus de trofia no decorrer do ano, sendo que estações de monitoramento de um mesmo curso d'água não apresentam similaridade de classificação trófica. Além disso, não se observa influência direta das variações temporais nos valores do IET. Os rios Mosquito, Gortuba (estação VG009), Verde Grande (estação SFJ16, VG001, VG004 e SFH21) e Rio dos Vieras, apresentaram os piores índices tróficos da Bacia do Rio Verde Grande, indicando que a bacia é significativamente impactada pelo lançamento de efluentes domésticos, industriais, dos laticínios, matadouros e da indústria têxtil.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Corpo d'água. Qualidade da água. Classificação trófica

ABSTRACT

This study aimed to assess the quality of the water in relation to the level of trophic, as well as whether the spatio-temporal variation influences the states of trophic in which the affluent miners of the Rio Verde Grande Basin fall. In this study, data from 20 monitoring stations, located in the Juramento, Mosquito, Gorutuba, Serra Branca, Ribeira do Ouro, Caititu, Verde Grande, Arapaim and Rio dos Vieiras rivers were compiled. The Trophic State Index (TSI), a calculation tool that uses the variables of the parameters chlorophyll-a and total phosphorus, was used to determine the evolution of water quality regarding nutrient enrichment and its effect related to the excessive growth of algae. Sampling was carried out in the months of March, June, September and December 2018 by the Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Through the classification of the TSI, it is concluded that the watersheds of the basin present different degrees of trophic throughout the year, and monitoring stations of the same watercourse do not present similarity in trophic classification. In addition, there is no direct influence of the temporal variations in the TSI values. The rivers Mosquito, Gorutuba (station VG009), Verde Grande (stations SFJ16, VG001, VG004 and SFH21) and Rio dos Vieiras had the worst trophic indices in the Rio Verde Grande Basin, indicating that the basin is significantly impacted by the release of domestic and industrial effluents such as dairy, slaughterhouse and textile industries.

Keywords: Water resources. Water body. Water quality. Trophic classification

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pontos de Monitoramento de Qualidade da Água Superficial da Rede Básica do Programa Águas de Minas em operação no ano de 2018.....	14
Figura 2 – Unidade de Planejamento e Gestão de Minas Gerais (UPGRH)	16
Figura 3 – Mananciais monitorados na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.....	24
Figura 4 – Localização das estações de amostragem	25
Quadro 1 - Parâmetros de qualidade da água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas.....	15
Quadro 2 – Caracterização das sub-bacias da Bacia do Rio Verde Grande	22
Quadro 3 – Descrição dos pontos de amostragem.....	26
Quadro 4 - Campanhas de amostragem nas estações de monitoramento no ano de 2018 na Bacia do Rio Verde Grande.....	28
Gráfico 1 - Valores do IET na estação SF016 do Rio Juramento.....	29
Gráfico 2 - Valores do IET na estação SFJ17 do Rio Ribeirão do Ouro.....	29
Gráfico 3 - Valores do IET na estação SFJ21 do Rio Arapoim	33
Gráfico 4 -Valores do IET na estação SFC200 do Rio Serra Branca.....	330
Gráfico 5 - Valores do IET na estação SF020 do Rio Mosquito.....	34
Gráfico 6 - Valores do IET na estação SFC145 do Rio Gorutuba	35
Gráfico 7 -Valores do IET na estação VG007 do Rio Gorutuba.....	35
Gráfico 8 - Valores do IET na estação VG009 do Rio Gorutuba.....	35
Gráfico 9 - Valores do IET na estação SFJ15 do Rio Caititu.....	36
Gráfico 10 - Valores do IET na estação SF16 do Rio Verde Grande.....	37
Gráfico 11 -Valores do IET na estação VG001 do Rio Verde Grande	37
Gráfico 12 - Valores do IET na estação VG004 do Rio Verde Grande	37
Gráfico 13 - Valores do IET na estação SFH21 do Rio Verde Grande.....	38
Gráfico 14 - Valores do IET na estação SFJ18 do Rio Verde Grande	38
Gráfico 15 - Valores do IET na estação SFJ20 do Rio Verde Grande	38
Gráfico 16 - Valores do IET na estação SFJ22 do Rio Verde Grande	39
Gráfico 17 - Valores do IET na estação SFJ23 do Rio Verde Grande	39
Gráfico 18 - Valores do IET na estação VG005 do Rio Verde Grande	39
Gráfico 19 - Valores do IET na estação VG011 do Rio Verde Grande	40

Gráfico 20 - Valores do IET na estação VG003 do Rio dos Vieras.....	40
Gráfico 21 - Porcentagem das classificações dos estados tróficos na Bacia do Rio Verde Grande em 2018	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do estado de trofia dos rios segundo o IET	27
Tabela 2 - Dados brutos de clorofila- <i>a</i> obtidos nas campanhas de amostragem mdo ano de 2018	30
Tabela 3 - Dados brutos de fósforo total obtidos nas campanhas de amostragem do ano de 2018	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Qualidade das águas.....	12
2.1.1 Monitoramento da qualidade das águas superficiais.....	13
2.1.2 Rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais no Estado de Minas Gerais	14
2.2 Índice de Estado Trófico (IET)	187
2.3 Eutrofização dos cursos d'água.....	19
2.3.1 Fósforo no meio aquático.....	19
2.3.2 Fictoplâncton.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Área de estudo.....	22
3.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.....	22
3.1.2 Pontos de monitoramento.....	23
3.2 Compilação dos dados.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população e a urbanização desordenada têm elevado a pressão antrópica sobre os recursos hídricos, causando diversos impactos que afetam direta e indiretamente o meio ambiente e a população de um modo geral.

Esses impactos são traduzidos pelas diversas fontes de poluição em torno da bacia hidrográfica. O lançamento de efluentes domésticos e indústrias, uso de agrotóxicos, disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e ocupação irregular, contribui para a introdução de compostos orgânicos e inorgânicos na água, comprometendo a sua qualidade e sua quantidade (VIEIRA, 2008).

Desse modo, para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas, é necessário o acompanhamento sistemático com um plano que demonstre as tendências qualitativas e quantitativas dos recursos naturais e as influências exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais sobre o ambiente.

O monitoramento da qualidade dos mananciais superficiais no Estado de Minas Gerais é realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que utiliza como instrumento de gestão um programa de coletas trimestrais, em estações de amostragens distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba.

No plano de monitoramento são analisados parâmetros físico-químicos, biológicos e ecotoxicológicos, cujos dados formam um banco de dados. No entanto, devido à complexidade e dificuldade operacional para se trabalhar com esses parâmetros, são utilizados índices que resumem os valores dos parâmetros com o objetivo de facilitar a análise das relações entre qualidade da água e uso e ocupação do solo (LAMPARELLI, 2004). Alguns desses índices são: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Contaminação por Tóxicos (CT) e Índice de Estado Trófico (IET).

O Índice de Estado Trófico (IET), por exemplo, é um método criado por Carlson (1977), que sofreu adaptações ao longo do tempo, sendo mais utilizado atualmente o método modificado por Lamparelli (2004). O método realiza a classificação do nível trófico das águas de rios e reservatórios, ou seja, o nível de eutrofização do corpo d'água, por meio das concentrações de fósforo total e clorofila-*a*.

Os valores de fósforo total, são entendidos no IET como a medida do potencial de eutrofização, sendo o agente causador do processo. Já a clorofila-*a* é

considerada como a resposta do corpo d'água ao agente causador. Desse modo, o IET engloba a causa e o efeito do processo.

Em função dos valores de fósforo total e clorofila-*a*, obtém-se a classificação do estado trófico: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico. A partir da classificação é possível avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas.

Este estudo teve como finalidade avaliar a qualidade da água em relação ao nível de trofia, bem como se a variação espaço-temporal exerce influência para determinar os estados de trofia em que estão enquadrados os afluentes mineiros da Bacia do Rio Verde Grande.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade das águas

A qualidade da água resulta das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2007). As condições naturais promovem o carregamento lento de solo para o interior da bacia, alterando a concentração dos sólidos em suspensão e dos dissolvidos. Já os processos antrópicos, como lançamento de efluentes e defensivos agrícolas, produzem uma alteração da vida aquática, que pode resultar na transmissão de doenças, redução do oxigênio dissolvido e aumento da turbidez das águas (BOLLMAN; CARNEIRO; PEGORINE, 2005). Desse modo, todas as interferências sobre a bacia têm implicação direta na qualidade da água.

Considerando que a poluição hídrica origina condições impróprias à manutenção da vida aquática e apresenta riscos à saúde humana, é necessário o monitoramento da qualidade da água, para avaliar os efeitos das alterações ambientais e realizar a gestão dos recursos hídricos (FARIA *et al.*, 2017).

A qualidade da água é representada por diversos parâmetros, geralmente mensuráveis, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 2007). Essas características devem obedecer aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, conforme seu tipo de uso preponderante (BRASIL, 2005).

Para os corpos d'água de água doce a Resolução CONAMA nº 357/2005, dividiu as águas em classes, considerando que cada classe corresponde a uma qualidade a ser mantida no corpo d'água, sendo que a Classe Especial pressupõe os usos mais nobres e a Classe 4, os menos nobres (VON SPERLING, 2005).

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 estabelece, também, os limites individuais das substâncias contidas na água, de acordo com a classe pertencente. Não podem exercer o limite de 10 µg L⁻¹ de clorofila-*a* para águas de classe 1, e 30 µg L⁻¹ para classe 2, e também, o limite de 0,1 mg L⁻¹ de fósforo total em ambientes lóticos de classes 1 e 2.

2.1.1 Monitoramento da qualidade das águas superficiais

A busca por saúde e qualidade de vida da população implica em ações integradas voltadas para a manutenção da qualidade da água que, por sua vez, tem relação direta com a área de drenagem das bacias hidrográficas (BOLLMAN; CARNEIRO; PEGORINE, 2005).

A gestão da água é realizada por meio de um programa de monitoramento, regular e sistemático, para o controle e avaliação da qualidade da água (PINTO; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2017). Por este instrumento é possível conhecer as tendências qualitativas e quantitativas do recurso hídrico e as influências das atividades antrópicas e naturais sobre o ambiente (ALVES *et al.*, 2018).

A seleção dos parâmetros de qualidade da água para a execução do programa de monitoramento, pode ser dar mediante os parâmetros exigíveis pela Resolução CONAMA nº 357/2005, ou por necessidade de estudos para avaliar as condições da água. Nesse sentido, a escolha dos parâmetros pode levar em consideração o tipo de fonte poluidora a que o corpo hídrico está exposto (DERISIO, 2007).

As fontes de poluição orgânica podem ser mensuradas por meio dos parâmetros de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), cloretos, fenóis e oxigênio dissolvido (OD). As de poluição inorgânica, por meios dos ensaios de metais e teste de toxicidade. Já os processos de eutrofização, por meio das análises de nitrogênio, fósforo e clorofila (DERISIO, 2007).

Von Sperling (2007) propõe que os programas de monitoramento devem selecionar os parâmetros de acordo com a caracterização da água. Para verificar o grau de mineralização, deve ser selecionado os parâmetros de alcalinidade; dureza; condutividade e sólidos totais dissolvidos, para verificar o grau de oxigenação, deve ser realizado os ensaios de oxigênio dissolvido; demanda bioquímica e demanda química. Já para caracterização quanto ao enriquecimento de nutrientes, podem ser selecionados os parâmetros; fósforo total; nitrogênio orgânico; nitrogênio amoniacal; nitrito e nitrato.

