



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS CERRO LARGO**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANELISE ZORZO BIRCK**

**BIODIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE DIATOMÁCEAS EPILÍTICAS**  
**EM CORPOS HÍDRICOS RURAIS DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DAS MISSÕES -**  
**RS**

**CERRO LARGO - RS**

**2020**

**ANELISE ZORZO BIRCK**

**BIODIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE DIATOMÁCEAS EPILÍTICAS  
EM CORPOS HÍDRICOS RURAIS DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DAS MISSÕES -  
RS**

Trabalho de conclusão do curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da  
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves

**CERRO LARGO - RS**

2020

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Birck, Anelise Zorzo  
BIODIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE DIATOMÁCEAS  
EPILÍTICAS EM CORPOS HÍDRICOS RURAIS DE MUNICÍPIOS DA  
REGIÃO DAS MISSÕES - RS / Anelise Zorzo Birck. -- 2020.  
74 f.:il.

Orientadora: Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves

Co-orientadora: Dra. Saionara Eliane Salomoni  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro  
Largo, RS, 2020.

I. , Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves, orient.  
II. Salomoni, Dra. Saionara Eliane, co-orient. III.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.



**ANELISE ZORZO BIRCK**

**BIODIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE DIATOMÁCEAS EPILÍTICAS  
EM CORPOS HÍDRICOS RURAIS DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DAS MISSÕES -  
RS**

Trabalho de conclusão do curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da  
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

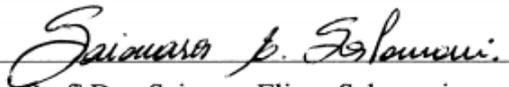
28/12/2020

BANCA EXAMINADORA



---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves - UFFS  
(Orientadora/Banca Examinadora)



Prof<sup>ª</sup> Dra. Saionara Eliane Salomoni  
(Coorientadora/Banca Examinadora)



---

Tecnólogo Roberto Birck  
(Banca Examinadora)

A minha família, pelo apoio incondicional, a qual se fez presente em todos os momentos.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio incondicional e incentivo durante todos os dias da minha vida que foram fundamentais para a conclusão desta etapa.

A todos os colegas da Engenharia Ambiental e Sanitária, em especial a Carolina Grings Serafini e o Júnior Isaías Hoffmann, pela ajuda, pelo companheirismo, e por todos os desafios superados durante a graduação.

A Jaqueline Luana Caye, Jaine Gabriela Frank por acompanharem e auxiliarem nas coletas a campo e nos procedimentos de laboratório.

A todos professores que estiveram presentes durante esta caminhada. Em especial a professora orientadora do projeto de pesquisa e Trabalho de Conclusão do Curso Alcione Aparecida de Almeida Alves, pela concessão da oportunidade em participar da pesquisa científica como bolsista, pela confiança, pelas horas dedicadas à transmissão de conhecimento e troca de experiências. A coorientadora Saionara Eliane Salomoni, por todo o auxílio e colaboração no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa conforme CHAMADA UNIVERSAL MCTIC/CNPq nº 28/2018 referente ao projeto – Reator de leito fixo com energia solar fotovoltaica empregado na remoção de agrotóxicos da água de abastecimento público na área rural.

Ao Edital nº 459/GR/UFGS/2019 pela bolsa concedida de Iniciação Científica e Tecnológica durante um período importante da graduação.

A Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), por ter cedido os laboratórios para o auxílio no desenvolvimento desta pesquisa.

A Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Cerro Largo/RS, que forneceu todo suporte para a minha formação.

A todos aos meus amigos de longa data, em especial a Taís Sabrina Cantini, por todo incentivo, paciência e ajuda demonstrada. A quem não mencionei, mas fez parte desse percurso, que contribuíram de forma inquestionável para o sucesso deste estudo. Obrigada.

## RESUMO

Os efeitos adversos da poluição sobre o meio ambiente, tem alterado as características e a qualidade dos recursos hídricos resultando em prejuízos ambientais decorrentes prioritariamente de atividades antrópicas. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais em ambientes lóticos, utilizando como bioindicador as algas diatomáceas epilíticas, em seis municípios da Região das Missões – RS. Para tanto, foram analisados os parâmetros absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm), Coliformes totais e *Escherichia coli* (presença/ausência), condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), cor aparente (uH), nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ), oxigênio dissolvido (OD) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), potencial hidrogeniônico (pH,) sólidos sedimentáveis ( $\text{mL L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e turbidez (uT) e; simultaneamente a abundância e a diversidade das diatomáceas epilíticas associadas a substratos artificiais rochosos, no mês de outubro do ano 2019. Os resultados referentes aos parâmetros físico-químicos apresentaram valores abaixo dos norteado nas Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357/2005 e pela Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) n° 355/2017 e, em relação aos parâmetros microbiológicos foi identificada a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em todos os ambientes lóticos monitorados. No que tange as diatomáceas epilíticas, identificou-se as espécies dominantes *Amphipleura lindheimeri* (município 1); *Adlafia drouetiana* (município 2) e *Cocconeis placentula var. placentula* (município 3), sendo que, pode-se inferir que estas espécies são típicas de ambiente oligotróficos e mesotróficos. Por fim, pode-se constatar que as diatomáceas epilíticas se apresentaram como um bioindicador de qualidade das águas em ambientes lóticos.

Palavras-chave: Águas superficiais. Monitoramento. Diatomáceas epilíticas.

## ABSTRACT

The adverse effects of pollution on the environment have altered the characteristics and the quality of water resources, resulting in environmental damage mainly arising from human activities. Thus, this study aimed to assess the physico-chemical and microbiological parameters of the surface waters in lotic environments, using as bioindicator the epilithic diatom algae, in six municipalities of Missões Region – RS. Therefore, the parameters UV absorbance ( $\lambda$ -254 nm), total coliforms and *Escherichia coli* (presence/absence), electric conductivity ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), apparent color (uH), nitrate ( $\text{mg L}^{-1}$ ), dissolved oxygen (OD) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), potential of hydrogen (pH,) sedimentable solids ( $\text{mL L}^{-1}$ ), temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and turbidity (uT) and; simultaneously, the abundance and diversity of epilithic diatom algae associated to artificial rocky substrates, in the month of October of the year 2019. The results related to the physico-chemical presented values below those established in Resolution of the National Environment Council (CONAMA) n° 357/2005 and Resolution of the State Environment Council (CONSEMA) n° 355/2017 and, regarding to the microbiological parameters it was identified the presence of total coliforms and *Escherichia coli* in all the monitored lotic environments. For the epilithic diatoms, the dominant species were identified as *Amphipleura lindheimeri* (municipality 1); *Adlafia drouetiana* (municipality 2) e *Cocconeis placentula var. placentula* (municipality 3), and, it can be inferred that these species are typical of oligotrophic and mesotrophic environments. Lastly, it can be observed that epilithic diatoms are presented as a bioindicator of water quality in lotic environments.

Keywords: Surface waters. Monitoring. Epilithic diatoms.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ambientes lóticos.....	23
Figura 2 – Mapa da localização da Região das Missões e os pontos de coletas dos municípios em estudo.....	31
Figura 3 – Mapa de localização da Região das Missões com a malha fluvial dos municípios em estudo.....	32
Figura 4 – Córregos de captação de água superficial localizados nos municípios de Guarani das Missões e Mato Queimado.....	32
Figura 5 – Córregos de captação de água superficial localizados nos municípios de Pirapó e São Miguel das Missões.....	33
Figura 6 – Córrego e rio de captação de água superficial localizados nos municípios de Sete de Setembro e Ubiretama.....	33
Figura 7 – Procedimento de coleta do substrato (rocha) para remoção de algas diatomáceas epilíticas.....	36
Figura 8 – Preparação da lâmina permanente.....	37
Figura 9 – Resultados do pH nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	41
Figura 10 – Resultados do OD nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	42
Figura 11 – Resultados da condutividade elétrica nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	43
Figura 12 – Resultados da temperatura águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	44
Figura 13 – Resultados da turbidez nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	46
Figura 14 – Resultados da cor aparente nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	47
Figura 15 – Resultados dos sólidos sedimentáveis nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	48
Figura 16 – Resultados da concentração de nitrato nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	49
Figura 17 – Resultado da absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm) nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.....	50
Figura 18 – Diatomácea epilíticas presentes nas águas superficiais do município 1.....	53

Figura 19 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 2. ....	55
Figura 20 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 3.....	58
Figura 21 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 4.....	61
Figura 22 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 5.....	64
Figura 23 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 6.....	66

## ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1 – Valores norteadores para águas superficiais.....	27
Tabela 2 – Padrões de emissão de efluentes líquidos em águas superficiais. ....	28
Tabela 3 – Localidade e especificação dos pontos de coleta.....	30
Tabela 4 – Equipamentos e referência metodológica utilizada para análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. ....	34
Tabela 5 – Parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água doce superficial em 06 municípios da Região das Missões, RS. ....	39
Tabela 6 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas nas águas superficiais do Município 1 da Região das Missões/RS. ....	51
Tabela 7 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas. nas águas superficiais do Município 2 da Região das Missões/RS. ....	53
Tabela 8 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas. nas águas superficiais do Município 3 da Região das Missões/RS. ....	56
Tabela 9 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas nas águas superficiais do Município 4 da Região das Missões/RS. ....	58
Tabela 10 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas. nas águas superficiais do Município 5 da Região das Missões/RS. ....	61
Tabela 11 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas nas águas superficiais do Município 6 da Região das Missões/RS. ....	63

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AMM	Associação de Municípios das Missões
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade das Águas
MS	Ministério da Saúde
NPM	Número Mais Provável de Coliformes
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
RS	Rio Grande do Sul
UERGS	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
UH	Unidade Hazen
UT	Unidades de Turbidez
VMP	Valor máximo permitido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.2 JUSTIFICATIVA .....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 MANANCIAS SUPERFICIAIS .....	19
2.2 A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E AS PRINCIPAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO .....	20
2.3 OS ECOSISTEMAS LÓTICOS: RIOS, RIACHOS E CÓRREGOS .....	22
2.4 ALGUNS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	24
2.5 BIOINDICADOR DE QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	26
2.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL A MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	27
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	30
3.4 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS .....	34
3.2 COLETA E DETERMINAÇÃO DAS ESPÉCIES ABUNDANTES E DOMINANTES DAS DIATOMÁCEAS EPILÍTICAS.....	35
<b>4 RESULTADOS e discussões .....</b>	<b>39</b>
4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.....	39
4.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	41
4.1.2 Oxigênio dissolvido .....	42
4.1.3 Condutividade elétrica .....	43
4.1.4 Temperatura .....	44

<b>4.1.5 Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.6 Turbidez .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1.7 Cor aparente .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.8 Sólidos sedimentáveis .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.9 Nitrato .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.10 Absorvância UV (<math>\lambda</math>-254 nm) .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2 ESPÉCIES ABUNDANTES E DOMINANTES DAS DIATOMÁCEAS EPILÍTICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.1 Município 1.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.2 Município 2.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.3 Município 3.....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.6 Município 4.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.9 Município 5.....</b>	<b>62</b>
<b>4.2.10 Município 6.....</b>	<b>64</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenfreado crescimento populacional, somado à crescente industrialização como forma de produção e organização do trabalho vem aumentando o consumo de matéria-prima, e de produção e utilização de diversos produtos químicos, que ao serem dispostos no ambiente sem tratamento adequado, são considerados potenciais causadores de degradação ambiental, e podem resultar em impactos negativo a saúde pública (MONTEIRO, 2009).

Os recursos hídricos em qualidade e quantidade adequada são vitais para a sobrevivência de todos os organismos vivos e para o funcionamento adequado de ecossistemas, comunidades e economias. Contudo, a qualidade dos recursos hídricos mundiais está sob ameaça crescente à medida que aumentam as populações humanas e se expandem as atividades industriais e agrícolas (PALANIAPPAN, 2013).

Tanto a quantidade quanto à qualidade das águas superficiais está sujeita a grandes variações em função de causas naturais e antrópicas. O conceito de desenvolvimento sustentável<sup>1</sup>, bastante discutido desde o final do século passado, tem modificado as relações entre o homem e a natureza. A disponibilidade e o comprometimento da qualidade das águas destacam-se como um dos principais problemas relacionados ao desenvolvimento sustentável, e um dos grandes desafios a serem enfrentados neste século (SALOMONI, 2004, SALOMONI, 2006).

As múltiplas atividades humanas nas bacias hidrográficas têm como resultado as volumosas descargas de água poluída, com elevada concentração de matéria orgânica (< 100 mg L<sup>-1</sup>), que propiciam a elevação das concentrações de nutrientes, provocando desequilíbrios nos ciclos biogeoquímicos naturais e uma série de efeitos colaterais indesejáveis, em especial a eutrofização, a qual resulta na redução da biodiversidade nestes ecossistemas. Assim sendo, as avaliações qualitativas e quantitativas desses despejos são parte muito importante do esforço para a manutenção dos ecossistemas naturais (SALOMONI, 2004).

Para o monitoramento da qualidade das águas doces comumente são considerados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos descritos na Resolução CONAMA n° 357/2005, a qual foi alterada e complementada pela Resolução CONAMA n° 430/2011. De acordo com a mesma resolução, a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, utilizando-se organismos ou comunidades aquáticas.