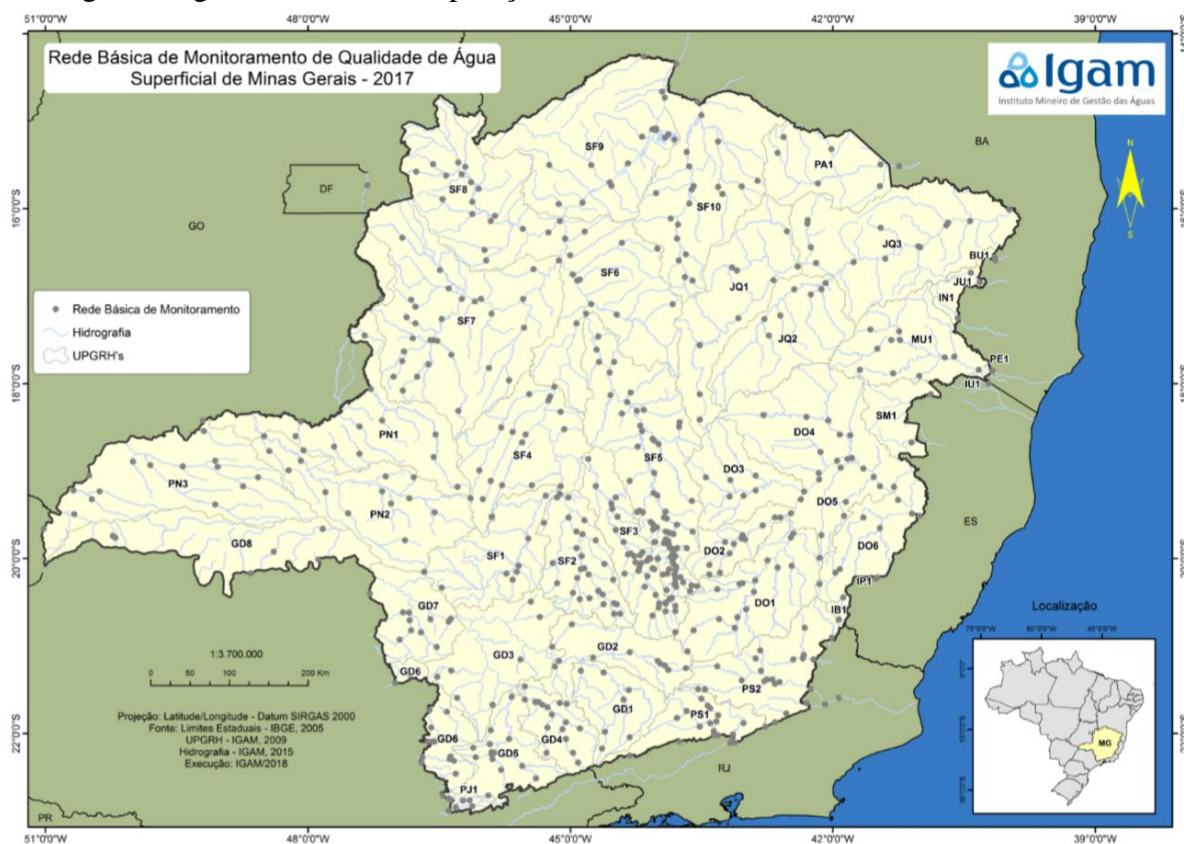
Os programas de monitoramento selecionam, em torno da bacia hidrográfica, estações de amostragem para obterem dados representativos das condições existentes da qualidade da água. As estações representam pontos estratégicos que compõem a rede de monitoramento da qualidade da água (DERISIO, 2007).

2.1.2 Rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais no Estado de Minas Gerais

O monitoramento da quantidade e da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais é realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), por meio do Programa Água de Minas. O programa realiza a avaliação e divulgação da situação da qualidade da água, além de subsidiar o planejamento da gestão dos recursos hídricos (IGAM, 2018).

A rede básica de monitoramento do órgão possui 600 estações de amostragem (Figura 1), distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari (PORTAL INFOHIDRO, 2019).

Figura 1 - Pontos de Monitoramento de Qualidade da Água Superficial da Rede Básica do Programa Águas de Minas em operação no ano de 2018



Fonte: PORTAL INFO HIDRO, 2019.

O monitoramento das estações é realizado em 4 campanhas de amostragem trimestrais, sendo analisados 53 parâmetros nas campanhas completas, nos meses de janeiro, fevereiro e março, conforme mostrado no Quadro 1. Nas campanhas intermediárias, que ocorrem nos meses de abril, maio, junho, outubro, novembro e dezembro, são analisados 19 parâmetros. Além disso, em algumas estações da rede são amostrados a densidade de cianobactérias, cianotoxinas, ensaios de toxicidade crônica e macroinvertebrados bentônicos (PORTAL INFOHIDRO, 2019).

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade da água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas

Alcalinidade Bicarbonato	Demanda Bioquímica de Oxigênio -DBO*	Nitrogênio Amoniacal Total*
Alcalinidade Total	Demanda Química de Oxigênio – DQO*	Nitrogênio Orgânico
Alumínio Dissolvido	Densidade de Cianobactérias#	Óleos e Graxas
Arsênio	Total Dureza (Cálcio)	Oxigênio Dissolvido – OD*
Bário	Total Dureza (Magnésio)	pH in loco*
Boro Total	Dureza Total	Potássio
Cádmio Total	Ensaio de Toxicidade Crônica#	Selênio Total
Cálcio	Estanho total	Sólidos Dissolvidos*
Chumbo Total	Fenóis Totais	Sólidos em Suspensão*
Cianeto Livre	Feofitina*	Sólidos Totais*
Cianotoxinas#	Ferro Dissolvido	Sólidos sedimentáveis
Cloreto Total*	Fósforo Total*	Substâncias tensoativas
Clorofila- <i>a</i> *	Macroinvertebrados bentônicos#	Sulfatos
Cobre Dissolvido	Magnésio Total	Sulfetos
Coliformes T. /E. coli*	Manganês Total	Temperatura da Água/Ar*
Coliformes Totais*	Mercúrio Total	Transparência da Água
Condutividade Elétrica in loco*	Níquel Total	Turbidez*
Cor Verdadeira	Nitrato*	Zinco Total
Cromo Total	Nitrito	COT em sedimentos *

*Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias

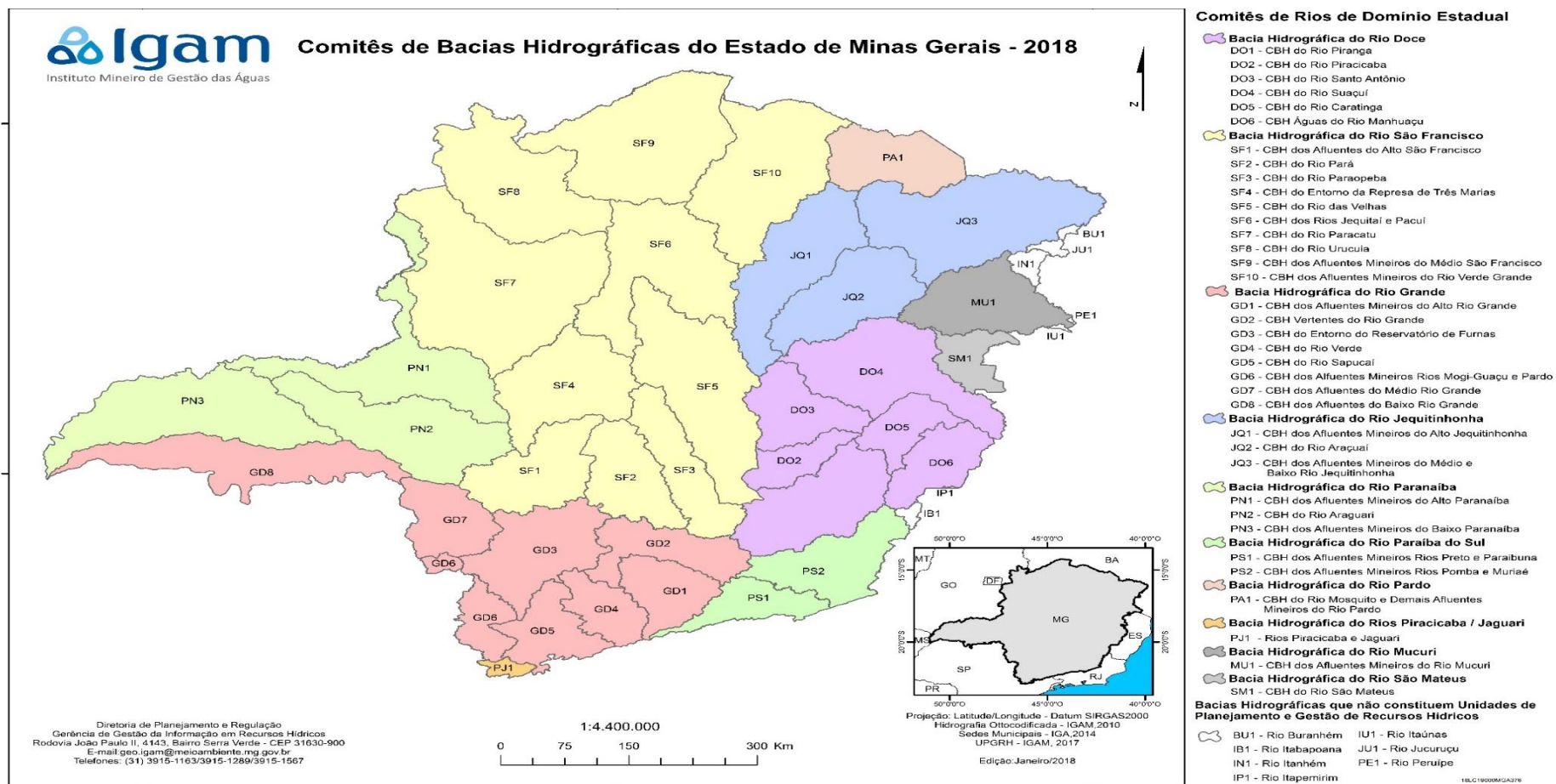
Parâmetros analisados apenas em pontos específicos

Fonte: Adaptado de IGAM, 2018.

Visando orientar o planejamento e estruturação das bacias hidrográficas, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG) por meio da Deliberação Normativa DN N° 06, de 04 de outubro de 2002, definiu 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no estado de Minas Gerais (UPGRH). A divisão dessas

unidades físico-territoriais, baseou-se nos aspectos econômicos e populacionais dos municípios, sendo criado um comitê de bacia para cada unidade (Figura 2).

Figura 2 – Unidade de Planejamento e Gestão de Minas Gerais (UPGRH)



Fonte: IGAM, 2018.

Para o público em geral, os resultados dos parâmetros de análise da água têm pouco significado. Dessa forma, para informar a população, orientar e subsidiar as ações de planejamento dos recursos hídricos, várias informações são resumidas em índices que facilitam a interpretação dos dados (FARIA *et al.*, 2017).

Segundo Von Sperling (2007) os índices mais utilizados são: Índice de Qualidade das Águas (IQA) - que representa 9 parâmetros e classifica a água em excelente, boa, média, ruim e muito ruim; Índice de Toxicidade (IT) - que representa o potencial de toxicidade da água e o Índice de Estado Trófico (IET) - que classifica a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton.