---

<sup>1</sup> Atender às necessidades da atual geração, sem comprometer a capacidade das futuras gerações em prover suas próprias demandas (CARVALHO, 2015).

Complementarmente as análises de comunidade de perifiton, nomeadamente as diatomáceas, revelou ser um excelente bioindicador na monitorização e avaliação da qualidade das águas superficiais, devido aos seus ciclos de vida curtos, refletindo variações súbitas no ambiente (SANTOS et al., 2018). As diatomáceas epilíticas são componentes importantes no perifiton de ecossistemas aquáticos. Elas apresentam grande abundância e riqueza de espécies, constituindo um dos grupos mais importantes para a avaliação da qualidade de águas continentais, sendo utilizadas como espécies indicadoras (DA SILVA, 2017)

As algas diatomáceas epilíticas (que crescem sobre rochas no leito dos rios), quando presentes em abundância nos ecossistemas aquáticos, respondem rapidamente às alterações das condições ambientais, podendo, desta forma, ser utilizadas como organismos bioindicadores de poluição orgânica e eutrofização da água. Este tipo de poluição, ao contrário da contaminação por agroquímicos, ocorre de forma mais lenta, e, na maioria das vezes, é percebido apenas quando o sistema aquático se encontra deteriorado. Evidencia-se que a poluição orgânica e a eutrofização da água são eventos cíclicos e correlacionados devido a sua complexidade e dinâmica essencialmente ecológica, em que o incremento de um leva ao agravamento do outro (LOBO, 2016).

Portanto as informações obtidas por meio de análises físico-químicas e microbiológicas em corpos hídricos superficiais permitem identificar a existência de poluição nestes locais, sendo fundamental o monitoramento destes ambientes para fins de manutenção da qualidade ambiental, bem como do controle da poluição (BUSS et al., 2008).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve por objetivo avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais em ambientes lóticos, utilizando como bioindicador as algas diatomáceas epilíticas, em seis municípios da Região das Missões – RS.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Analisar os parâmetros físico-químicos das águas superficiais: absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm), condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), cor aparente (uH), nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ), oxigênio

dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ), potencial hidrogeniônico (pH,) sólidos sedimentáveis ( $\text{mL L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e turbidez (uT), bem como determinar a presença/ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* de córregos e riachos localizados na área rural dos municípios da Região das Missões – RS.

Determinar as espécies abundantes e dominantes das diatomáceas epilíticas em córregos e riachos localizados na área rural dos municípios da Região das Missões – RS.

Relacionar os resultados obtidos aos valores de qualidade de águas superficiais conforme preconizado nas Resoluções CONAMA n° 357/2005, a qual foi alterada e complementada pela Resolução CONAMA n° 430/2011 e pela Resolução CONSEMA n° 355/2017.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização da água pela sociedade humana visa a atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações em sua qualidade, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins (SOUZA et al., 2014).

A interpretação dos dados para avaliar as qualidades das águas pode ser difícil, e por vezes requer procedimentos demorados. Entretanto, as avaliações de qualidade destes recursos são instrumentos necessários para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (DE PAULA CARVALHO, 2016).

As relações do conteúdo biológico com os diversos parâmetros ambientais estudados em recursos hídricos e a consequente influência para avaliação do ambiente e sua qualidade, deve merecer considerações e análises mais específicas (BARBOSA, 2013).

Na natureza, os organismos são constantemente expostos a mais de um agente tóxico e, apesar do fenômeno de interações químicas ser conhecido há tempos, são poucos os estudos realizados que privilegiam a observação dos efeitos decorrentes da exposição a duas ou mais substâncias (RAND; WELLS; MCCARTY, 1995). A grande maioria dos trabalhos aborda principalmente as características físico-químicas do efluente e nos corpos hídricos e os seus impactos no corpo receptor (LAITANO et al., 2006).

Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As características físicas, químicas e

biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem (FUNASA, 2014).

No entanto, a aplicação de estudos com diatomáceas epilíticas nos corpos hídricos, tem sido vantajoso no ponto de vista prático e econômico. Sendo que estes indicadores se baseiam na observação de que algumas espécies podem ser afetadas de uma forma previsível pela poluição ou contaminação das águas, a qual pode levar em consideração as características abióticas quanto a abundância relativa das espécies na monitorização e avaliação da qualidade da água (SALOMONI, 2008 E 2011).

Por fim, e considerando que estudos ecológicos com enfoque na comunidade diatomáceas epilíticas são ainda escassos, busca-se por meio deste contribuir com a avaliação da qualidade das águas superficiais em ambientes lóticos na Região das Missões – RS no que se refere a biodiversidade destas áreas e a ecologia das espécies diatomáceas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item encontram-se descritos conceitos teóricos acerca dos mananciais superficiais, bem como as principais definições, características da biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas em mananciais superficiais.

### 2.1 MANANCIAIS SUPERFICIAIS

A água é fundamental para a manutenção da vida no planeta. A presença ou ausência de água escreve a história, cria culturas e hábitos, determina a ocupação de territórios, vence batalhas, extingue e dá vida às espécies e determina o futuro de gerações (BACCI; PATATA, 2008).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), estima-se que 97,5 % da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao consumo direto e a irrigação. Dos 2,5 % de água doce, a maior parte (69 %) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30 % são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1 % encontra-se nos mananciais superficiais.

As águas superficiais, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem a rios, riachos, lagoas e córregos (ANA, 2020b). Nascentes são um dos elementos mais importantes do sistema hidrológico, promovendo a passagem da água subterrânea para a superfície. Elas marcam o início dos canais de drenagem e, assim, são responsáveis pela existência da porção dos recursos hídricos mais utilizada pela população, sobretudo nos trópicos úmidos (FELIPE, 2009).

A Resolução do CONAMA n° 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Esta resolução classifica as águas doces (Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4), salobras e salinas no Brasil, os mananciais de água doce de Classe Especial, 1, 2, e 3 podem ser utilizadas para abastecimento público após apenas desinfecção para a primeira classe e após tratamento simplificado, convencional e, convencional ou avançado, respectivamente para as outras três classes. A Classe 4 não pode ser utilizada para abastecimento público, mesmo após o tratamento, elas podem apenas serem destinadas a navegação e harmonia paisagística. Para realizar essa classificação existe a definição de valores correspondentes a parâmetros físicos, químicos e biológicos, bem como os valores máximos permitidos (VMP) para cada classe (BRASIL, 2005).

De acordo com Palaniappan (2013), a qualidade da água é tão importante quanto a quantidade, quando se trata de atender às necessidades básicas dos seres humanos e do meio ambiente. Devido a isto, é importante o monitoramento frequente das águas superficiais, a fim de conhecer a quantidade e a qualidade disponíveis e gerar insumos para o planejamento e a gestão de recursos hídricos, que devem garantir o acesso aos diferentes usos da água (ANA, 2020b).

## 2.2 A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E AS PRINCIPAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

A qualidade da água é essencial para a área econômica, social, cultural, de saúde pública e ambiental, sendo a sua degradação um problema presente há várias décadas no Brasil e no mundo (DA SILVA, 2019).

A disponibilidade da água vem sendo ameaçada devido ao crescimento da população e ao aumento da demanda por uma quantidade de água cada vez maior para o uso doméstico, da agropecuária, da mineração, da produção industrial e da geração de energia (BITTENCOURT; DE PAULA, 2014).

Nas condições naturais a qualidade da água é afetada pelo escoamento superficial e infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. Nesse caso, a sua poluição é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Assim a incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos ocorre, mesmo na condição que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais. Neste caso, tem grande influência a cobertura e a composição do solo. A interferência do homem, de forma pontual, como na geração e despejos de efluentes domésticos e/ou industriais, ou de forma dispersa, como ocorre por meio da aplicação de agrotóxicos no solo, contribui na introdução de compostos diversos na água superficial, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade das águas (VON SPERLING, 2007).

O acúmulo destas fontes de poluição, sem a devida capacidade de autodepuração do meio hídrico, ao longo do tempo pode resultar na eutrofização das águas, causado especialmente pelos excessos das descargas de nutrientes.

A eutrofização das águas leva ao crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto as planctônicas quanto as aderidas, com conseqüente desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água. Um dos principais problemas relacionados à eutrofização é a proliferação de cianobactérias em detrimento de outras espécies aquáticas.

Muitos gêneros de cianobactérias quando submetidas a condições ambientais específicas podem produzir toxinas que chegam a ser fatais aos animais e aos seres humanos (FIGUEIRÊDO, 2007). Mas, em geral, as consequências de um determinado poluente dependem da concentração na qual ele é disposto nos recursos hídricos, o tipo de corpo d'água que o recebe e os usos preponderantes desta água (PEREIRA, 2004).

Conseqüentemente, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é um fator primordial para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (ANA, 2020e)

Para a determinação de sua qualidade, comumente é avaliado nos recursos hídricos o Índice de Qualidade das Águas (IQA). O IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e, a partir da década de 1975, passou a ser utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em São Paulo. O IQA é composto por nove parâmetros sendo que, cada parâmetro possui peso respectivo ( $\omega$ ), sendo estes: OD (0,17), Coliformes termotolerantes (0,15); pH (0,12); Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_{5,20}$ )<sup>2</sup> (0,10), Temperatura (0,10), Nitrogênio total (0,10), Fósforo total (0,10), Turbidez (0,08), Resíduo total (0,08). Tais pesos e parâmetros foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (ANA, 2020e).

Considera-se ainda que a avaliação da qualidade e enquadramento dos corpos hídricos superficiais pode ser realizada considerando os valores de parâmetros estabelecidos nas Resoluções CONAMA n° 357/2005 e pela Resolução CONAMA n° 430/2011. E, segundo SAXENA et. al (2020), o uso de bioindicadores como as diatomáceas para determinação da qualidade das águas superficiais é vantajoso devido as mesmas reagirem rapidamente a qualquer contaminação de matéria orgânica ou nutriente, a qual a torna uma ferramenta de potencial se comparando a qualquer outra espécie aquática, devido a sua fácil amostragem e identificação (SALOMONI, 2006, 2008, 2011).

Tais formas de consideração da qualidade das águas superficiais têm por objetivo contribuir para que se identifique em especial o decréscimo da qualidade destas águas, o qual põe em risco a saúde humana e dos ecossistemas, reduz a disponibilidade de água potável e de recursos hídricos próprios para outras finalidades, limita a produtividade econômica e diminui as oportunidades de desenvolvimento. Devido a isto, o monitoramento sistemático

---

<sup>2</sup>  $DBO_{5,20}$  se refere a quantidade de oxigênio consumida, em 5 (cinco) dias a 20°C, na oxidação biológica da matéria orgânica (BRASIL, 2017)

e dados de qualidade são fundamentais para melhorar a qualidade da água e contribuir com a gestão destes recursos (PALANIAPPAN, 2013).

### 2.3 OS ECOSSISTEMAS LÓTICOS: RIOS, RIACHOS E CÓRREGOS

Os ecossistemas aquáticos abrigam uma grande diversidade de fauna e flora. A rede hidrográfica brasileira apresenta um elevado grau de diversidade e alta complexidade. É um grande conjunto de bacias e regiões hidrográficas com características diferenciadas, o que torna favorável ao desenvolvimento de uma biota aquática altamente complexa. Estes ecossistemas aquáticos são responsáveis por grande parte da biodiversidade brasileira (ANA, 2020c).

Os ecossistemas de água doce são divididos em ecossistemas lênticos e lóticos. Ecossistemas lênticos correspondem aos ambientes aquáticos de água parada, como por exemplo, lagoas, lagos e pântanos, os quais são classificados como um importante distribuidor de biodiversidade por apresentar ecótonos<sup>3</sup> bem definidos. Os ecossistemas lóticos como apresentados na Figura 1, são ambientes aquáticos de água corrente como, por exemplo, rios, nascentes, ribeiras e riachos, aos quais possuem como principal característica o fluxo hídrico, que influencia diretamente as variáveis físico-químicas da água e as comunidades biológicas presentes (ANA, 2020a).

Os ambientes lóticos são caracterizados por água em contínua movimentação e em estreita associação com sua bacia de drenagem, podendo ser considerados, ecológica e hidrologicamente, um sistema de fluxo. O ambiente ao seu redor exerce um importante papel sobre o sistema aquático, contribuindo com a importação de material alóctone (matéria orgânica, material vegetal, insetos terrestres) para o curso d'água; a correnteza também podendo ser salientada com uma importante ação sobre o transporte deste material orgânico importado, sobre a natureza do leito, sobre a oxigenação das águas e sobre a distribuição dos organismos (UIEDA, 2011).

---

<sup>3</sup> É uma região resultante do contato entre dois ou mais biomas fronteiriços. São áreas de transição ambiental, onde entram em contato diferentes comunidades ecológicas. (O ECO, 2014)

Figura 1 – Ambientes lóticos.



Nota: (A) Córrego da comunidade Rincão dos Potreiro, São Nicolau - RS; (B) Córrego da Linha Campina, Pirapó – RS. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

No Brasil, comumente os cursos d'água de ambientes lóticos são conhecidos como córregos, riachos e rios. Os córregos são cursos de água corrente de pequeno porte, que podem desaguar em outro córrego, rio ou em um lago; riachos são cursos de água natural, que flui ou desemboca no oceano, lago ou em outro curso de água; e rios são um curso d'água natural de grande volume de água (SÁBARÁ, 2017; IBGE, 2010)

Os ecossistemas, de uma forma geral, são descritos por duas variáveis principais, bióticas e abióticas. Os parâmetros bióticos descrevem as condições e a natureza dos organismos, já os parâmetros abióticos incluem as características morfológicas, físicas e químicas. Os parâmetros abióticos são sempre de grande importância na formação das condições locais para a vida no ecossistema (ANA, 2020c).

Portanto, a grande dinamicidade dos ecossistemas lóticos os torna ecossistemas fundamentalmente estruturados pelo regime climático e pelos ambientes físico (luz, temperatura, correnteza, habitat) e químico (carbono orgânico e inorgânico, oxigênio, nutrientes) com os quais interagem, além das interações biológicas (herbivoria, predação, competição) que são partes componentes destes sistemas (SILVEIRA, 2004).

Todo corpo d'água apresenta capacidade de autodepuração, contudo, por se tratar de um processo muito complexo, as características físicas, químicas e biológicas locais podem influenciá-lo de maneira bastante contundente, variando sua eficiência em diferentes corpos hídricos (FAGÁ, 2020). Dependendo do nível de poluição dos rios, o processo de

autodepuração pode ser bastante eficiente na melhoria da qualidade d'água (ANDRADE, 2010).

Os principais estados tróficos das águas superficiais são os oligotróficos, mesotróficos e eutróficos. Oligotrófico são os corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água; mesotróficos são os corpos de água em produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos; eutrófico são corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral, afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferência nos seus múltiplos usos (TUNDISI et al., 2013).

Muitos ambientes lóticos sofrem severos impactos por ações antrópicas devido a suas características únicas. As principais interferências a identificadas, possivelmente provocam alterações na qualidade da água devido à ocupação ilegal no entorno do manancial, movimentação de terra às margens da represa, remoção inadequada de macrófitas, lançamento inadequado de efluentes domésticos, retirada e queima de vegetação ciliar (BUSSI, 2014). Devido a isto, as trocas entre terra e água são mais intensas que nos ambientes lênticos, o que proporciona o ecossistema mais aberto com comunidades de metabolismo heterotrófico, especialmente em riachos de reduzida ordem (UFERSA, 2014).

Desta forma, o monitoramento ambiental destes ambientes pode ser definido como a tentativa de identificar mudanças nas variáveis bióticas e abióticas de maneira a possibilitar propostas de manejo para viabilizar o uso futuro dos recursos existentes. Inserido nesse contexto, o monitoramento limnológico trata especificamente da qualidade da água dos ecossistemas aquáticos continentais, incluindo rios, lagos, lagoas, reservatórios e represas. Assim, abrange tecnicamente a coleta periódica associada à análise de dados e informações de qualidade da água para propósitos de efetivo gerenciamento dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES; ROCHA, 2015)

#### 2.4 ALGUNS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A utilização da água pela sociedade humana visa a atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para

os diversos fins. A qualidade da água é aspecto indispensável, quando se trata dos seus principais usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. Este uso tem sofrido restrições significativas em função da degradação ocasionada nos rios devido as ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade de água disponível para o uso humano (SOUZA, 2014).

Os parâmetros de controle da qualidade da água devem se centrar nos compostos orgânicos e agrotóxicos, nos denominados patógenos emergentes, em algumas substâncias inorgânicas, e, em delineamento de mais longo prazo nos subprodutos de desinfecção (LIBANIO, 2010). Esses parâmetros são diferenciados em físicos, químicos e biológicos e, para cada tipo de amostra os parâmetros devem estar nos padrões estabelecidos pelas normas vigentes (NOGUEIRA; COSTA; PEREIRA, 2015).

Em geral, os parâmetros analisados são: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, turbidez, cor, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total, fósforo total, coliformes totais e coliformes fecais (SANTOS, 2004). Após a análise dos parâmetros consulta-se a legislação para verificar se estes se encontram atendem aos valores padrões estabelecidos. Tais valores provêm de conhecimentos científicos que correlacionam os efeitos dos indicadores sobre o ecossistema e a saúde humana (PHILIPPI JR.; SILVEIRA, 2005).

Segundo Mendonça (2005), em decorrência do número e variedades de poluentes que potencialmente podem atingir o ambiente aquático, as análises químicas são limitadas apenas se restringindo a quantificação das substâncias mensuráveis. De uma forma geral, os resultados das referidas análises não permitem uma avaliação dos efeitos das substâncias sobre os seres vivos.

Tradicionalmente, a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas, químicas. Este sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis microbiológicas (coliformes totais e fecais), constitui-se como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humanas (ESTEVEZ; ROCHA, 2015).

Para avaliar a qualidade da água, as análises são normatizadas pela Resolução CONAMA n° 357/2005, a qual foi alterada e complementada pela Resolução CONAMA n° 430/2011, onde são fundamentais. De acordo com o Cap. 8. Art. 8, § 3°, a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas (BRASIL, 2010).

Neste caso, as algas diatomáceas, exerce importante função em ambiente lóticos, as quais são consideradas boas indicadoras ambientais, sendo utilizadas no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos.

## 2.5 BIOINDICADOR DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Atividades como a agricultura, indústria, desenvolvimento urbano e alterações climáticas originam sérios impactos nos sistemas de água doce, levando à sua degradação e perda da biodiversidade. Devido a isto, é necessário monitorizar e recuperar todas as massas de água para que estas atinjam um bom estado ecológico (SANTOS, 2004).

No século passado, o fisiologista alemão Johannes Muller, ao filtrar água do mar através de uma rede de água fina, descobriu uma comunidade constituída de pequenos animais e plantas. Em 1887, outro fisiologista, denominou esta comunidade de “plâncton” e a definiu como sendo o conjunto de organismos que não dispõe de movimentos próprios capazes de se opor aos movimentos da água. O plâncton é constituído pelo fitoplâncton (algas – componentes autotróficos), pelo zooplâncton (pequenos animais) e pelo bacterioplâncton (ESTEVES, 2011).

As diatomáceas são representativas entre as algas do fitoplâncton, crescendo abundantemente em diversos corpos de água doce. Muitas são, no entanto, de hábito não planctônico, crescendo sobre outras plantas (epifíton), sobre rochas (epilítton), sobre grãos de areia (epsamon) ou sobre o sedimento (epipelton). As diatomáceas epilíticas são importantes componentes das comunidades perifíticas em ecossistemas de água doce tanto em relação à riqueza de espécies que em relação à densidade numérica das populações (SALOMONI, 2004).

As algas diatomáceas epilíticas, quando presentes em abundância nos ecossistemas aquáticos, respondem rapidamente às alterações das condições ambientais, podendo, desta forma, ser utilizadas como organismos bioindicadores de poluição orgânica e eutrofização da água. Este tipo de poluição ocorre de forma mais lenta e, na maioria das vezes, é percebido apenas quando o sistema aquático se encontra deteriorado. Evidencia-se que a poluição orgânica e a eutrofização da água são eventos cíclicos e correlacionados devido a sua complexidade e dinâmica essencialmente ecológica, em que o incremento de um leva ao agravamento do outro (LOBO, 2016).

Assim, por integrar efeitos antropogênicos e influências naturais, as respostas das diatomáceas como bioindicadores oferecem uma avaliação mais refinada da qualidade da

água do que propriamente as variáveis do ambiente avaliadas de forma isolada (LOBO, 2016).

Entretanto, os parâmetros físico-químicos e o monitoramento limnológico são uma importante ferramenta de apoio a gestão, não só da indústria, como também da sociedade, favorecendo a imediata tomada de decisões e no correto manejo das fontes hídricas e outros diversos recurso (ESTEVES; ROCHA, 2015).

## 2.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL A MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Dados de qualidade e monitoramento contínuo são peças fundamentais de ações efetivas para a manutenção e melhoria da qualidade das águas superficiais (PALANIAPPAN, 2013). Antes que se tenha um bom entendimento de quais contaminantes estão presentes na água e de como eles afetam o meio ambiente, não é possível aprimorar a qualidade da água.

A Resolução do CONAMA n° 274/2000, dispõe sobre os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Conforme o Art. 2, “As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria”. Quando em 80 % ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros, a água será considerada própria na categoria satisfatória

No ano de 2005, o enquadramento dos corpos de água, de acordo com suas classes foi reestruturado com o intuito de alcançar as condições adequadas de qualidade da água a ser utilizada nas mais diversas finalidades, a Resolução CONAMA n° 357/2005 a qual foi complementa e alterada pela Resolução CONAMA n° 430/2011 (BRASIL, 2005; 2011).

O enquadramento é um instrumento de planejamento, pois não se baseia apenas na classificação do estado atual de qualidade em um segmento do corpo d'água, mas estabelece a meta de qualidade de água a ser mantida ou alcançada, ou seja, a qualidade de água que o corpo hídrico deve manter ou que deveria apresentar e precisa ser alcançada para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade, de acordo com os usos pretendidos. O mesmo se aplica a qualquer corpo de água (reservatórios, lagos, estuários, águas costeiras, águas subterrâneas), não somente aos rios. Para que a proposta de enquadramento seja adequada ao estabelecido na legislação, é necessário prever metas intermediárias e progressivas até

que se alcance a meta final desejada. Assim, se pode prever metas para curto, médio e longo prazos (ANA,2020d).

A Resolução CONAMA n° 357/2005, apresentam as seguintes definições para monitoramento e parâmetros da qualidade da água:

XXV - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água.

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, as águas doces de Classes 1, 2, 3 deverão seguir padrões e condições descritos nesta Resolução. Na Tabela 1, encontram-se alguns dos valores norteados para águas superficiais.

Tabela 1 – Valores norteadores para águas superficiais.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 3</b>
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0.
Temperatura (°C)	-	-	-
Turbidez (UT)	< 40	< 100	< 100
OD (mg L <sup>-1</sup> )	> 6	> 5	-
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	< 3	< 5	10
DQO	-	-	-
Cor aparente (uH)	Cor natural	< 75	< 75
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> N)	10	10	10
Sólidos dissolvidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	500	-	500
Colifomes fecais (NPM 100 mL <sup>-1</sup> )	200	1000	B <sup>2</sup>
<i>Escherichia Coli</i>	-	-	-

Nota: (2) Classe 3: dessedentação de animais criados confinados (1.000 NPM 100 mL<sup>-1</sup>), recreação de contato secundário (2.500 NPM 100 mL<sup>-1</sup>), demais usos (4.000 NPM 100 mL<sup>-1</sup>).

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA n° 357/2011.

Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso preponderante. Os padrões de potabilidade são diferentes dos de balneabilidade, que por sua vez, são diferentes aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinada ao uso industrial. Assim o estabelecimento de uma classe de qualidade requer um conhecimento das condições físicas, químicas e biológicas de suas águas (SOUZA, 2014).

A Lei Estadual do Conselho Estadual do Meio Ambiente n° 355/2017, complementarmente as Resoluções do CONAMA sobre qualidade das águas superficiais, dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo o Art. 10 dessa resolução, “os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d’água superficiais, direta ou indiretamente, atendendo aos padrões de emissão” e de acordo com o Art. 17 da Resolução CONSEMA n° 355/2017, “para efluentes líquidos de fontes poluidoras, exceto efluentes líquidos sanitários, os parâmetros DBO<sub>5</sub>, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Coliformes Termotolerantes devem atender aos valores de concentração estabelecidos ou a eficiência mínima fixada, conforme as faixas de vazão”. Na Tabela 2, encontram-se alguns desses padrões de emissão.

Tabela 2 – Padrões de emissão de efluentes líquidos em águas superficiais.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>PADRÃO DE EMISSÃO</b>
pH	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	40 °C
Odor	Livre de odor desagradável
Cor aparente (uH)	Não deve conferir mudança de coloração ao corpo hídrico receptor
Sólidos sedimentáveis (mg L <sup>-1</sup> )	≤ 1,0 mL L <sup>-1</sup> em teste de 1h em Cone Imhoff
Fluoreto	10 mg L <sup>-1</sup>
Manganês total	1,0 mg L <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado da Resolução CONSEMA n° 355/2017.

Segundo o Art. 18 da Resolução CONSEMA n° 355/2017, expõem que podem ser estabelecidos critérios mais restritivos, pelo órgão ambiental competente, para fixação dos padrões de emissão constantes nesta norma em função das características físicas, químicas e biológicas; características hidrológicas; usos da água e enquadramento legal, desde que apresentada fundamentação técnica que os justifique (BRASIL, 2017).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho buscou avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos, bem como a biodiversidade e distribuição das diatomáceas epilíticas em corpos hídricos rurais de 6 municípios da Região das Missões - RS. Para a realização de análises físico-químicas e microbiológicas foi utilizada o Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Cerro Largo – RS. As análises de diatomáceas epilíticas foram realizadas na infraestrutura da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) *campus* Erechim - RS.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na Região das Missões, que integra a mesorregião Noroeste Rio-grandense do Rio Grande do Sul. Conforme a Associação de Municípios das Missões (AMM, 2020), a Região das Missões apresenta um total de 26 municípios, porém, neste estudo optou-se pela avaliação de 24% (6) dos municípios desta região, todos representativos de áreas rurais. A escolha dos 6 municípios ocorreu de forma aleatória, sendo eles, Guarani das Missões, Mato Queimado, Pirapó, São Miguel das Missões, Sete de Setembro e Ubiretama.