2.2 Índice de Estado Trófico (IET)

A determinação trófica dos sistemas aquáticos pode ser realizada por meio do estudo do fitoplâncton, concentrações de nutrientes e várias medidas de biomassa ou produção. Nesse sentido, Carlson (1977) propôs a classificação trófica por meio do Índice de Estado Trófico (IET), que se baseia na divisão trófica em uma série de classes: ultraoligotrófico ($IET \leq 47$), oligotrófico ($47 < IET \leq 52$), mesotrófico ($52 < IET \leq 59$), eutrófico ($59 < IET \leq 63$), supereutrófico ($63 < IET \leq 67$) e hipereutrófico ($IET > 67$).

Essa classificação tem por finalidade identificar os recursos hídricos, com base na qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e crescimento excessivo de algas ou infestação de macrófitas aquáticas (SAAD *et al.*, 2013). Dessa forma se apresenta como ferramenta valiosa para o gerenciamento de rios, lagos e reservatórios.

O cálculo do IET relaciona-se com as concentrações de fósforo, uma vez que é o agente causador do processo de eutrofização, e com as concentrações de clorofila-*a* que, por sua vez, corresponde à resposta ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento do fitoplâncton (IGAM, 2018) . Portanto, o IET representa as entradas de nutrientes em um corpo hídrico, seja ele resíduo agrícola, efluente doméstico ou industrial (FIA *et al.*, 2009).

Em um manancial, em que o processo de eutrofização se encontra plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila- *a* coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo. Já nos mananciais em que o processo

esteja limitado por fatores ambientais, tais como, temperatura da água ou material mineral em suspensão, o índice relativo à clorofila a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em uma classe inferior àquele determinado pelo índice do fósforo (LAMPARELLI, 2004).

2.3 Eutrofização dos cursos d'água

O crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, causado pelo aumento do aporte de nutrientes no corpo d'água, principalmente nitrogênio e fósforo, leva ao processo de eutrofização (FIA *et al.*, 2009). Esse enriquecimento de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, pode se dar por processo natural ou induzido (LAMPARELLI, 2004). Podem ser detectados por meio do monitoramento da qualidade dos corpos d'água (ALVES *et al.*, 2012).

Os processos naturais relacionam-se com o transporte lento de sedimentos relacionados com efeitos dos ventos, erosão pela precipitação, adição de material biológico (TUNDISI; TUNDISI, 2008). Quando artificial ou antrópica, é um processo induzido por ação humana, responsável por produzir alterações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do ecossistema (ESTEVES, 1998).

As principais causas da eutrofização artificial estão relacionadas com o lançamento de águas residuárias domésticas e industriais, drenagem superficial, contribuição da água subterrânea e de fertilizantes (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Segundo Brunkow, Dias e Xavier (2005), a eutrofização refere-se à taxa de suprimentos de matéria orgânica a partir da produção autotrófica. Desse modo, a trofia é essencial para aumentar a produtividade primária, tornando o sistema ideal para a presença dos consumidores do fitoplâncton (SAAD *et al.*, 2013).

Ambientes nos quais a quantidade de matéria orgânica é apenas o suficiente para a produção autotrófica são considerados oligotróficos, ou seja, ambientes com menor produtividade. Paralelamente, ambientes com nutrientes em excesso podem ser prejudiciais (ESTEVES, 1998).

Ambientes muito produtivos implicam em grande produção autotrófica que acarreta no desequilíbrio dos ecossistemas, alterando os aspectos físicos, químicos e biológicos. Além disso, podem ocorrer alterações nas comunidades aquáticas, com

desaparecimento de algumas espécies e elevado crescimento de outras (BRUNKOW; DIAS; XAVIER, 2005).

Lamparelli (2004) afirma que são diversos os efeitos decorrentes da eutrofização, tais como: diminuição da diversidade de espécies, modificação da biota, aumento da biomassa, aumento da turbidez, possibilidade de desenvolvimento de condições anóxicas e dificuldades no tratamento da água para abastecimento humano.

2.3.1 Fósforo no meio aquático

Nos ambientes aquáticos a importância do fósforo está associada ao crescimento das algas (VON SPERLING, 2007). Participa dos processos metabólicos dos organismos, principalmente pela sua função estrutural na membrana celular (BOLLMAN; CARNEIRO; PEGORINE, 2005).

Esse elemento está presente na forma dissolvida e particulada, sendo as formas minerais ortofosfatos, absorvidas com maior frequência e intensidade pelo fitoplâncton. Entre os fatores que interferem na disponibilização do fósforo, destacam-se: potencial redox, densidade dos organismos aquáticos, clima, concentração de compostos orgânicos, sais e minerais (FARIA *et al.*, 2017).

2.3.2 Fitoplâncton

O conjunto de organismos planctônicos está sujeito às variações em sua comunidade ocasionadas por mudanças no ambiente (FERRAZ, 2012). Dentre os grupos desse conjunto, as cianobactérias vêm ganhando destaque por certas espécies causarem danos à qualidade da água (SANT'ANNA, C. L. *et al.*, 2006).

Estes organismos são capazes de habitar em diferentes ecossistemas, ambientes salobros, dulcícolas, marinhos e terrestres (FERRAZ, 2012). Necessitam de água, nitrogênio gasoso, oxigênio, minerais, luz e dióxido de carbono para sobreviver (SADAVA *et al.*, 2009).

Sant'Ana, C. L. *et al.* (2006), define as cianobactérias como organismos procariontes que não possuem conteúdo celular diferenciado dentro das membranas. São conhecidas popularmente por "algas azuis", devido à sua coloração verde azulada. Suas células contêm diferentes pigmentos fotossintéticos, tais como a clorofila-*a*, que é a

responsável pela coloração esverdeada. A concentração de clorofila- *a* proporciona uma estimativa da biomassa fitoplanctônica. Em caso de uma população biológica encontrar-se em declínio, pode ser decorrente da redução de clorofila- *a*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

3.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

O estudo foi conduzido na porção mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, importante afluente do Rio São Francisco. A bacia drena uma área de 31.410 410 km², dos quais 87% correspondem à parcela inserida no Estado de Minas Gerais e 13% no Estado da Bahia (ANA, 2016).

Estão inseridos na bacia 35 municípios, sendo 27 em Minas Gerais e 8 na Bahia. Desse total, 26 municípios têm sua sede localizada na bacia, destacando-se Montes Claros, Jaíba e Janaúba na porção mineira, e Sebastião Laranjeiras e Urandi, na porção baiana (ANA, 2016). Para fins de gerenciamento dos recursos hídricos a porção mineira da bacia foi subdividida em oito sub-bacias (Quadro 2).

Quadro 2 – Caracterização das sub-bacias da Bacia do Rio Verde Grande

Sub-bacia	Municípios	Principais corpos d'água
Alto Gorutuba	Nova Porteirinha, Janaúba e Riacho dos Machados	Rio Gorutuba e Rio da Água Quente
Alto Verde Grande	Montes Claros, Glaucilândia, Juramento e Guaraciama	Rio Verde Grande, Rio Canabrava, Ribeirão Boa Vista, Rio do Vieira, Rio da Prata, Rio Juramento e Rio Saracura
Alto Verde Pequeno	Mamonas, Espinosa e Urandi	Rio Verde Pequeno
Baixo Verde Grande	-	Rio Verde Grande e Ribeirão Baixa da Mula
Baixo Verde Pequeno	Sebastião Laranjeiras	Rio Verde Pequeno, Riacho da Macaca, Ribeirão do Poço Triste, Riacho da Mandiroba, Riacho do Aurélio e Córrego Olho-d'água
Médio e Baixo Gorutuba	Monte Azul, Catuti, Mato Verde, Pai Pedro, Gameleiras, Porteirinha e Serranópolis de Minas	Rio Gorutuba, Rio Jacu, Ribeirão Jacu, Rio Tabuleiro, Rio Serra Branca, Córrego Furado Novo, Córrego Bom Jardim e Córrego

*Continua...**Continuação...*

Sub-bacia	Municípios	Principais corpos d'água
Médio Verde Grande - Trecho Alto	Varzelândia, Verdelândia e Jaíba	Rio Verde Grande, Rio Arapoim, Riacho Salobro, Ribeirão do Ouro, Rio Suçuapara, Rio Jacuí, Rio Barreiras, Rio São Domingos, Rio Quem-Quem e Córrego Corgão
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	Francisco Sá, Capitão Enéas, Mirabela, Patis e São João da Ponte	Rio Verde Grande, Córrego Macaúbas, Córrego São Vicente

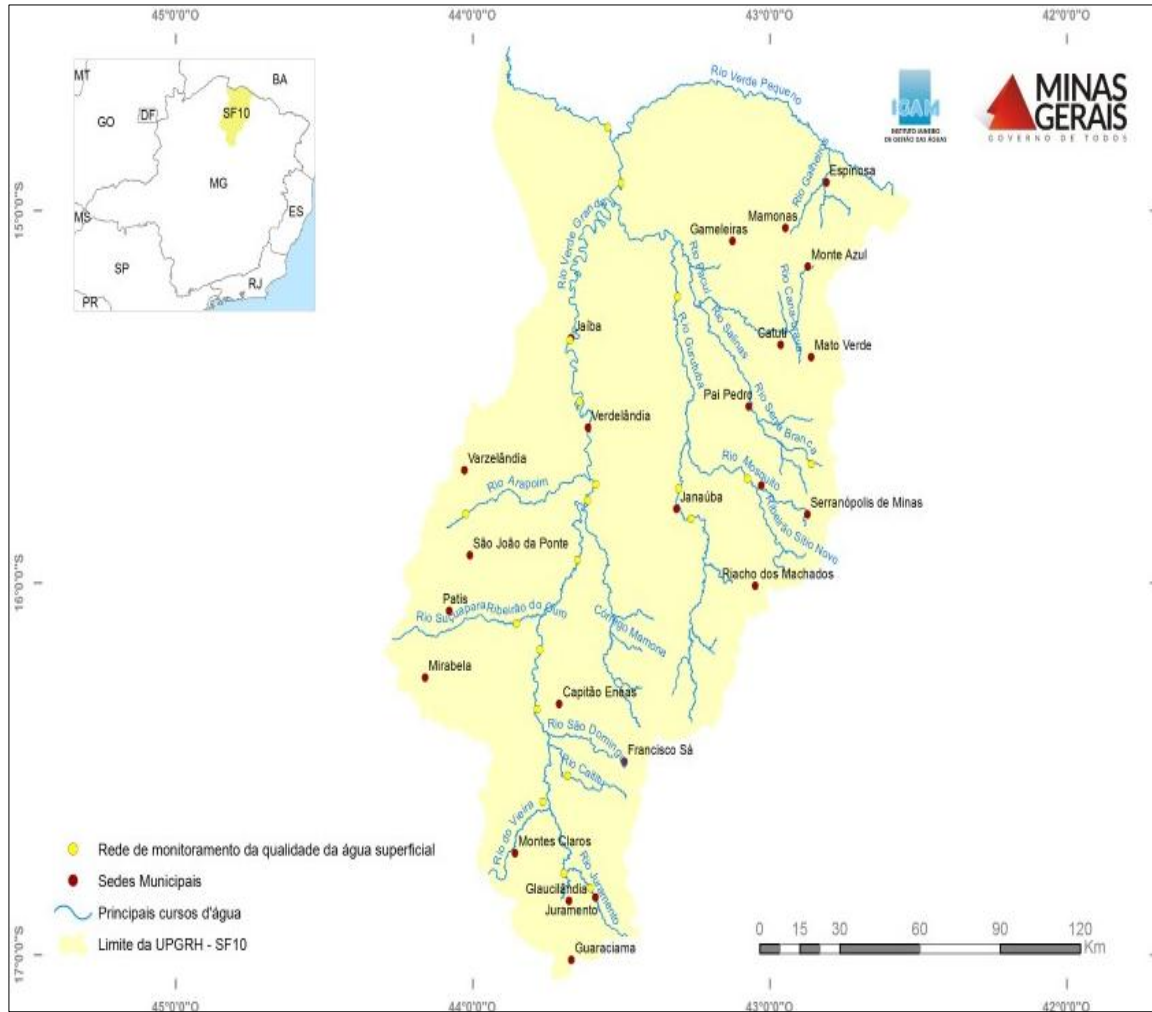
Fonte: Adaptado de ANA, 2016.