Os municípios deste estudo, apresentados na Tabela 3, perfazem um total de 2183,3 Km<sup>2</sup>, com uma população 24.512 habitantes e densidade populacional de 93,56 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2010). Os córregos e riachos de cada localidade estão apresentados na Figura 4, 5 e 6.

A economia da região está alicerçada, fundamentalmente, na exploração da agricultura e pecuária, apresentando marcante desenvolvimento face à expansão e mecanização das lavouras e fortalecimento das atividades industriais. Com um solo fértil e clima apropriado, obtém-se em destaque nestas regiões duas colheitas ao ano - trigo e soja - com excelentes índices de produtividade. As atividades pecuárias merecem também um destaque especial, com predominância para a criação de gado, destinado ao corte e reprodução (AMM, 2020).

As coletas para as análises físico-químicas, microbiológicas e diatomáceas epilíticas foram realizadas na estação da primavera nos dias 21 a 25 de outubro do ano de 2019 e a localização dos pontos de coletas e malha fluvial dos municípios em estudo estão apresentados na Figura 2 e na Figura 3, respectivamente.

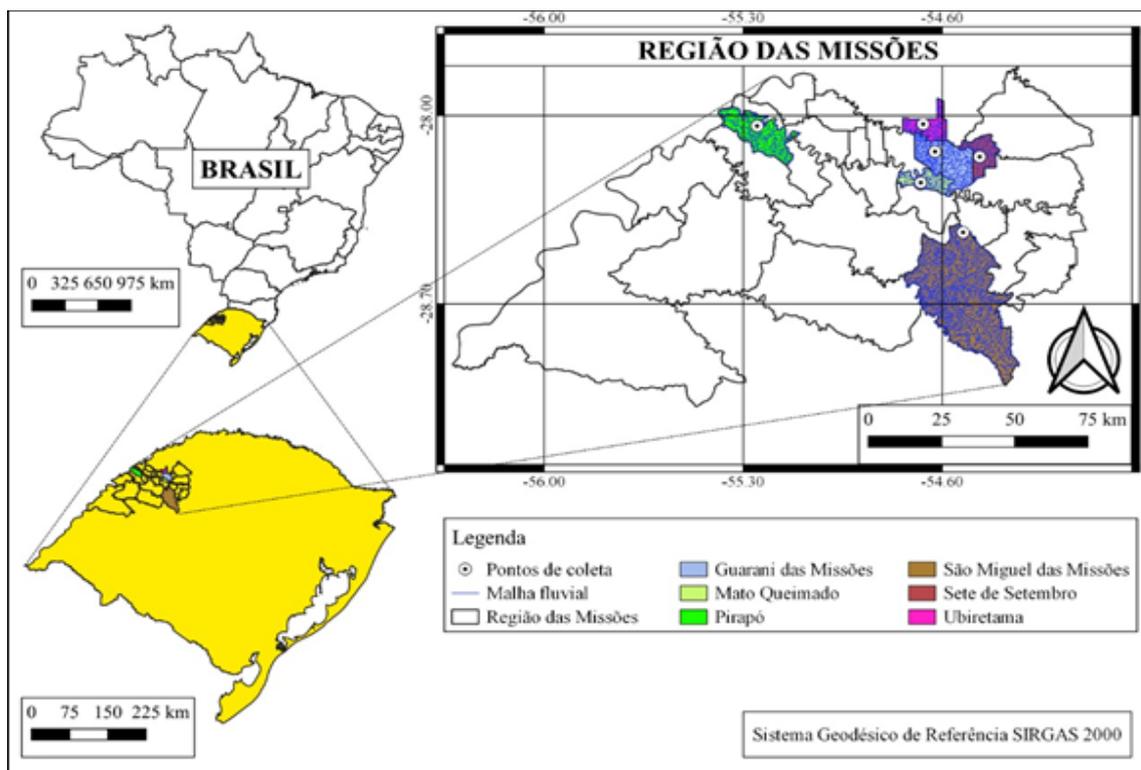
Tabela 3 – Localidade e especificação dos pontos de coleta.

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	CÓRREGO/ RIACHO
Guarani das Missões	Linha Harmonia	Córrego <sup>(1)</sup>
Mato Queimado	Rondinha	Riacho <sup>(2)</sup>
Pirapó	Linha Campina	Córrego <sup>(1)</sup>
São Miguel das Missões	Localidade de Serra São José	Córrego <sup>(1)</sup>
Sete de Setembro	Linha Barreira	Córrego <sup>(1)</sup>
Ubiretama	Linha Silva Jardim	Córrego <sup>(1)</sup>

Nota: (01) É um curso de água que pode desaguar em outro córrego, em um rio ou em um lago; (02). Curso de água natural, afluente de um curso maior (RIBEIRO, 2020).

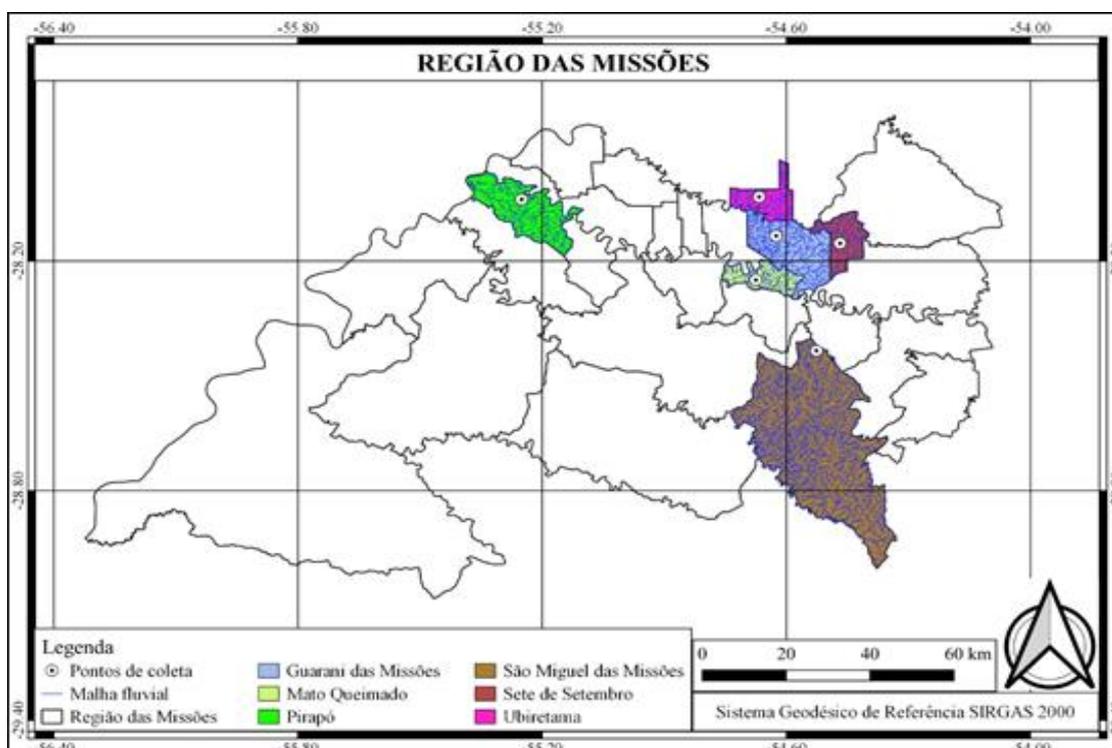
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 2 – Mapa da localização da Região das Missões e os pontos de coletas dos municípios em estudo.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 3 – Mapa de localização da Região das Missões com a malha fluvial dos municípios em estudo.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 4 – Córregos de captação de água superficial localizados nos municípios de Guarani das Missões e Mato Queimado.



Nota: (A) município de Guarani das Missões; (B) município de Mato Queimado.  
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 5 – Córregos de captação de água superficial localizados nos municípios de Pirapó e São Miguel das Missões.



Nota: (A) município de Pirapó; (B) município de São Miguel das Missões.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020

Figura 6 – Córrego e rio de captação de água superficial localizados nos municípios de Sete de Setembro e Ubiretama.



Nota: (A) município de Sete de Setembro; (B) município de Ubiretama.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Não foi possível encontrar informações específicas sobre a classificação para estes córregos/riacho de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela Resolução CONSEMA nº 355/2017 e estabelecer uma comparação dos resultados.

Para fins de apresentação de resultados, cada município da Região das Missões – RS, foi substituído por números de forma aleatória e cada número, de 1 a 6, corresponde a um corpo hídrico superficial, conforme apresentado no Apêndice A.

Em virtude da Pandemia COVID-19, não foi possível realizar o monitoramento bianual das águas superficiais dos 6 municípios da Região das Missões – RS, devido a isto, utilizou-se neste estudo somente os dados coletados previamente a março de 2020.

### 3.4 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

No Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da UFFS, *campus* Cerro Largo – RS, realizou-se as análises físico-químicas e microbiológicas da água correspondentes aos 6 córregos/riachos dos 6 municípios da Região da Missões - RS. Os parâmetros analisados foram: absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm), cor aparente (uH), nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$  N), sólidos sedimentáveis ( $\text{mg L}^{-1}$ ), turbidez (UT), coliformes totais (presença/ausência) e *Escherichia coli* (presença/ausência).

Os parâmetros analisados *in situ*, com a utilização da sonda multiparâmetro YSI Professional Plus, tais como pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). Para análise destes parâmetros, coletava-se o volume de 1 L de água em um béquer higienizado para assim realizar a leitura com a sonda multiparâmetro. Para os demais parâmetros, analisados *ex situ*, o procedimento consistiu na coleta de 1 L de água em um frasco de vidro âmbar, as quais foram armazenadas e refrigeradas em caixas térmicas a  $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  até sua análise, a qual ocorreu sequencialmente a coleta. Para as análises microbiológicas, coletou-se 100 mL da água em frasco específico, igualmente aos parâmetros físico-químicos foram armazenadas e refrigeradas até sua análise.

No momento da coleta evitou-se a movimentação do fundo do córrego/riacho para que assim não se desprendesse sedimentos. As amostras de água foram coletadas cerca de 20 a 30 cm abaixo da lâmina d'água, garantindo que sólidos da superfície não fossem coletados, assim foi evitado coletar nas margens de córregos e riacho.

Para realização das análises *in situ* e *ex situ* foram seguidas as metodologias estabelecidas pela *American Public Health Association* (APHA, 2005), bem como os equipamentos descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Equipamentos e referência metodológica utilizada para análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

<b>Parâmetros</b>	<b>Referência metodológica</b>	<b>Equipamento</b>
Absorvância ( $\lambda$ -254 nm)	5910 B APHA <sup>(2)</sup> (2005)	Espectrofotometro Thermo Scientific - Evolution 201
Coliformes totais (P/N) <sup>(1)</sup>	SM 9221 C APHA (2005)	Kit COLItest®
Condutividade elétrica (uS cm <sup>-1</sup> )	2510 B APHA (2005)	Sonda multiparâmetro YSI Professional Plus
Cor aparente (uH)	2120 B APHA (2005)	Colorímetro Del Lab DLA-COR
Escherichia coli (P/N)	SM 9221 F APHA (2005)	Kit COLItest®
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	FRIES; GETROST, 1977	Espectrofotometro Thermo Scientific - Evolution 201
Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	4500 G APHA (2005)	Sonda multiparâmetro YSI Professional Plus
Ph	4500 B APHA (2005)	Sonda multiparâmetro YSI Professional Plus
Sólidos sedimentáveis (mL L <sup>-1</sup> )	2540 F APHA (2005)	Cone de Imhoff
Temperatura (°C)	2550 B APHA (2005)	Sonda multiparâmetro YSI Professional Plus
Turbidez (uT)	2130 B APHA (2005)	Turbidímetro PoliControl AP 2000

Nota: (1) Presença/ausência em 100 mL; (2) American Public Health Association, 2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

### 3.2 COLETA E DETERMINAÇÃO DAS ESPÉCIES ABUNDANTES E DOMINANTES DAS DIATOMÁCEAS EPILÍTICAS

Realizou-se a coleta de amostras de diatomáceas epilíticas na estação da primavera nos dias 21 a 25 de outubro do ano de 2019, em 6 municípios da Região das Missões – RS.

O procedimento da coleta, conforme apresentado na Figura 7, consistiu em substratos naturais, nos quais foram realizadas raspagem das rochas em uma área correspondente a 5 × 5 cm e que estavam submersas na água a uma profundidade de 10 a 30 cm. Em cada local de amostragem, três pedras foram raspadas e lavadas com água destilada sendo armazenada em uma bandeja. Após o término da raspagem, foi passado a amostra da bandeja para um frasco de vidro aproximadamente 250 mL, formando uma amostra composta fixada com formaldeído 4 %.

Figura 7 – Procedimento de coleta do substrato (rocha) para remoção de algas diatomáceas epilíticas.



Nota: (A) escolha da rocha para remoção de algas diatomáceas epilíticas; (B e C) Raspagem do substrato (rocha) para a retirada de algas diatomáceas e lavagem do substrato com água destilada; (D) Recolhimento e armazenamento da amostra em frasco de coleta.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020

No laboratório da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), o material foi fervido com água oxigenada PA por aproximadamente 2 horas e posteriormente acrescentado 2 mL de ácido nítrico concentrado, e fervido mais 1 hora. Após, a fervura o material foi decantado e foram realizadas seis lavagens com água destilada. Cada lavagem o material era decantado e esperava-se 24 horas para descartar o sobrenadante. Para a montagem da lâmina permanente (Figura 8) foi depositado uma alíquota (2-3 mL) da amostra oxidada sobre a lamínula, tendo sido fixada sobre a lâmina com a resina Naphrax®,



$$FC = \frac{N_0 \times V_0 \times V_{amostra}}{N_1 \times V_1 \times A_0} \quad \text{Equação 1.}$$

Em que: FC: Fator de conversão;  $N_0$ : Total do número de transectos sobre a lamínula;  $V_0$ : Volume da subamostra (40mL) utilizada para a oxidação;  $V_{amostra}$ : Volume da amostra original, proveniente da raspagem de rocha;  $N_1$ : Número de transectos contados na lamínula;  $V_1$ : Volume da amostra oxidado utilizado para cobrir a lamínula (1 mL);  $A_0$ : Área da rocha a partir da qual a amostra foi tomada (2500 mm<sup>2</sup>).

Após calculado o fator de conversão este foi multiplicado pelo número de indivíduos de cada espécie, sendo os resultados expressos em número de valvas por cm<sup>2</sup>.

Nos resultados deste estudo foram trabalhados com os percentuais da abundância relativa. Para a identificação dos táxons ao nível específico e infraespecífico, as diatomáceas epilíticas foram observadas em microscópio ótico binocular, com aumento de 1.000 vezes.

Para a determinação das espécies dominantes e abundantes foi seguido o critério de LOBO & LEIGHTON (1986), sendo consideradas dominantes as espécies cujas densidades atingiram valores acima de 50% da densidade total da amostra e espécies abundantes aquelas cujas densidades superaram a densidade média das diferentes espécies em cada amostra.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste item estão apresentados os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas, bem como as espécies abundantes e dominantes das diatomáceas epilíticas em corpos hídricos superficiais de 6 municípios localizados na Região das Missões – RS. Estes resultados foram comparados com as principais legislações e com informações relacionadas na literatura.

### **4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**

Resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas superficiais dos municípios em estudo, para estação da primavera, Região das Missões – RS, outubro 2019, estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água doce superficial em 6 municípios da Região das Missões, RS.

<b>Município</b>	<b>pH</b>	<b>C<sup>(B)</sup></b>	<b>T<sup>(C)</sup></b>	<b>OD</b>	<b>CT</b>	<b>E. Coli</b>	<b>Cor</b>	<b>SS</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Absorvancia UV (<math>\lambda</math>-254nm)</b>	<b>Turbidez<sup>(I)</sup> (*)</b>
1	7,55	24,80	16,90	8,20	+	+	4	0,10	0,68	0,102	10,30
2	7,05	23,00	21,10	5,40	+	+	15	0,01	2,77	0,111	15,10
3	8,05	23,20	18,20	12,50	+	+	55	0,01	0,11	0,568	39,90
4	7,78	16,70	17,50	10,10	+	+	55	0,01	0,45	0,201	25,40
5	7,28	26,10	19,30	6,4	+	+	2	0,01	0,74	0,042	5,730
6	7,63	26,00	20,40	8,20	+	+	2	0,01	0,69	0,142	19,00

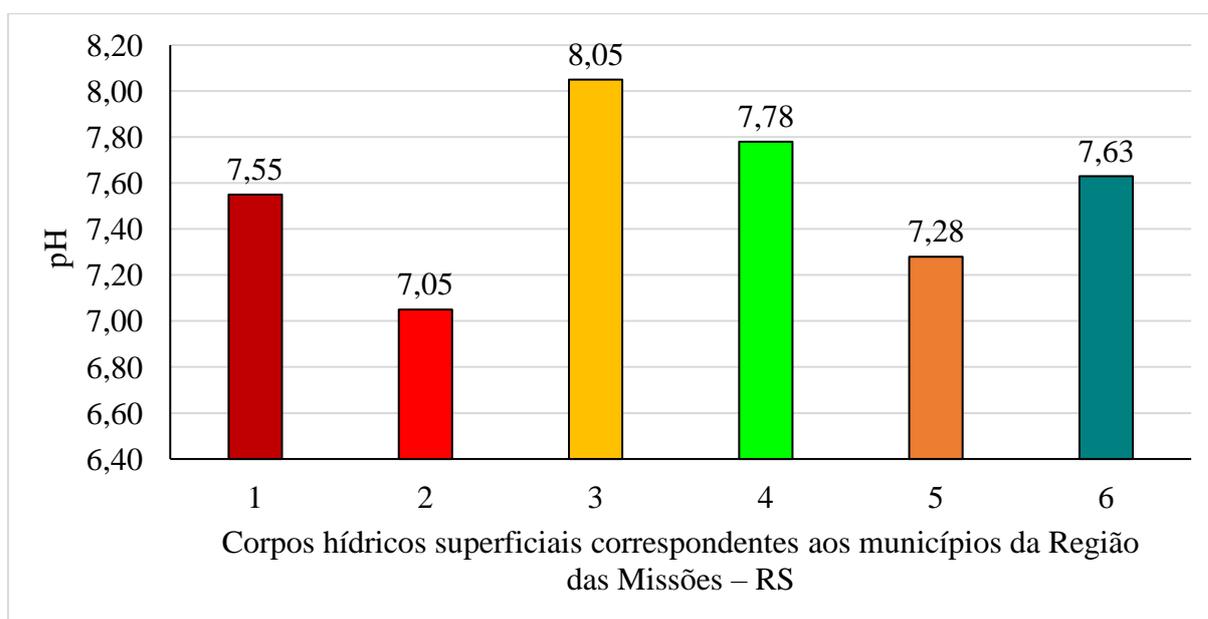
Nota: (A) potencial hidrogeniônico; (B) Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ); (C) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ); (D) Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ); (E) Coliformes totais (presença/ausência); (F) Cor (uH); (G) Sólidos sedimentáveis ( $\text{mL L}^{-1}$ ); (H) Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ); (I) Turbidez (uT).

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

#### 4.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os resultados do pH nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 9. Corpos hídricos superficiais correspondentes aos municípios da Região das Missões – RS.

Figura 9 – Resultados do pH nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Constata-se conforme apresentado, que o pH está em consonância com o descrito na Resolução CONAMA nº 357/2005 do CONAMA e a Resolução CONSEMA nº 355/2017, uma vez que, para este parâmetro, o valor pode oscilar entre 6 – 9 para águas doces.

Observa-se que a oscilação nos valores de pH, entre 7,05 e 8,05, o valor menor referente ao município 2 e o valor maior referente ao município 3. Assim, tendo uma média de valores de pH em todos os municípios de 7,55. Tais resultados inferiram valores próximo da neutralidade e, segundo a ANA (2020c), valores de pH afastados da neutralidade podem afetar os microrganismos responsáveis pela degradação biológica e pela manutenção da vida aquática, em virtude dos efeitos que o pH exerce sobre os organismos aquáticos.

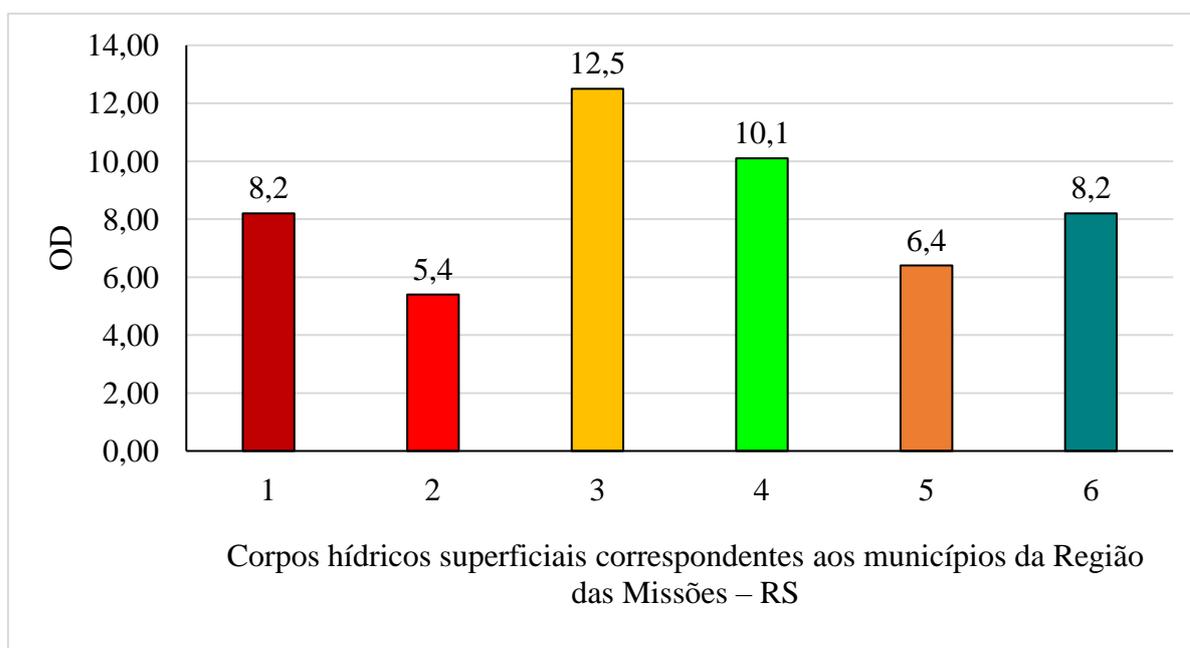
Segundo Libânio (2010), as águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo adequado à manutenção da vida aquática. As alterações podendo ser decorrentes da atividade algal – fotossíntese e respiração –, da dissolução de rochas e do lançamento de

despejos domésticos e industriais. De acordo com Funasa (2014) para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se, geralmente, na faixa de 6 a 9.

#### 4.1.2 Oxigênio dissolvido

Na Figura 10, se identifica variabilidades da concentração de OD, comparando os ambientes lóticos dos municípios. As concentrações oscilaram entre 5,40 e 12,50 mg L<sup>-1</sup>, e a média de OD levando em consideração todos os pontos foi de 8,47 mg L<sup>-1</sup>.

Figura 10 – Resultados do OD nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 10, na comparação dos resultados com a Resolução CONAMA n° 430/2011 onde na referida portaria são apresentados VMP, trata OD nas classes 1 e na classe 2 sendo o VMP inferior a 6 mg L<sup>-1</sup> e a inferior a 5 mg L<sup>-1</sup>.

No entanto, nota-se que nos municípios 2 e 5 apresentaram valores próximos ao limite estipulado pela resolução, e segundo Nogueira (2015), valores próximos ao mínimo estabelecido na legislação, provavelmente ocorre em virtude do acúmulo de matéria orgânica oriunda dos lançamentos a montante despejados ao longo do curso d'água, que não foram completamente neutralizados durante o processo de autodepuração devido, dentre outros fatores, a baixa velocidade das águas no entorno, o que pode ter dificultado a autodepuração da

matéria orgânica despejada.

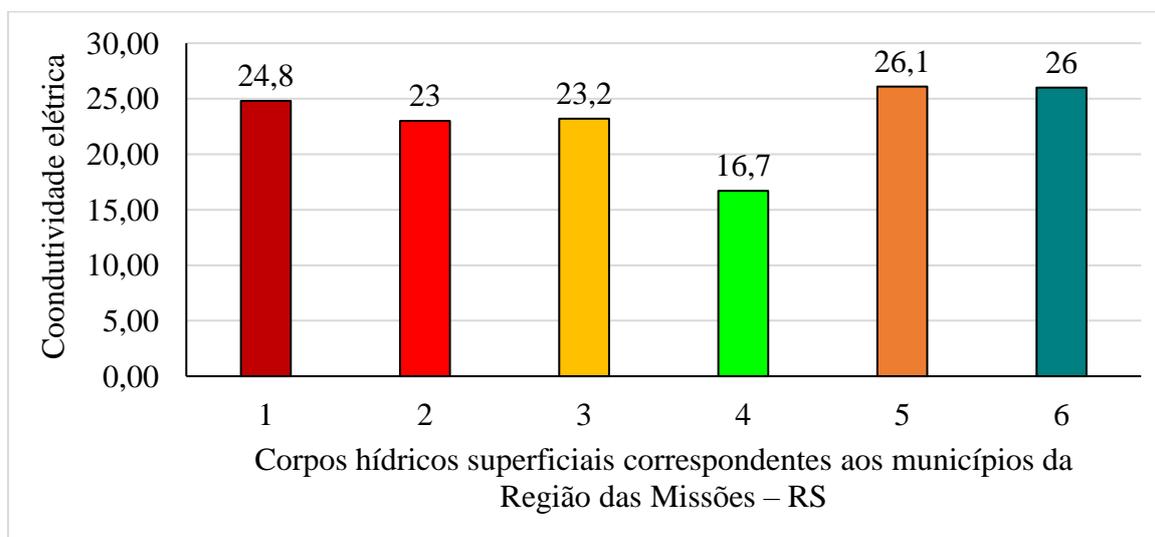
De acordo com Funasa (2014), o OD trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático. É sabido que a dissolução de gases na água sofre a influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade), entretanto para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de  $2 \text{ mg L}^{-1}$  a  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , tais valores podem variar de acordo com as exigências de cada organismo.