O clima da bacia apresenta-se como tropical quente e úmido, verões quentes e chuvosos e inverno seco com temperaturas mais amenas. O regime pluviométrico é caracterizado por estação chuvosa que se estende de outubro a março, e seca, de abril a setembro (ANA, 2016).

3.1.2 Pontos de monitoramento

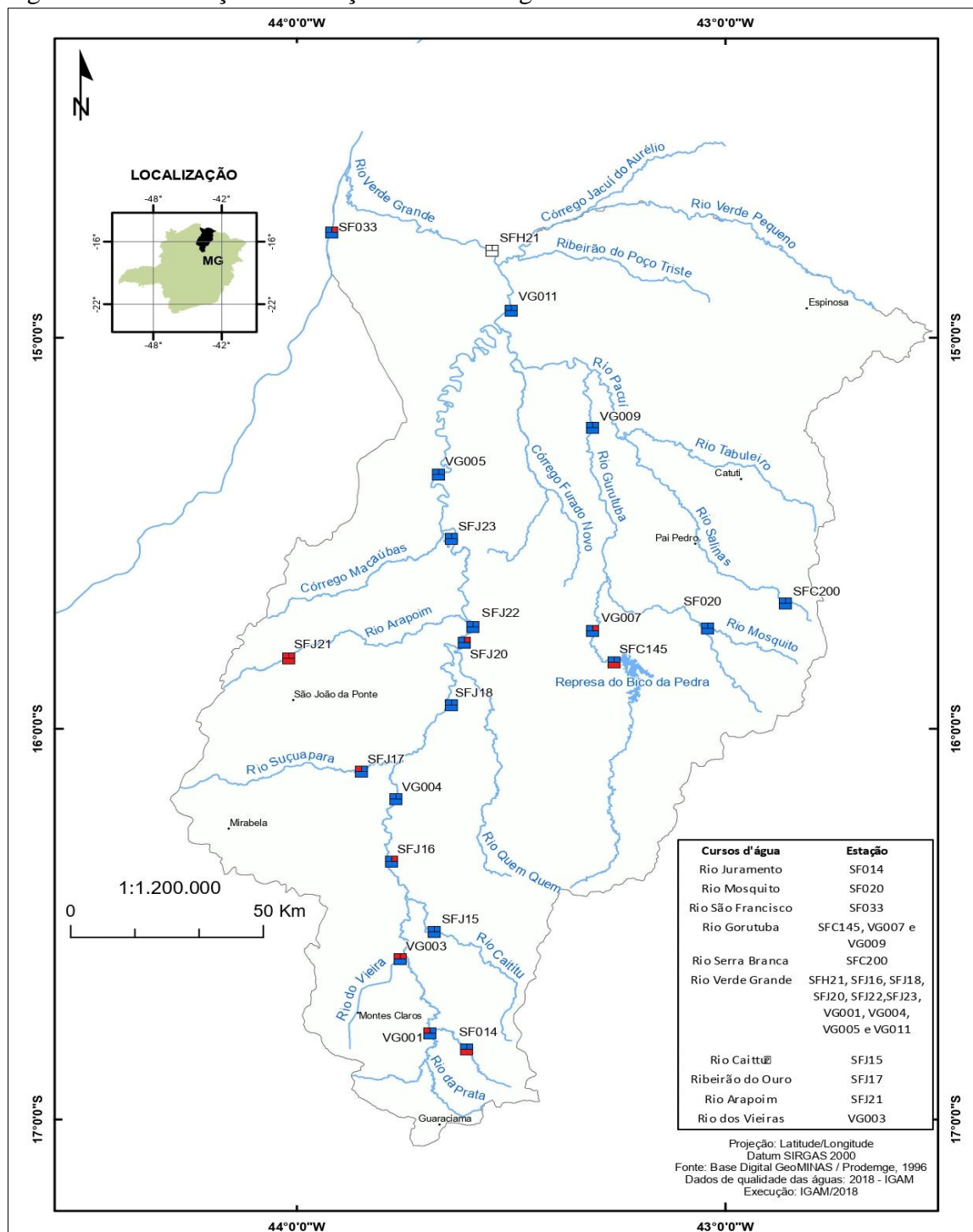
Foram monitorados nove mananciais da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande em vinte e uma estações de amostragem, Rio Juramento; Rio Mosquito; Rio Gorutuba; Rio Serra Branca; Rio Caititui; Rio Verde Grande; Ribeirão do Ouro; Rio Arapoim e Rio dos Vieiras, conforme Figuras 3 e 4 e Quadro 3.

Figura 2 – Mananciais monitorados na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande



Fonte: IGAM, 2019

Figura 3 – Localização das estações de amostragem



Fonte: IGAM, 2019.

Quadro 3 – Descrição dos pontos de amostragem

Curso d'água	Estação	Municípios	Fatores de pressão
Rio Juramento	SF014	Juramento	Carga difusa
Rio Mosquito	SF020	Porteirinnha	Esgoto Sanitários
	SFC145	Janaúba	-
Rio Gorutuba	VG007	Janaúba e Nova Porteirinnha	Esgoto sanitário, efluente industrial, pecuária e carga difusa
	VG009	Jaíba e Pai Pedro	-
Rio Serra Branca	SFC200	Porteirinnha	-
Rio Caititu	SFJ15	Francisco Sá	-
	SFJ16	Capitão Éneas e Montes Claros	Esgoto sanitário de Montes Claros, efluente industrial (têxtil, farmacêutico, matadouro, frigorífico e laticínios)
	SFJ18	Capitão Éneas e São João da Ponte	-
	SFJ20	Janaúba e São João da Ponte	-
	SFJ22	Janaúba e São João da Ponte	-
Rio Verde Grande	SFJ23	Verdelândia	-
	VG001	Glaucilândia e Montes Claros	-
	VG004	Capitão Éneas e Montes Claros	Agricultura, pecuária e carga difusa
	VG005	Jaíba e Pai Pedro	Carga difusa
	VG011	Gameleiras e Matias Cardoso	-
	SFH21	Matias Cardoso	-
Ribeirão do Ouro	SFJ17	Montes Claros e São João da Ponte	-
Rio Arapoim	SFJ21	São João da Ponte	-
Rio dos Vieiras	VG003	Montes Claros e São João da Ponte	Esgoto sanitário de Montes Claros, efluente industrial (têxtil, farmacêutico, matadouro, frigorífico e laticínios)

Fonte: Adaptado de IGAM, 2019.

3.2 Compilação dos dados

As variáveis utilizadas neste trabalho foram compiladas do banco de dados do IGAM, considerando os dados relativos à clorofila-*a* e fósforo total, das análises dos meses de março, junho, setembro e dezembro do ano de 2018.

Para determinar o grau de trofia dos mananciais, calculou-se o IET pelo método criado por Carlson (1977), modificado por Lamparelli (2004), utilizando a média aritmética dos índices relativos ao fósforo e a clorofila-*a* e fósforo total, usando as equações 1, 2 e 3 (VON SPERLING, 2007).

$$IET_{cl} = 10 \left[6 - \left(\frac{-0,70 - 0,60 \times \ln(cl)}{\ln 2} \right) \right] - 20 \quad \text{Equação 1}$$

$$IET_{pt} = 10 \left[6 - \left(\frac{0,42 - 0,36 \times \ln(pt)}{\ln 2} \right) \right] - 20 \quad \text{Equação 2}$$

$$IET = [IET_{pt} + IET_{cl}] / 2 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

cl - concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g L}^{-1}$;

pt - concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g L}^{-1}$;

ln - logaritmo natural.

Segundo o método de Carlson, a classificação do estado trófico pode ser obtida em função dos valores da concentração de fósforo total, clorofila-*a* e do IET, como discriminado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação do estado de trofia dos rios de acordo com o IET, pelo método de Carlson (1977)

Estado Trófico	IET	Fósforo Total ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Clorofila- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$Cl \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < Cl \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < Cl \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < Cl \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < Cl \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$P > 640$	$Cl > 7,46$

Fonte: VON SPERLING, 2007.

As amostragens foram trimestrais, totalizando 4 campanhas referentes ao período de 2018. Na 1ª campanha foram compilados dados de 19 estações, na 2ª campanha, 20 estações, na 3ª campanha, 14 estações e na 4ª campanha, 19 estações (Quadro 4).

Quadro 4 - Campanhas de amostragem nas estações de monitoramento no ano de 2018 na Bacia do Rio Verde Grande

Curso d'água	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	4ª Campanha
Rio Juramento	SF014	SF014	SF014	SF014
Rio Mosquito	SF020	SF020	SF020	SF020
Rio Gorutuba	SFC145	SFC145	SFC145	SFC145
Rio Serra Branca	SFC200	SFC200	SFC200	SFC200
Rio Caititu	SFJ15	SFJ15	-	SFJ15
Rio Verde Grande	SFJ16	SFJ16	SFJ16	SFJ16
Ribeirão do Ouro	SFJ17	SFJ17	SFJ17	SFJ17
Rio Verde Grande	SFJ18	SFJ18	SFJ18	SFJ18
Rio Verde Grande	SFJ20	SFJ20	SFJ20	SFJ20
Rio Arapaim	SFJ21	SFJ21	SFJ21	SFJ21
Rio Verde Grande	SFJ22	SFJ22	SFJ22	SFJ22
Rio Verde Grande	SFJ23	SFJ23	SFJ23	SFJ23
Rio Verde Grande	VG001	VG001	-	VG001
Rio dos Vieiras	VG003	VG003	VG003	VG003
Rio Verde Grande	VG004	VG004	VG004	VG004
Rio Verde Grande	VG005	VG005	-	VG005
Rio Gorutuba	VG007	VG007	VG007	VG007
Rio Gorutuba	VG009	VG009	-	-
Rio Verde Grande	VG011	VG011	-	VG011
Rio Verde Grande	-	SFH21	-	SFH21

Fonte: IGAM, 2019.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pontos amostrais avaliados neste estudo são classificados como águas doces e foram enquadrados na Classe 2. Os valores observados para as variáveis de clorofila-*a* e fósforo total durante as campanhas de amostragem são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Dados brutos de clorofila-*a* obtidos nas campanhas de amostragem no ano de 2018

Estações	Clorofila- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)			
	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	4ª Campanha
SF014	<0,8	<0,8	1,602	<0,8
SF020	17,978	147,4857143	121,15125	3,204
SFC145	2,67	1,068	0,9345	0,9345
SFC200	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
SFJ15	3,7825	7,9265625	-	5,721428571
SFJ16	7,819285714	7,175625	12,4155	5,865909091
SFJ17	<0,8	<0,8	1,103131579	1,78
SFJ18	3,738	1,335	8,277	1,501875
SFJ20	2,136	2,0025	2,8035	0,920689655
SFJ21	2,67	<0,8	<0,8	1,335
SFJ22	1,69034398	2,403	8,277	<0,8
SFJ23	2,583870968	3,0705	5,819230769	3,738
VG001	10,146	5,629518072	-	5,874
VG003	7,751612903	17,69651163	20,025	1,7355
VG004	4,272	14,83333333	7,281818182	<0,8
VG005	1,70890937	1,068	-	11,44285714
VG007	0,9345	1,405263158	1,552325581	1,099411765
VG009	12,015	77,596875	-	-
VG011	1,335	10,24534884	-	3,778301887
SFH21	-	<0,8	-	10,0125

Fonte: Adaptada de IGAM, 2019.

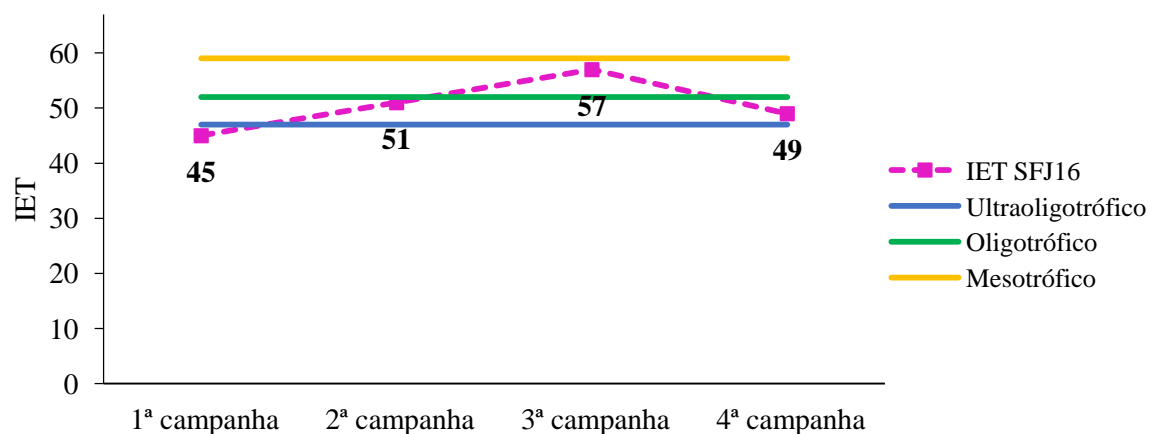
Tabela 3 - Dados brutos de fósforo total obtidos nas campanhas de amostragem no ano de 2018

Estações	Fósforo Total ($\mu\text{g L}^{-1}$)			
	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	4ª Campanha
SF014	4	4	14	<2
SF020	<2	250	85	13
SFC145	2	<2	<2	<2
SFC200	<2	<2	<2	<2
SFJ15	7	<2	-	10
SFJ16	4	<2	30	39
SFJ17	<2	43	3	7
SFJ18	6	<2	6	11
SFJ20	11	15	<2	3
SFJ21	14	10	<2	4
SFJ22	9	<2	<2	16
SFJ23	6	<2	3	11
VG001	6	<2	-	8
VG003	36	4	6	60
VG004	3	287	48	18
VG005	4	49	-	3
VG007	73	<2	3	51
VG009	8	53	-	-
VG011	6	3	-	11
SFH21	-	2	-	9

Fonte: Adaptado de IGAM, 2019.

O Rio Juramento (Gráfico 1), apresentou condições toleráveis de eutrofização ao logo do período estudado. Na primeira campanha de amostragem em 2018, classificou-se em nível ultraoligotrófico, sendo considerado como de boa qualidade da água, já na segunda, possíveis fontes de contaminação levaram a qualidade da água ao estado de mesotropia. Na terceira e quarta amostragem, devido a menor concentração de clorofila-*a* e fósforo total, ocorreu melhora no índice trófico classificando-se como oligotrófico.

Gráfico 1 - Valores do IET na estação SF016 do Rio Juramento

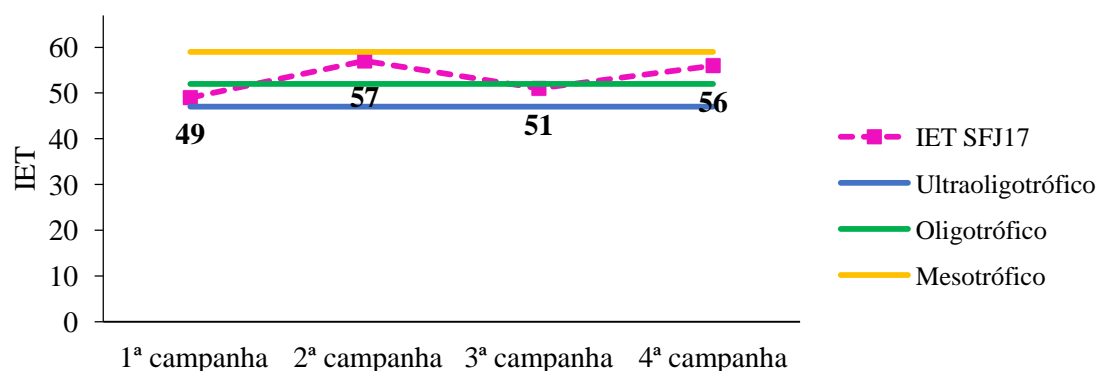


Fonte: Da autora, 2019.

Os rios Ribeirão do Ouro e Araporim (Gráficos 2 e 3) ambos à montante do Rio Verde Grande, apresentaram comportamentos distintos ao longo do ano de 2018. O Rio Ribeirão do Ouro, classificou-se em oligotrófico na primeira e terceira campanhas e em mesotrófico, na segunda e quarta campanhas. Já o Rio Araporim, em oligotrófico, na segunda e terceira campanhas e em mesotrófico, na primeira e quarta campanhas de amostragem.

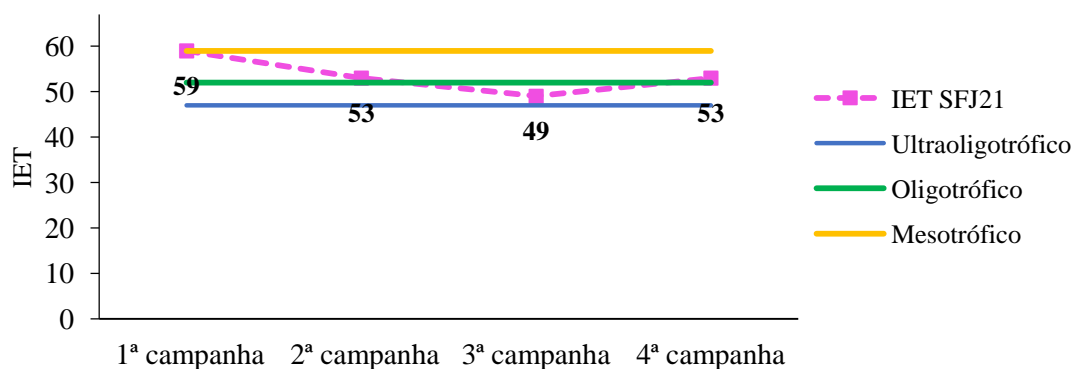
Os resultados do IET do Ribeirão do Ouro e Araporim, sugerem médio nível de eutrofização, uma vez que apresentaram baixo potencial em causar impactos à qualidade da água e à biota aquática.

Gráfico 2 - Valores do IET na estação SFJ17 do Rio Ribeirão do Ouro



Fonte: Da autora, 2019.

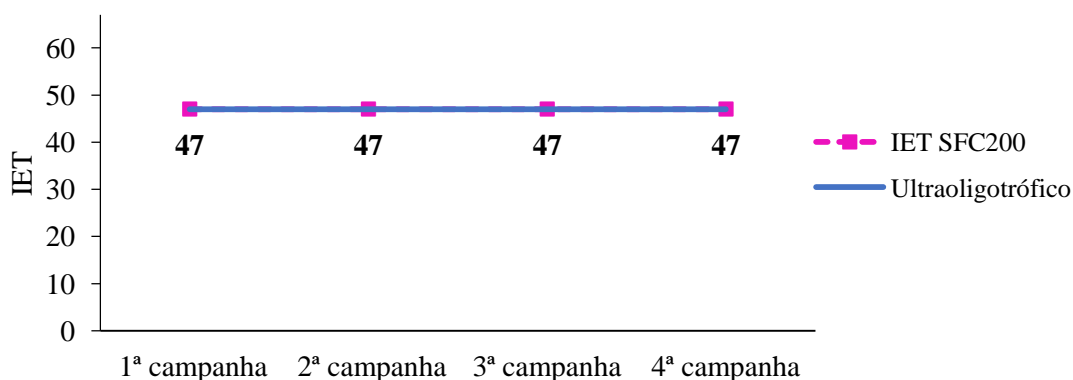
Gráfico 3 - Valores do IET na estação SFJ21 do Rio Arapoim



Fonte: Da autora, 2019.

O Rio Serra Branca (Gráfico 4), obteve em 2018, a melhor condição trófica em relação aos rios que compõem a Bacia Hidrográfica dos afluentes mineiros do Rio Verde Grande. Manteve-se oligotrófico em todos os períodos amostrais, em função das concentrações de clorofila-*a* e fósforo total, abaixo do limite de quantificação. Estes resultados demonstram que o manancial é preservado. Em outras bacias hidrográficas, também foi observado mesmas condições tróficas no corpo d'água. Aguiar *et al.* (2017), relataram $IET < 47$ no Córrego dos Porcos, afluente do Rio Vieira, nos meses de junho e outubro de 2016.

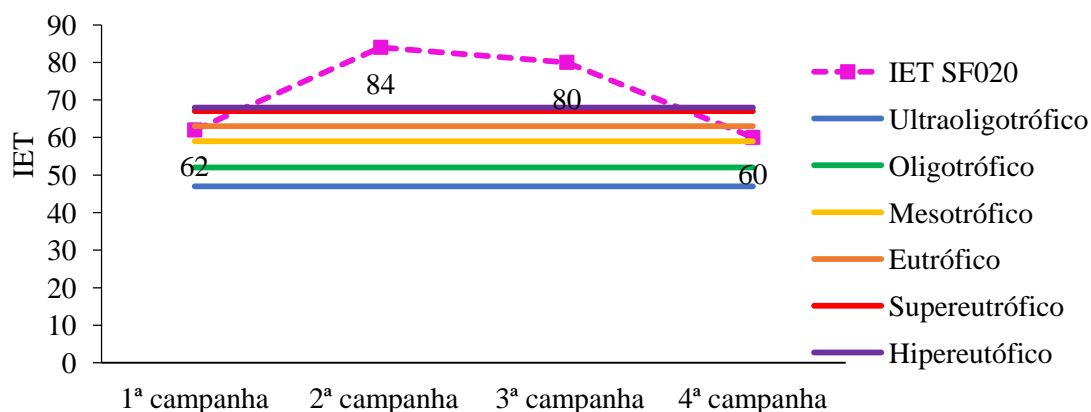
Gráfico 4 - Valores do IET na estação SFC200 do Rio Serra Branca



Fonte: Da autora, 2019.