Segundo Pivelli (2015), valores altos de oxigênio dissolvido podem estar relacionados a fotossíntese de algas. Este fenômeno ocorre em maior extensão em águas poluídas ou, mais propriamente, em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo que são utilizados como nutrientes pelas algas. No entanto, uma água eutrofizadas pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , mesmo em temperaturas superiores a  $20 \text{ °C}$ , caracterizando uma situação de supersaturação.

#### 4.1.3 Condutividade elétrica

Os resultados de condutividade elétrica nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 11.

Figura 11 – Resultados da condutividade elétrica nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Verificou-se de acordo com os resultados apresentados a Figura 11 que, a condutividade elétrica variou de 16,70 – 26,10  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Assim, tendo uma média de valores de condutividade elétrica em todos os municípios de 23,30  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

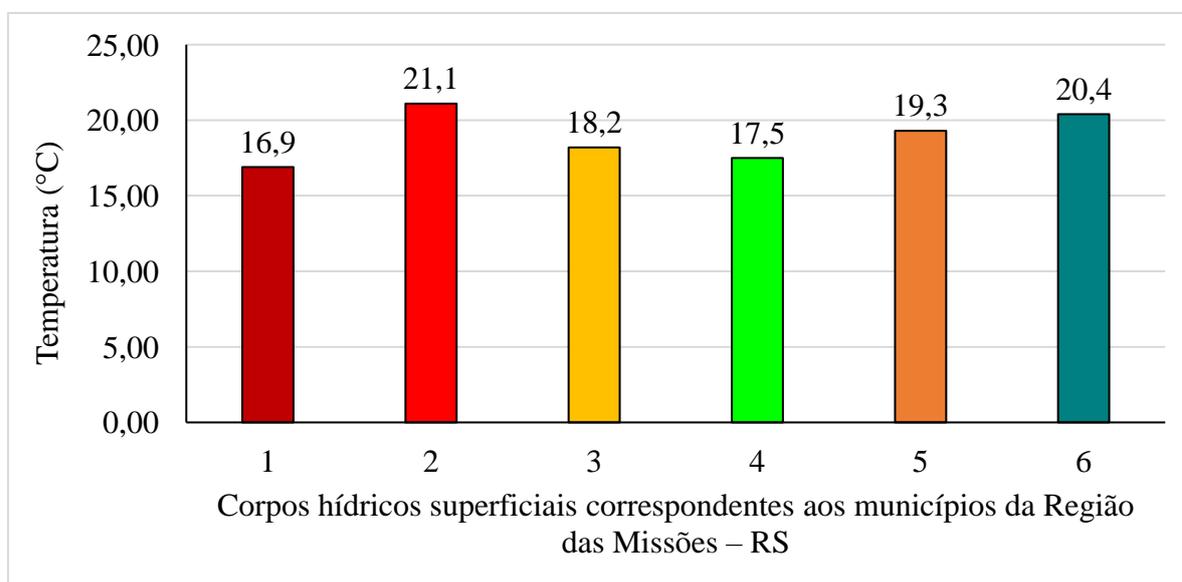
A condutividade elétrica não tem VMP considerado pela Resolução CONAMA n° 357/2005, porém para Funasa (2014), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . No presente trabalho foram encontradas condutividade elétrica abaixo de 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , no entanto por apresentar valores superiores a 10  $\text{mg L}^{-1}$  indica-se possível poluição destes ambientes

Normalmente, de acordo com a CETESB (2009), a condutividade elétrica está associada com a precipitação pluviométrica e com a temperatura. Ela se torna maior com o aumento da temperatura e menos precipitação. Porém, o carreamento orgânico e inorgânico também pode estar relacionado, principalmente a resíduos de bovinos, dejetos oriundos da zona rural ou aplicação de fertilizantes.

#### 4.1.4 Temperatura

Os resultados da temperatura nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 12.

Figura 12 – Resultados da temperatura águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Verificou-se de acordo com os resultados apresentados a Figura 12 que, a temperatura variou entre 16,90 – 23,20 °C. Assim, tendo uma média de valores de temperatura em todos os municípios de 18,75 °C. Segundo ANA (2020c), a temperatura das águas superficiais varia com a localização geográfica e as condições climáticas. É um importante fator ecológico, tanto pela influência direta que pode exercer sobre os vários tipos de organismos como pela relação existente com o teor de gases dissolvidos.

Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20 °C a 30 °C. Entretanto, em regiões mais frias, como na Região Sul do país, a temperatura da água em períodos de inverno pode baixar a valores entre 5 °C e 15 °C, atingindo, em alguns casos, até o ponto de congelamento (FUNASA, 2014).

Segundo Fernandes (2016), valores elevados da temperatura causa a aceleração no metabolismo dos microrganismos, que por sua vez, aumenta a velocidade do processo de estabilização da matéria orgânica. Entretanto, a elevação da temperatura também influencia o teor de oxigênio dissolvido, uma vez que quanto maior a temperatura, menor a concentração de oxigênio dissolvido existente em água. Também, o aumento da temperatura reduz a viscosidade da água, aumentando a velocidade de sedimentação do material inorgânico com densidade superior à da água.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 não estabelece critérios e valores em relação à temperatura de uma água superficial, a Resolução CONSEMA n° 355/2017 apresenta padrão de emissão de efluente nas águas superficiais para o parâmetro temperatura até 40 °C. Segundo Nogueira et al. (2015), a mesma pode ser analisada junto com outros parâmetros, tais como OD que, quando saturados em meio aquático são volatilizados para a atmosfera, e podem influenciar as reações desse meio.

#### **4.1.5 Coliformes totais e *Escherichia coli***

Foi possível verificar a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100 % dos córregos/riacho localizados em área rural dos municípios em estudo.

O grupo dos coliformes inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, água e plantas. Além disso, principalmente em climas tropicais, os coliformes apresentam a capacidade de multiplicarem-se na água (ANA, 2020c). A origem dos coliformes totais em águas superficiais está relacionada especialmente a aplicação de dejetos de animais de criação em plantações, através de sistemas incompletos de tratamento de

esgotos, vazamentos de fossas sépticas, matéria orgânica de lodo proveniente de esgotos sem tratamento, e de fezes de animais de estimação, silvestres e selvagens (MATTHIENSEN, 2014).

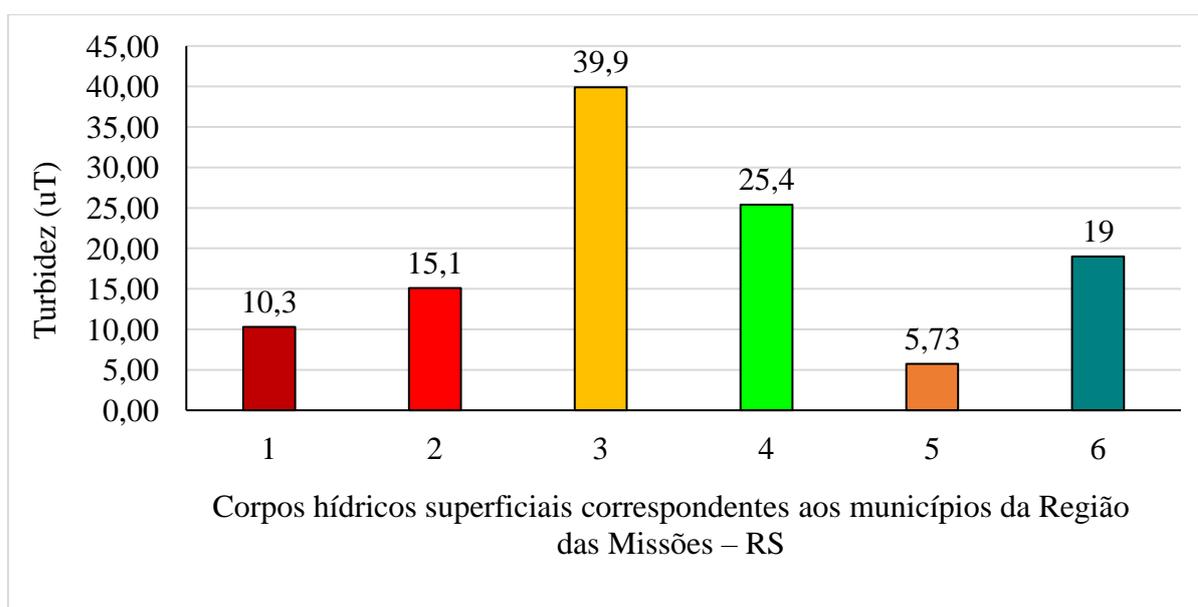
De acordo com a Resolução CONAMA nº 274/2000, deve ocorrer ausência de coliforme fecais e *Escherichia coli* nas águas superficiais. Porém, não foram realizadas análises quantitativas, apenas qualitativas, portanto, não foi possível estabelecer relação de comparação entre os resultados obtidos para coliformes totais e a legislação.

Batista e Fucks (2012) realizaram avaliação microbiológica da água do Arroio Pessegueirinho no município de Santa Rosa, noroeste do estado do Rio Grande do Sul, observaram que o Arroio tem a qualidade de suas águas comprometida, por apresentar valores acima do permitido da legislação. Na nascente do rio encontrou-se um crescimento de *E. coli* menor que nos demais cursos do rio pelo fato de nela possuir uma mata ciliar junto ao rio, que auxilia na proteção do mesmo e também por não possuir uma quantidade grande de casas na beira do mesmo.

#### 4.1.6 Turbidez

Os resultados da turbidez nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Resultados da turbidez nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Verificou-se de acordo com os resultados apresentados a Figura 13 que, a turbidez variou de 10,30 – 39,90 uT nos 06 corpos hídricos rurais analisados, apresentando ainda, valor média de 17,05 uT.

Segundo Libânio (2010), a turbidez natural das águas superficiais está geralmente compreendida na faixa de 3 a 500 uT. Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez tende de ser bastante baixa, com muita frequência inferior a 10 uT.

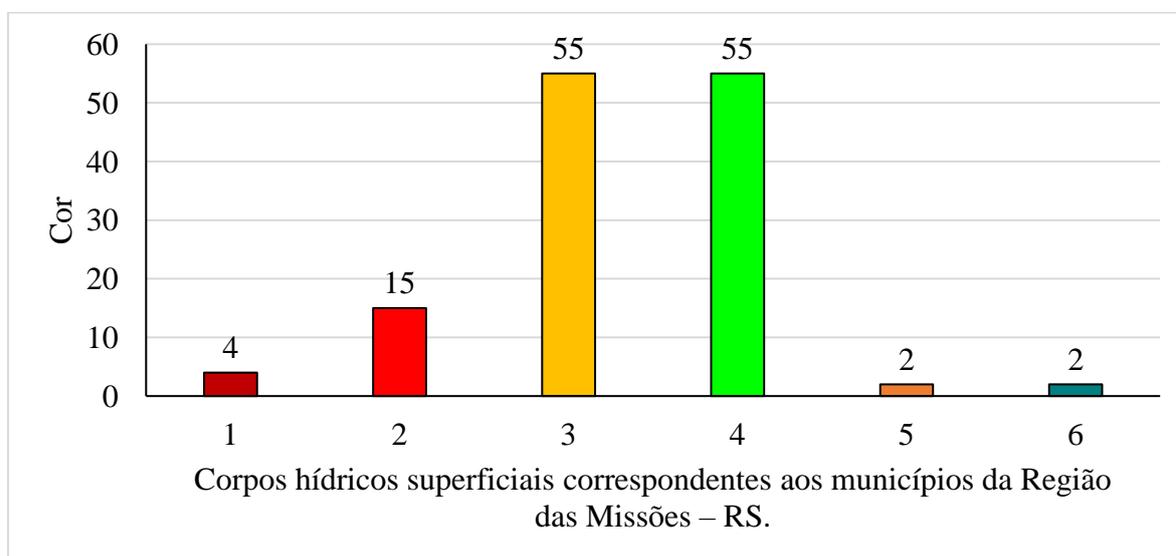
A Resolução CONAMA nº 357/2005, recomenda que para a classe 1 seja até 40 uT e para classe 2 e 3 recomenda-se até 100 uT.

De acordo com Nogueira et al. (2015), a turbidez em águas é causada geralmente pela presença de partículas em suspensão e coloides, derivadas de argila, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. Treméa (2017), realizou a avaliação preliminar da qualidade da água na bacia de captação de água de abastecimento da cidade de Erechim – RS, que pôde afirmar que os níveis de turbidez para os três pontos analisados durante o período amostral se mantiveram de acordo com a legislação que estabelece um limite máximo para corpos hídricos de Classe 1.

#### 4.1.7 Cor aparente

Os resultados da cor nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 14.