O Rio Mosquito (Gráfico 5) na primeira e quarta campanhas de amostragem, enquadrou-se no nível eutrófico ($59 < \text{IET} \leq 63$) e na segunda e terceira, na condição hipereutrófica ($\text{IET} > 67$). Desse modo, sugere-se que o lançamento dos efluentes do município de Porteirinha contribuem na deterioração da qualidade da água do manancial.

Gráfico 5 - Valores do IET na estação SF020 do Rio Mosquito

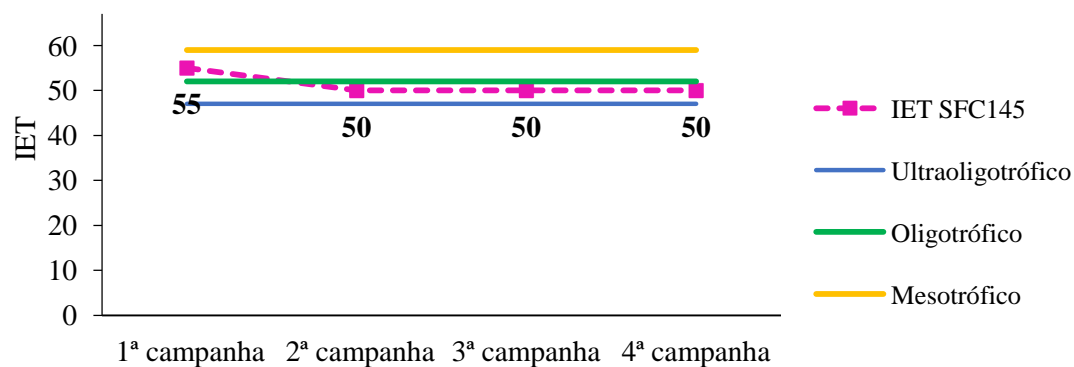


Fonte: Da autora, 2019.

A classificação trófica do Rio Gorutuba nas estações SFC145 e VG007 (Gráficos 6 e 7), demonstraram condições favoráveis à qualidade da água, sendo que o IET variou entre mesotrófico e oligotrófico, com violação das concentrações de fósforo total para a estação VG007, segundo limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

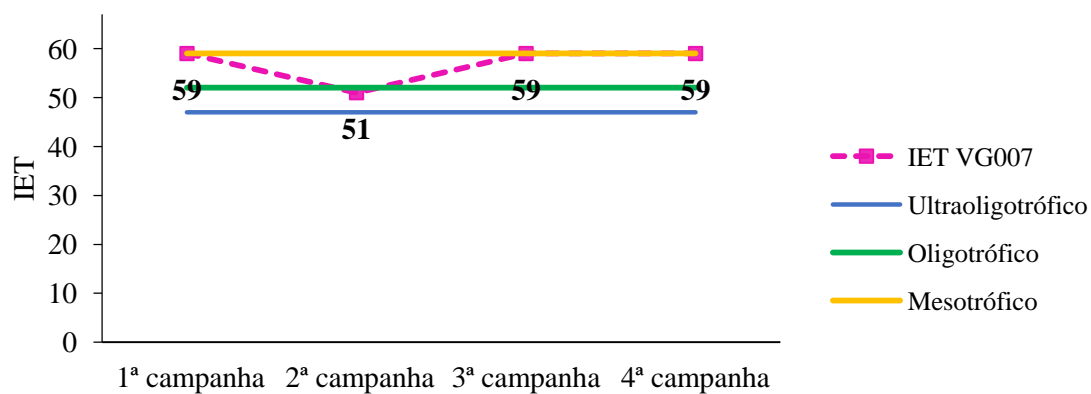
No entanto, o Rio Gorutuba, no ponto da estação VG009 (Gráfico 8), registrou piores condições, o IET classificou-se em supereutrófico e hipereutrófico, nas campanhas de amostragem. Essa condição ocorreu devido às elevadas concentrações de clorofila-*a*, decorrentes do aumento da biomassa de cianobactérias. Silva *et al* (2014), também encontraram condições semelhantes de eutrofização no Rio Anil, localizado na Ilha do Maranhão, que contribui-o para prejuízos aos usos múltiplos da água.

Gráfico 6 - Valores do IET na estação SFC145 do Rio Gorutuba



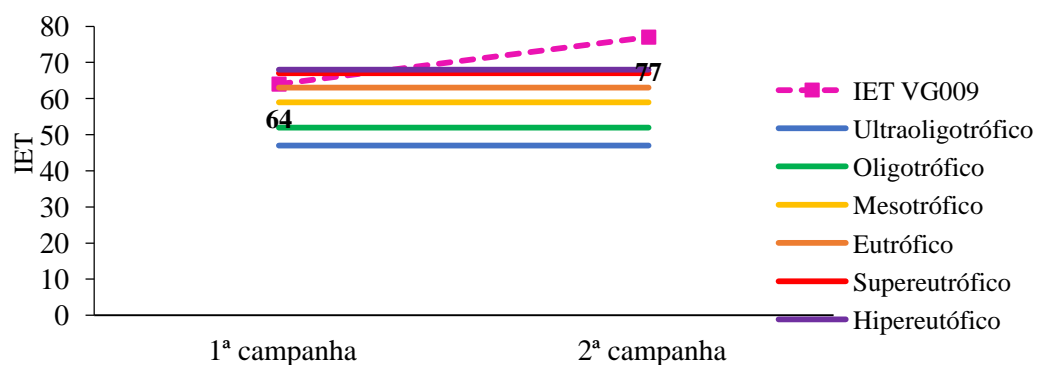
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 7 -Valores do IET na estação VG007 do Rio Gorutuba



Fonte: Da autora, 2019.

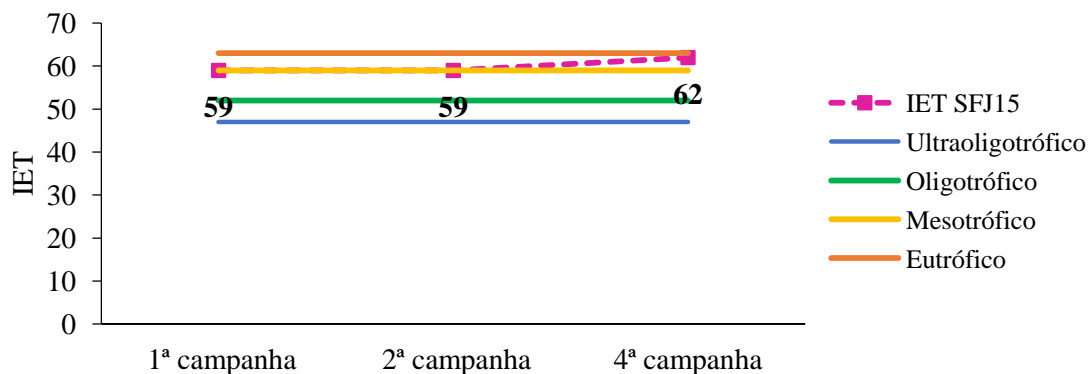
Gráfico 8 - Valores do IET na estação VG009 do Rio Gorutuba



Fonte: Da autora, 2019.

No Rio Caititu (Gráfico 9), condições de mesotrofia, na primeira e segunda campanha foram registradas, com piora da qualidade, na quarta campanha amostral, passando para a condição eutrófica, refletindo o impacto causado pelo recebimento das águas do Rio dos Vieiras, importante manancial que recebe altas cargas poluidoras.

Gráfico 9 - Valores do IET na estação SFJ15 do Rio Caititu



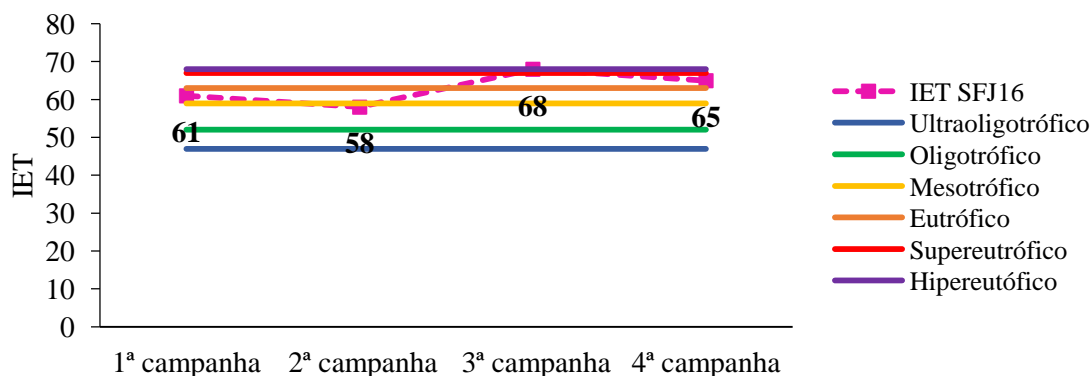
Fonte: Da autora, 2019.

No Rio Verde Grande foram monitoradas dez estações de amostragem em 2018, sendo identificados os piores níveis tróficos nas estações SFJ16 (Gráfico 10), VG001 (Gráfico 11), VG004 (Gráfico 12) e SFH21 (Gráfico 13).

As condições de supereutrofia e hipereutrofia, apresentaram variação temporal diferente, ou seja, ocorrendo em épocas diferentes de amostragem. No entanto, as estações, com exceção da SFH21, se assemelham ao fato de estarem expostas a fatores de pressão do município de Montes Claros. Segundo Trindade (2013), o município exerce influência na bacia por meio das ações antrópicas, como os lançamentos de efluentes domésticos e industriais.

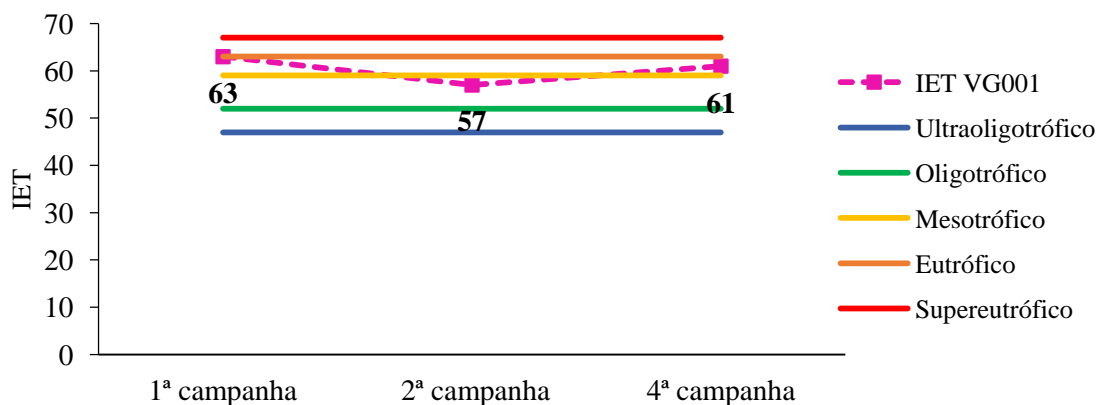
Melhores condições da qualidade da água do Rio Verde Grande foram registradas nas estações SF18 (Gráfico 14), SFJ20 (Gráfico 15), SFJ22 (Gráfico 16), SFJ23 (Gráfico 17), VG005 (Gráfico 18) e VG011 (Gráfico 19), que oscilaram entre os níveis mesotróficos e eutróficos, durante o ano de 2018.

Gráfico 10 - Valores do IET na estação SF16 do Rio Verde Grande



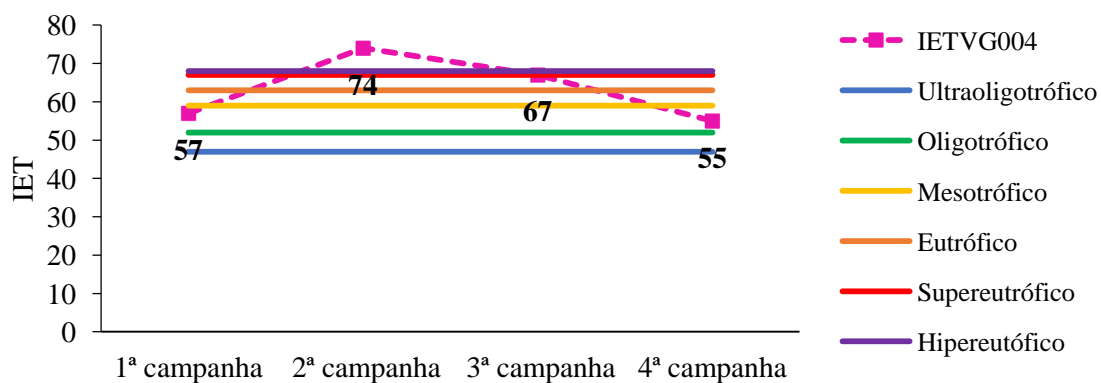
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 11 -Valores do IET na estação VG001 do Rio Verde Grande



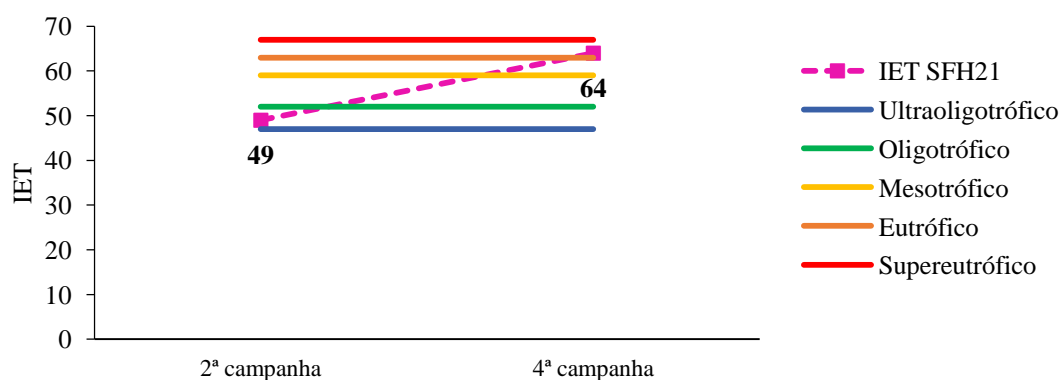
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 12 - Valores do IET na estação VG004 do Rio Verde Grande



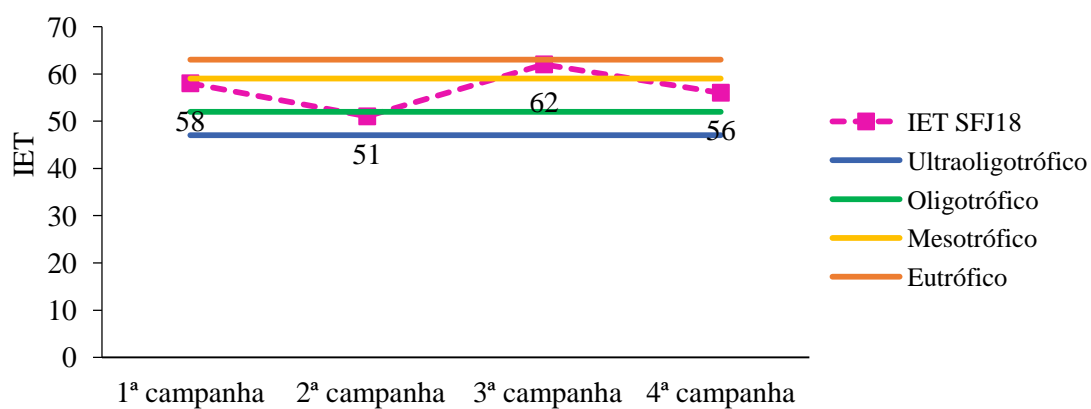
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 13 - Valores do IET na estação SFH21 do Rio Verde Grande



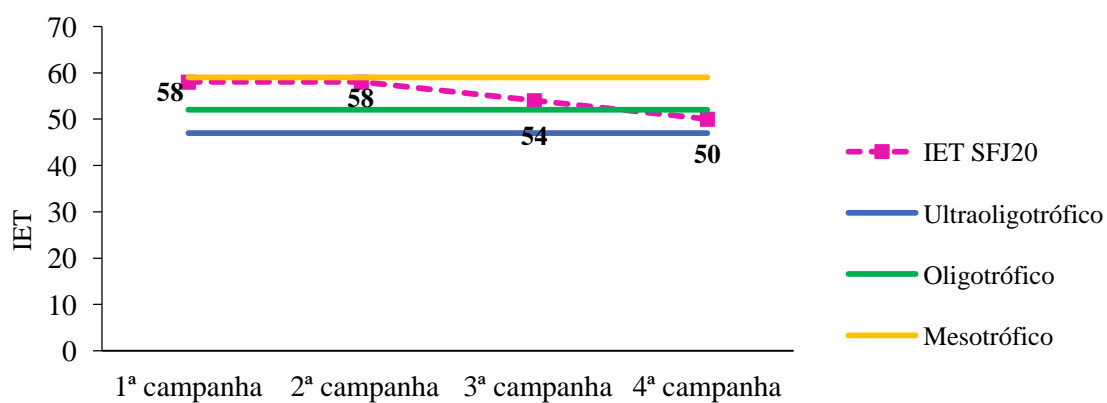
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 14 - Valores do IET na estação SFJ18 do Rio Verde Grande



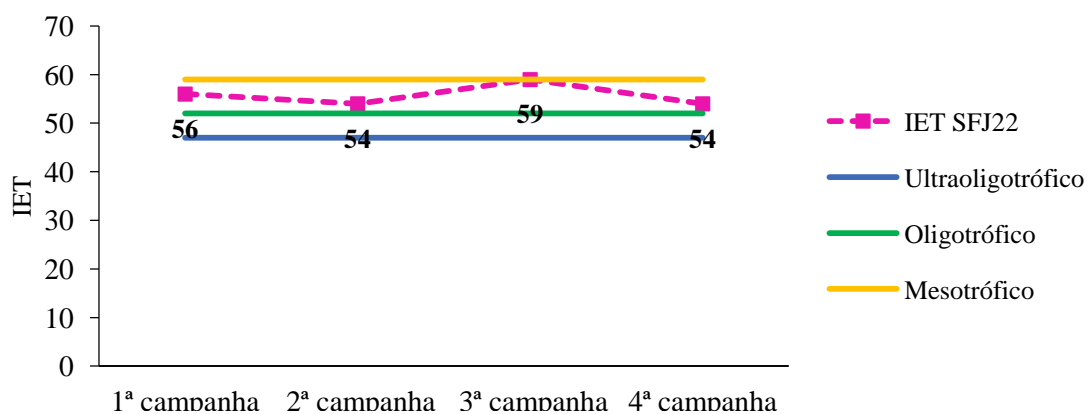
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 15 - Valores do IET na estação SFJ20 do Rio Verde Grande



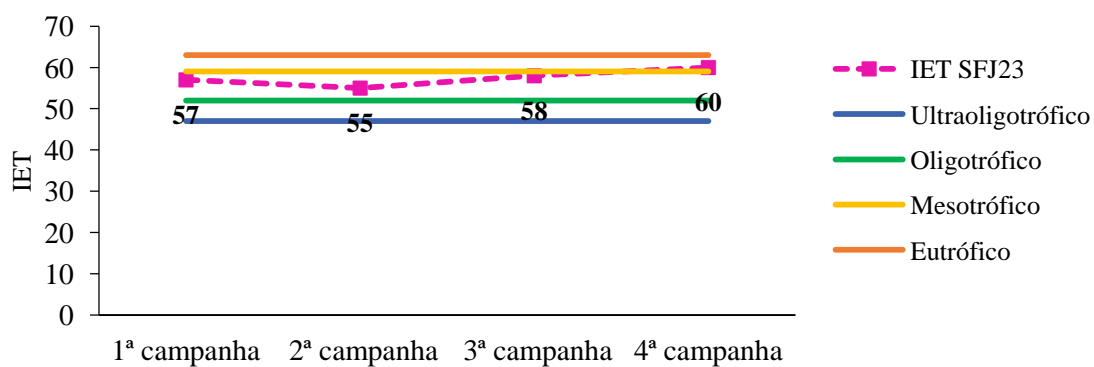
Fonte: Da autora, 2019

Gráfico 16 - Valores do IET na estação SFJ22 do Rio Verde Grande



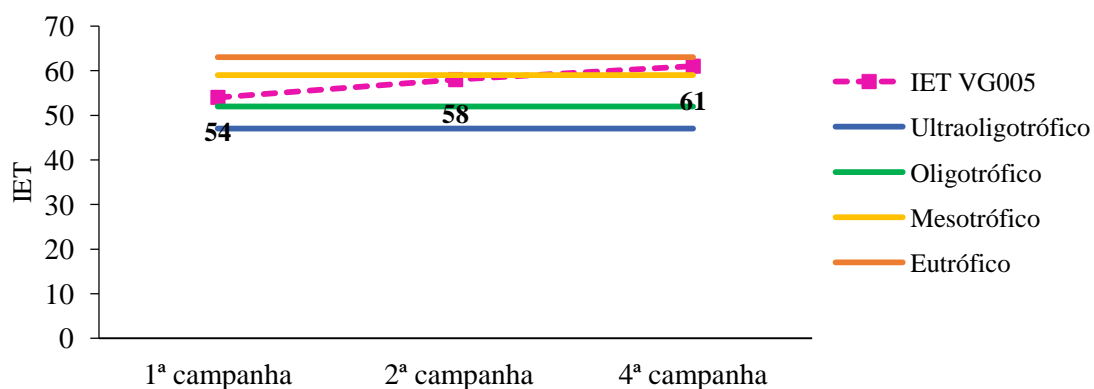
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 17 - Valores do IET na estação SFJ23 do Rio Verde Grande



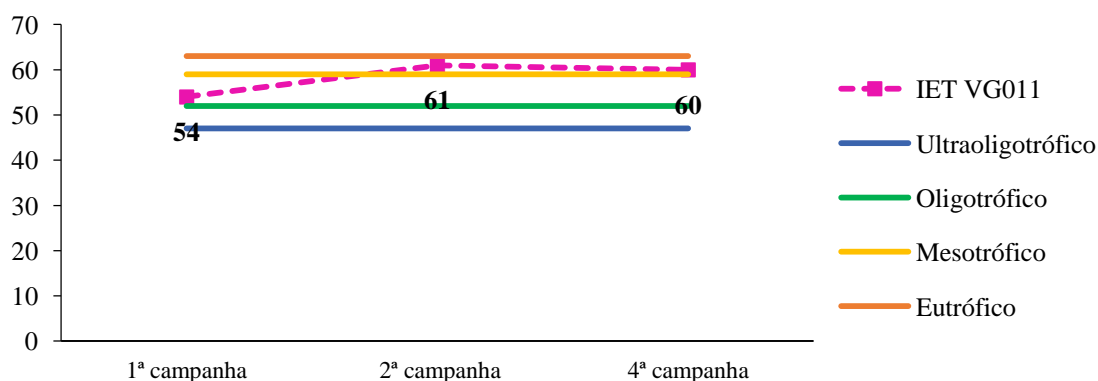
Fonte: Da autora, 2019.