Figura 14 – Resultados da cor aparente nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.



Verificou-se de acordo com os resultados apresentados a Figura 14 que, a cor variou de 2 – 55 uH nos corpos hídricos rurais analisados, apresentando ainda, valor média de 9,5 uH. De acordo com Funasa (2014), as águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 unidades (FUNASA, 2014).

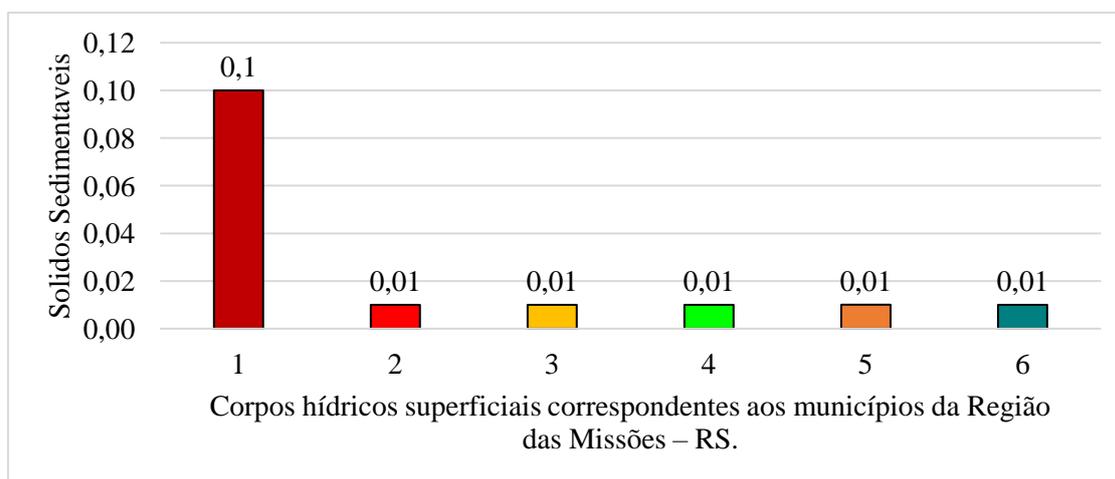
A Resolução CONAMA nº 357/2005, apresenta o VMP para o parâmetro cor aparente sendo para a classe 1 cor natural, para classe 2 e 3 inferiores a 75 uH, e assim, observou que todos os córregos estão em conformidade com a legislação. De acordo com a Resolução CONSEMA nº 355/2017, o padrão de cor aparente de emissão de efluentes líquidos para águas superficiais não deve conferir mudança de coloração ao corpo hídrico receptor.

Segundo ANA (2020c), existem uma grande variedade de cores, que vão desde o azul até o vermelho, dependendo das substâncias químicas dissolvidas na água, das suspensas, ou do tipo de plâncton nela existente, podendo ser as algas azuis onde dão uma cor esverdeada à água, e as diatomáceas uma cor amarelada ou parda amarelada; lagos em regiões com rocha cálcica apresentam cor esverdeada; e lagos em regiões com rochas férricas, tem uma cor amarronzada. A cor aparente se deve ao resultado da ação da luz sobre os materiais particulados suspensos, junto com outros fatores como o tipo de fundo ou reflexos do céu.

#### 4.1.8 Sólidos sedimentáveis

Os resultados de sólidos sedimentáveis nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Resultados dos sólidos sedimentáveis nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Verificou-se de acordo com os resultados apresentados a Figura 15 que, os sólidos sedimentáveis teve valores inferiores a  $0,1 \text{ mL L}^{-1}$  nos corpos hídricos analisados, apresentando ainda, valor média de  $0,01 \text{ mL L}^{-1}$ .

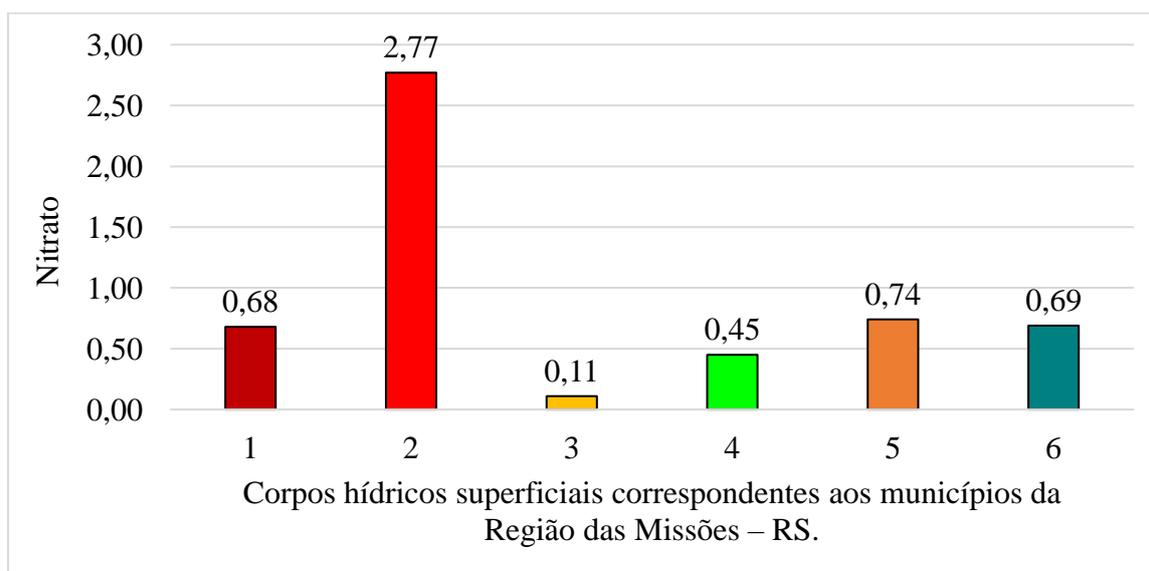
Sólidos sedimentáveis não é um parâmetro das águas superficiais considerado pela Resolução CONAMA n° 357/2005. De acordo com a Resolução CONSEMA n° 355/2017, sólidos sedimentáveis é um padrão de emissão de efluentes líquidos em águas superficiais não podendo ser superior a  $1 \text{ mL L}^{-1}$ , assim nesse estudo mostraram que está em conformidade com a legislação.

Segundo Freitas (2015), é muito importante que seja realizada a determinação das concentrações de sólidos para classificar a qualidade das águas, uma vez que os sólidos interferem diretamente nos níveis de turbidez e no aparecimento da coloração da água.

#### 4.1.9 Nitrato

Os resultados da concentração de nitrato nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 16.

Figura 16 – Resultados da concentração de nitrato nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Verificou-se de acordo com os resultados apresentados a Figura 16 que, a concentração de nitrato variou de  $0,68 - 2,77 \text{ mg L}^{-1}$  nos corpos hídricos rurais analisados, apresentando ainda, valor média de  $0,69 \text{ mg L}^{-1}$ .

O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixos teores nas águas superficiais, mas podendo atingir altas concentrações em águas profundas (ALABURDA; NISHIHARA, 1998). Sua presença em águas naturais acontece devido a decomposição de rochas, através de locais de drenagem e pela deterioração de matéria orgânica (CONDO, 2016).

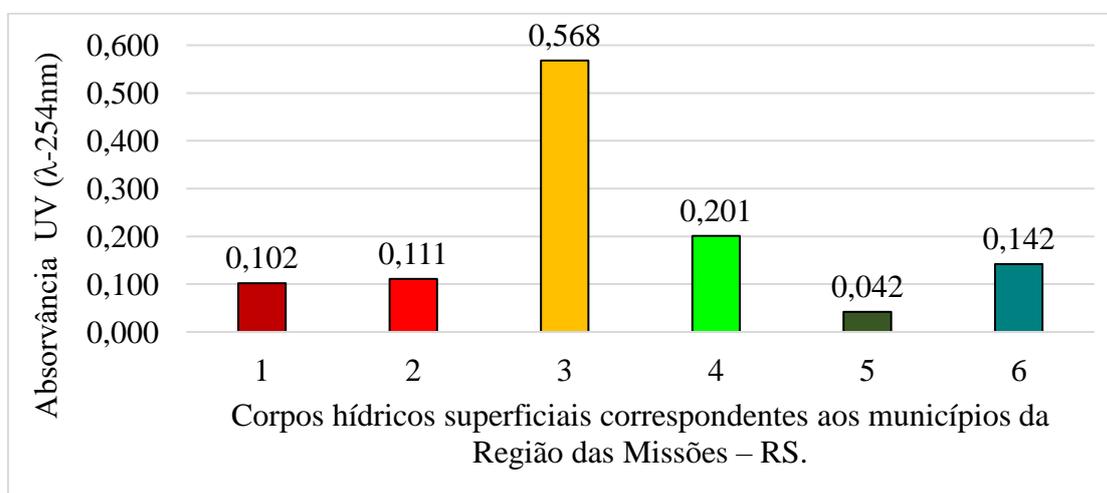
De acordo com a Resolução CONAMA n° 430/2011, a qual complementa e altera a Resolução CONAMA n° 357/2005, o VMP para a concentração de nitrato é de  $10 \text{ mg L}^{-1}$ . Nesse sentido, os valores relacionados ao nitrato nas águas superficiais rurais dos municípios analisados da Região das Missões – RS estavam em concordância com a legislação em 100% das amostras.

Balem (2018), em seu estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Lajeado Ipiranga no município de Campinas do Sul - RS através do Índice de Qualidade da Água, que pode perceber, analisando os valores obtidos em todas as coletas realizadas, que os valores de nitrato encontrados não foram satisfatórios, onde apresentaram valores elevados para este parâmetro, alguns quase 5 vezes maiores do que o limite máximo estabelecido pela legislação.

#### 4.1.10 Absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm)

Os resultados da concentração de absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm) nas águas superficiais em ambientes lóticos dos municípios em estudo são apresentados na Figura 17.

Figura 17 – Resultado da absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm) nas águas superficiais dos municípios da Região das Missões/RS, outubro 2019.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Verificou-se de acordo com os resultados apresentados a Figura 17 que, a absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm) variou de 0,042 – 0,568 mg L<sup>-1</sup> nos corpos hídricos, apresentando ainda, valor média de 0,127 mg L<sup>-1</sup>. Estes valores de absorvância podem estar relacionados principalmente a presença de matéria orgânica nos corpos d'água (subterrâneos e superficiais), mas também vem sendo utilizado como possível substituto para medida de matéria orgânica dissolvida (MOD), apesar desta representar apenas compostos aromáticos. A MOD ocorre naturalmente em águas naturais, ela é capaz de transportar contaminantes tóxicos e metais e ainda contribuir para a formação de biofilmes na rede de distribuição de água, cuja presença promove cor, sabor e odor (MATILAINEN et al., 2011).

Não é possível estabelecer uma comparação da absorvância UV ( $\lambda$  - 254 nm) nas amostras analisadas com a Resolução CONAMA n° 357/2005 e a Resolução CONSEMA n° 357/2017, devido ao fato de não estabelecer valores e padrão de emissão a este parâmetro.

#### 4.2 ESPÉCIES ABUNDANTES E DOMINANTES DAS DIATOMÁCEAS EPILÍTICAS

Os resultados da composição taxonômica e diversidade das diatomáceas epilíticas, nas águas superficiais dos municípios em estudo, para estação da primavera, Região das Missões – RS, estão expressos das Tabelas 6 a 11.

#### 4.2.1 Município 1

Os resultados da composição taxonômica e diversidade das diatomáceas epilíticas, nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 1 em estudo são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas nas águas superficiais do Município 1 da Região das Missões/RS.

<i>Espécies de Diatomáceas</i>	<b>Número</b>	<b>Percentual (%)</b>
<i>Achnanthes inflata</i>	1	0,23
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	1	0,23
<i>Adlafia drouetiana</i>	2	0,46
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	<b>279</b>	<b>64,29</b>
<i>Amphipleura pllucida</i>	4	0,92
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	19	4,38
<i>Cymbella lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	2	0,46
<i>Diploneis subovalis</i>	1	0,23
<i>Encyonema minutum</i>	3	0,69
<i>Encyonema neomesianum</i>	12	2,76
<i>F. crasinervia</i>	8	1,84
<i>Gomphonema clevei</i>	1	0,23
<i>Gomphonema lanceolatum</i>	2	0,46
<i>Gomphonema mexicanum</i>	2	0,46
<i>Gomphonema parvulum</i>	1	0,23
<i>Gomphonema</i> sp.	1	0,23%
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	4	0,92
<i>Gleissleria aikenensis</i>	3	0,69
<i>Hantzschia abundans</i>	1	0,23
<i>Luticula goeppertiana</i>	1	0,23
<i>Luticula</i> cf. <i>daphaloides</i>	36	8,29
<i>Navicula cincta</i>	1	0,23
<i>Navicula cryptocephala</i>	1	0,23
<i>Navicula cryptotenella</i>	1	0,23
<i>Navicula rostellata</i>	1	0,23
<i>Nitzschia amphibia</i>	2	0,46
<i>Nitzschia palea</i>	1	0,23
<i>Nupella praecipua</i>	2	0,46
<i>Pinnularia parvulissima</i>	5	1,15
<i>Pinnularia transversa</i>	2	0,46
<i>Stauroneis brasiliensis</i>	1	0,23
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	1	0,23
<i>Surirella angusta</i>	16	3,69
<i>Surirella guatimalensis</i>	2	0,46
<i>Surirrella splendida</i>	2	0,46
<i>Ulnaria ulna</i>	12	2,76

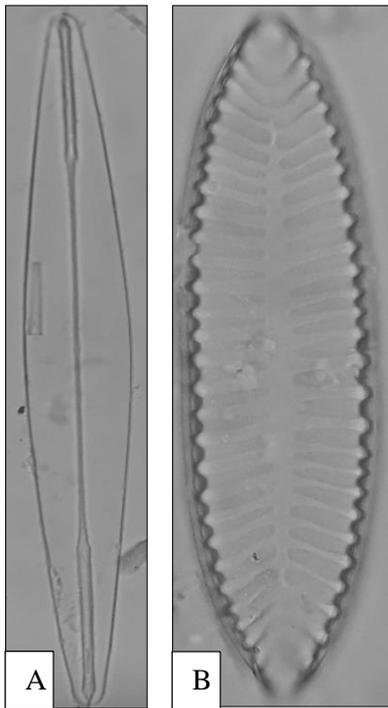
Total de espécies	36	
<b>Total de indivíduos contados:</b>	434	100
<b>Espécies abundantes acima de:</b>	12	
<b>Espécies dominantes acima de 50%</b>	217	

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

De acordo com a Tabela 6, o município 1 apresentou um total de 36 espécies de diatomáceas epilíticas, sendo no total contadas 434 indivíduos.