Gráfico 18 - Valores do IET na estação VG005 do Rio Verde Grande



Fonte: Da autora, 2019.

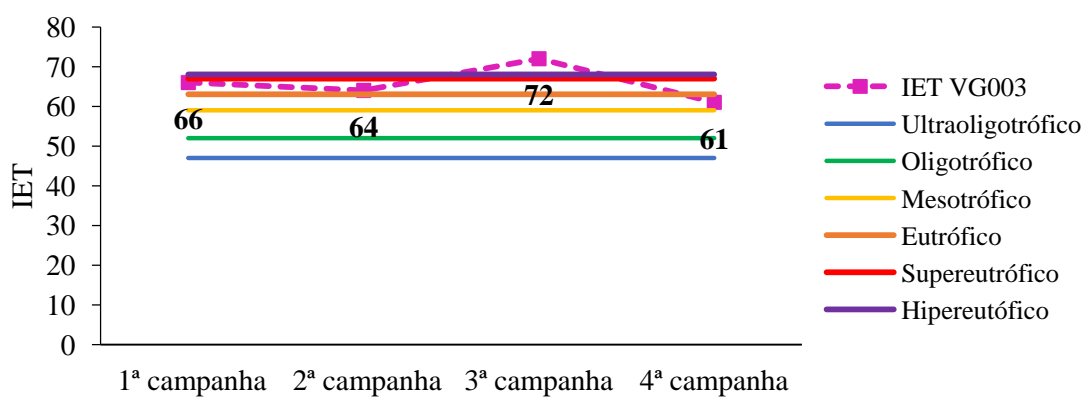
Gráfico 19 - Valores do IET na estação VG011 do Rio Verde Grande



Fonte: Da autora, 2019.

O Rio dos Vieiras (Gráfico 20) foi classificado como supereutrófico na primeira e segunda campanhas e depois como hipereutrófico e eutrófico. Dos mananciais estudados, o Rio dos Vieiras apresentou os piores valores do IET. Tal fato pode ser justificado por ele receber altas cargas de esgotos clandestinos, efluentes domésticos e indústrias do município de Montes Claros.

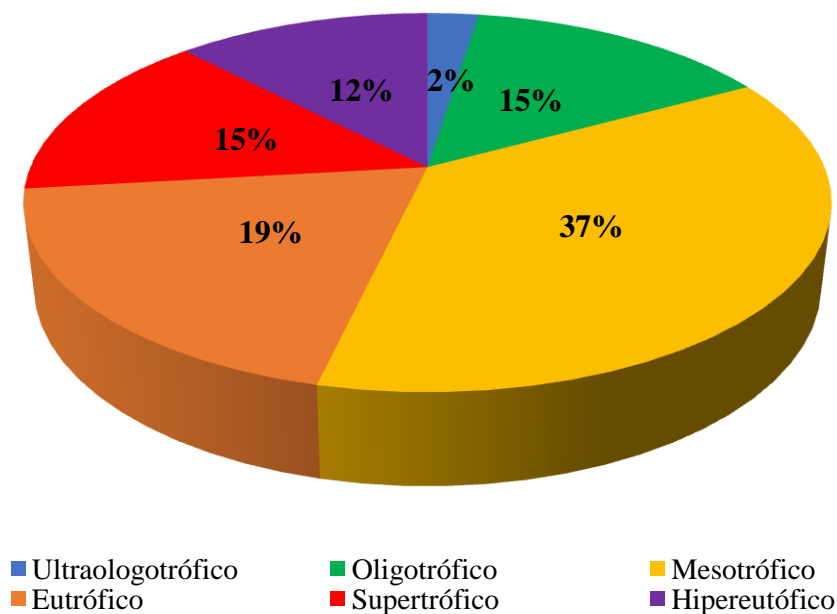
Gráfico 20 - Valores do IET na estação VG003 do Rio dos Vieiras



Fonte: Da autora, 2019.

Das 41 classificações do IET durante o ano de 2018 (Gráfico 21), 54 % das classificações dos pontos amostrados possuem baixo grau de trofia, com classificação trófica ultraoligotrófica (2 %), oligotrófica (15%) e mesotrófica (37 %). No entanto, em alguns mananciais, em determinados pontos e épocas do ano, as classificações sofrem com os fatores de pressão que contribuem para a piora da qualidade da água.

Gráfico 21 - Porcentagem das classificações dos estados tróficos na Bacia do Rio Verde Grande no ano de 2018



Fonte: Da autora, 2019.

Trindade (2013), afirma que os processos erosivos no entorno da bacia, causado pelo desmatamento, devido ao uso da terra pela agropecuária, causam o transporte de sedimentos para o interior dos cursos de água, refletindo na piora dos índices de qualidade da água. Além disso, a bacia é significativamente impactada pelo lançamento de efluentes domésticos, efluentes industriais, dos laticínios, matadouros e da indústria têxtil do município de Montes Claros. Esses impactam a qualidade da água do Rio dos Vieiras, que, por sua vez, repercute sobre o rio principal Verde Grande (IGAM, 2019).

Diferente de Zanini, H. L. L.H.T. *et al.* (2010) que observou melhoria no IET, no período de chuva, devido à redução das concentrações de fósforo total e clorofila-*a* no Córrego Rico em São Paulo, nos rios que compõem a bacia do Rio Verde Grande, não foram observadas melhorias do estado de trofia no período chuvoso. Assim como no trabalho de Fia; R. *et al.* (2009), não foi possível verificar a influência das chuvas em relação aos níveis do IET.

Os resultados obtidos permitem dizer que o comportamento das estações de amostragem avaliadas é instável, ou seja, estações de amostragem de um mesmo curso d'água não apresentam similaridade de classificação trófica revelando, desse modo, que cada estação está exposta a um tipo de ação antrópica local que reflete na qualidade da

água. Além disso, é possível identificar que as variações temporais, no período de chuva e seca, não exercem influência direta nos valores do IET.

Os valores de clorofila-*a* e fósforo total das estações amostradas apresentaram relação direta com os valores do Índice de Estado de Trofia - IET, identificando diferentes graus de trofia para os pontos e períodos de amostragem no decorrer do ano de 2018.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que dentre os mananciais da bacia do Rio Verde estudados os rios Juramento, Ribeirão do Ouro, Arapoim, Serra Banca e Gorutuba (estações SFC145 e VG007), apresentaram condições tróficas que implicam em baixos prejuízos aos usos múltiplos da água. A bacia, conforme o estudo, também apresenta vários cursos d'água com classificações de trofia indesejáveis com níveis eutróficos, supereutróficos e hipereutróficos. Desse modo, as ações antrópicas na bacia, como lançamento de efluentes domésticos, indústrias e resíduos agrícolas, impactaram na qualidade da água dos mananciais.

O Rio Mosquito, Rio Gorutuba (estação VG009), Rio Verde Grande (estação SFJ16, VG001, VG004 e SFH21) e o Rio dos Vieras, apresentaram os piores índices tróficos da bacia, devido às elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos.

Portanto, a análise das 20 estações de amostragem demonstra que as estações de um mesmo curso d'água não apresentam similaridade de classificação trófica. Além disso, não se observa influência direta das variações temporais nos valores do IET, e sim, influência causada pelo lançamento de cargas poluidoras dos municípios em que os mananciais estão inseridos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR *et al.* Estado trófico de dois recursos hídricos reservados à captação de água bruta para abastecimento público do município de Montes Claros -MG. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG, 3, 2017. **Anais...**Belo Horizonte: RESAG, 2017.

ALVES, E.C.; *et al.* Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó. **Acta Sci. Technology**, Maringá, v. 30, n.1, p-39-48, 2018.

ALVES, Igor Charles Castor; *et al.* Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Revista Acta Amazonica**, Manaus, v.42, n.1,p.115 – 124, mar. 2012.

ANA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**. Brasília: ANA, 2016.

BOLLMAN, H.; CARNEIRO, C.; PEGORINE, E. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes. In: ANDREOLI,C.V.; CARNEIRO, Charles. **Gestão Integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Gráf. Capital Ltda, 2005. 500p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá providências. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRUNKOW, R. F.; DIA, L. N.; XAVIER, C. F. Eutrofização. In: ANDREOLI,C.V.; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Gráf. Capital Ltda, 2005. 500p.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**.v. 22, p-361-369, 1977.

DERISIO, J. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3.ed. São Paulo: Signus, 2007.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FARIA, A.; *et al.* Análise ambiental dos ambientes lóticos de Salvador-BA. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG, 3, 2017. **Anais...**Belo Horizonte: RESAG, 2017.

FERRAZ, H. D. A. **Associação da ocorrência de cianobactérias às variações de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrograficas de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2012. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

FIA, R.; *et al.* Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, **Revista Ambiente & Água**. Rio Grande do Sul., v. 4, p. 132-141. 2009.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2017**. Resumo executivo anual. Belo Horizonte, 2018. 189 p.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais**. Relatório Trimestral, 2019. 2540p.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 238 p. Dissertação (Doutorado em Tese Ecologia) -Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Deliberação Normativa CERH – MG nº 06**, de 04 de outubro de 2002.

PINTO, C.C.; ALMEIDA; K.C.B., OLIVEIRA; S. M. Avaliação espacial da qualidade das águas da calha do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG, 3, 2017. **Anais...**Belo Horizonte: RESAG, 2017.

PORTAL INFOHIDRO. Disponível em: < portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/322-indice-de-estado-trofico-iet> Acesso em: 20 de agosto de 2019.

SAAD, A. *et al.* Índice de estado trófico da Bacia hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise comparativa entre as zonas rural e urbana. **Revista UnG Geociências**, São Paulo, v.32, p. 611-624, 2013.

SADAVA, D. *et al.* Vida: a ciência da biologia. **Revista Evolução, diversidade e ecologia**, Porto Alegre, v.2, 8. ed. 2009.

SANT'ANNA, C. L. *et al.* **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 58 p.

SILVA, G. *et al.* Avaliação integrada da qualidade de águas superficiais: grau de trofia e proteção da vida aquática nos rios Anil e Bacanga, São Luís (MA). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19. 2014.

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

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo. Oficina de textos. 632p. 2008

VIEIRA, P. C. **Avaliação das condições de qualidade da água em tempo seco e durante eventos de chuvas em uma microbacia urbanizada no município de Belo**

Horizonte. 2008. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerai, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. V. 1 Belo Horizonte. DESA:UFMG, 2005. 452 P.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água dos rios**. 1. ed. V. 6 Belo Horizonte. DESA:UFMG, 2007.

ZANINI, H. L. L.H.T. *et al.* Caracterização da água da microbacia do córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 732-741, 2010.