As espécies abundantes apresentaram neste município mais de 12 espécies, correspondendo a presença de *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (19 indivíduos; 4,38 %), *Luticula* cf. *daphaloides* (36 indivíduos; 8,29 %), *Surirella angusta* (16 indivíduos; 3,69 %), *Ulnaria ulna* (12 indivíduos; 2,76 %). Quanto as espécies dominantes ocorreram neste município a espécie *Amphipleura lindheimeri* (279 indivíduos; 64,29 %) representado na Figura 18.

Figura 18 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 1.



Nota: (A) *Amphipleura lindheimeri*; (B) *Surirella angusta*.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Heinrich et al. (2014), realizou estudo sobre diatomáceas epilíticas em áreas de nascente da sub-bacia hidrográfica do Arroio Andreas, RS, Brasil, e sua relação com processos de eutrofização, os resultados indicaram a ocorrência de 243 táxons, distribuídos em 53 gêneros. Destes 59 foram considerados abundantes, sete espécies apresentaram elevados níveis de tolerância a orgânicos poluição e eutrofização, entre elas destacaram-se a *Adlafia drouetiana*, *Amphipleura*

*lindhermeri*, *Fallacia monocultada*, *Navicula cryptonella*, *Navicula symmetrica*, *Nitzschiapalea* e *Sellaphora auldreekie*.

Das espécies dominantes a *Amphipleura lindheimeri* tem média tolerância a ambientes eutrofizados, conforme descrito por Lobo et al. (2004). Portanto a presença destes organismos dominantes corrobora com os resultados os parâmetros físico-químicos, os quais indicam alta concentração de OD e baixa concentração de Nitrato ( $0,68 \text{ mg L}^{-1}$ ) e de absorvância UV  $\lambda$ -254 nm (0,102 u.a).

#### 4.2.2 Município 2

Os resultados da composição taxonômica e diversidade das diatomáceas epilíticas, nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 2 em estudo são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas. nas águas superficiais do Município 2 da Região das Missões/RS.

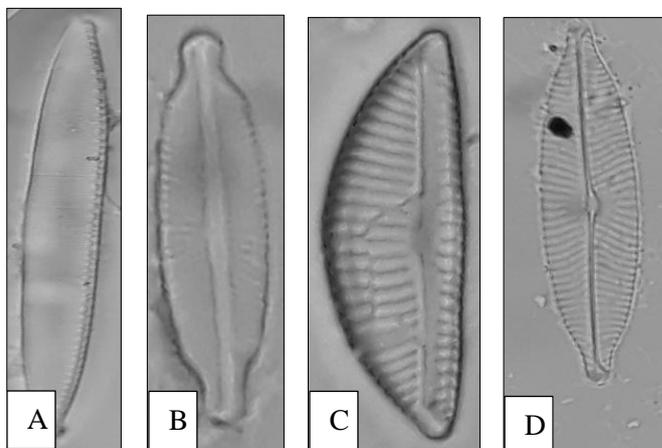
<i>Espécies de Diatomáceas</i>	<b>Número</b>	<b>Percentual (%)</b>
<i>Adlafia drouetiana</i>	<b>278</b>	<b>53,98</b>
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	2	0,39
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	1	0,19
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	1	0,19
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i>	1	0,19
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1	0,19
<i>Cymbella lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	1	0,19
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>	3	0,58
<i>Encyonema minutum</i>	10	1,94
<i>Encyonema sprechmanii</i>	1	0,19
<i>Encyonema neomesianum</i>	5	0,97
<i>Encyonema silesiacum</i>	21	4,08
<i>Encyonopsis subminuta</i>	3	0,58
<i>Eolimna minima</i>	7	1,36
<i>Eunotia faba</i>	1	0,19
<i>Frustulia saxonica</i>	1	0,19
<i>Gomphonema angustatum</i>	1	0,19
<i>Gomphonema clevei</i>	7	1,36
<i>Gomphonema lagenula</i>	5	0,97
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	1	0,19
<i>Gleissleria aikenensis</i>	5	0,97
<i>Luticula goeppertiana</i>	2	0,39
<i>Luticula mutica</i>	1	0,19
<i>Navicula cincta</i>	3	0,58

<i>Navicula cryptocephala</i>	7	1,36
<i>Navicula cryptotenella</i>	1	0,19
<i>Navicula rostellata</i>	24	4,66
<i>Nitzschia palea</i>	52	10,10
<i>N. palea</i> var. <i>tenuirostris</i>	6	1,17
<i>Nupella velnerii</i>	42	8,16
<i>Orthoseira</i> sp	1	0,19
<i>Pinnularia divergentissima</i>	1	0,19
<i>Pinnularia microstauron</i>	2	0,39
<i>Pinnularia</i> sp	1	0,19
<i>Placoneis disparillis</i>	4	0,78
<i>Sellaphora laevis</i>	2	0,39
<i>Surirella angusta</i>	6	1,17
<i>Surirella linearis</i>	1	0,19
<i>Surirella splendida</i>	1	0,19
<i>Ulnaria ulna</i>	2	0,39
Total de espécies	40	
<b>Total de indivíduos contados:</b>	<b>515</b>	<b>100</b>
<b>Espécies abundantes acima de:</b>	<b>13</b>	
<b>Espécies dominantes acima de 50%</b>	<b>258</b>	

De acordo com a Tabela 7, o município 2 apresentou um total de 40 espécies de diatomáceas epilíticas, sendo no total contadas 515 indivíduos.

As espécies abundantes apresentaram neste município mais de 12 espécies, correspondendo a presença de *Encyonema silesiacum* (21 indivíduos; 4,08 %), *Navicula rostellata* (24 indivíduos; 4,66 %), *Nitzschia palea* (52 indivíduos; 10,10 %), *Nupella velnerii* (42 indivíduos; 8,16 %). Quanto as espécies dominantes ocorreram neste município a espécie *Adlafia drouetiana* (278 indivíduos; 53,98 %), representado na Figura 19.

Figura 19 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 2.



Nota: (A) *Nitzschia palea*; (B) *Adlafia drouetiana*; (C) *Encyonema silesiacum*; (D) *Navicula rostellata*.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Das espécies dominantes a *Adlafia* é caracterizada como média tolerância a ambientes eutrofizados, conforme descrito por Lobo et al. (2004). Portanto a presença destes organismos dominantes corrobora com os resultados os parâmetros físico-químicos, os quais indicam alta concentração de OD e baixa concentração de Nitrato ( $2,77 \text{ mg L}^{-1}$ ) e de absorvância UV  $\lambda$ -254 nm (0,111 u.a).

### 4.2.3 Município 3

Os resultados da composição taxonômica e diversidade das diatomáceas epilíticas, nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 3 em estudo são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas. nas águas superficiais do Município 3 da Região das Missões/RS.

<i>Espécies de Diatomáceas</i>	<b>Número</b>	<b>Percentual (%)</b>
<i>Achnanthes exigum</i>		
<i>Achnanthes exigum</i> var. <i>heterovalva</i>	4	0,79
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	1	0,20
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	<b>281</b>	<b>55,42</b>
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	57	11,24
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i>	67	13,21
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	2	0,39
<i>Diploneis smithii</i>	1	0,20
<i>Eolimna minima</i>	4	0,79
<i>Eolimna</i> sp	5	0,99
<i>Diadesmis confervaceae</i>	2	0,39
<i>Encyonema sprechmanii</i>	1	0,20
<i>Encyonema neomesianum</i>	2	0,39
<i>Eunotia</i> cf. <i>monodon</i>	1	0,20
<i>Geissleria aikenensis</i>	1	0,20
<i>Gomphonema clevei</i>	7	1,38
<i>Gomphonema lagenula</i>	1	0,20
<i>Gomphonema mexicanum</i>		
<i>Gomphonema parvulum</i>	1	0,20
<i>Hantzschia amphioxys</i>	1	0,20
<i>Luticula</i> cf. <i>daphaloides</i>	36	7,10
<i>Navicula cryptocephala</i>	6	1,18
<i>Navicula radiosa</i>	1	0,20
<i>Navicula rostellata</i>	3	0,59
<i>Nitzschia amphibia</i>	1	0,20
<i>Nitzschia palea</i>	10	1,97
<i>Orthoseira</i> sp	1	0,20
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	1	0,20
<i>Pinnularia divergentissima</i>	1	0,20
<i>Sellaphora seminulum</i>	1	0,20
<i>Surirella angusta</i>	3	0,59
<i>Surirella linearis</i>	2	0,39
<i>Surirella splendida</i>	1	0,20
<i>Ulnaria ulna</i>	1	0,20
Total de espécies	32	
<b>Total de indivíduos contados:</b>	<b>507</b>	<b>100</b>
<b>Espécies abundantes acima de:</b>	<b>16</b>	

### Espécies dominantes acima de 50%

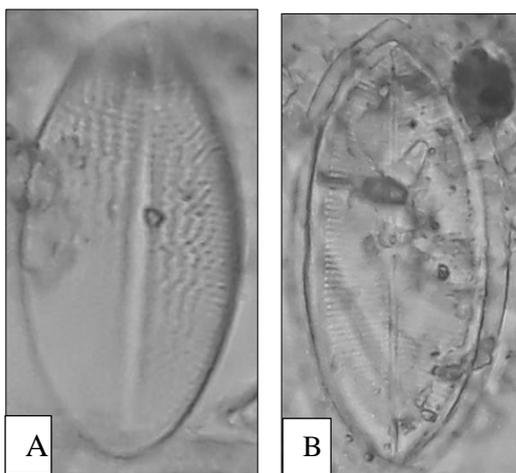
253

Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

De acordo com a Tabela 8, o município 3 apresentou um total de 32 espécies de diatomáceas epilíticas, sendo no total contadas 507 indivíduos.

As espécies abundantes apresentaram neste município mais de 16 espécies, correspondendo a presença de *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (57 indivíduos; 11,24 %), *Cocconeis placentula* var. *acuta* (67 indivíduos; 13,21 %), *Luticola* cf. *daphaloides* (36 indivíduos; 7,10 %). Quanto as espécies dominantes ocorreram neste município a espécie *Cocconeis placentula* var. *placentula* (281 indivíduos; 55,42 %). Na Figura 20 diatomáceas epilíticas presente no município 3.

Figura 20 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 3.



Nota: (A) *Cocconeis placentula* var. *placentula* e (B) *Cocconeis placentula* var. *acuta*.  
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

No estudo realizado por SALAMONI (2004), ao analisar a composição taxonômica e as variações das diatomáceas epilíticas no rio Gravataí – RS, destacou a presença de espécies abundantes de *Cocconeis placentula*. Muitas das espécies numericamente dominantes referiam as espécies de ampla distribuição geográfica, ocorrendo em elevada frequência em muitos corpos de água de regiões temperadas e tropicais. Tais espécies de acordo com Lobo et al. (2004) possuem baixa tolerância a eutrofização do ambiente aquático e corrobora com os resultados obtidos em relação aos parâmetros físico-químicos, dos quais se destacam alta concentração de OD e baixa concentração de Nitrato ( $0,11 \text{ mg L}^{-1}$ ).

#### 4.2.6 Município 4

Os resultados da composição taxonômica e diversidade das diatomáceas epilíticas, nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 4 em estudo são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas nas águas superficiais do Município 4 da Região das Missões/RS.

<i>Espécies de Diatomáceas</i>	<b>Número</b>	<b>Percentual (%)</b>
<i>Achnanthes exigum</i>	1	0,23
<i>Achnanthes inflata</i>	1	0,23
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	36	8,24
<i>Adlafia drouetiana</i>	3	0,69
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	5	1,14
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	7	1,60
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	11	2,52
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i>	1	0,23
<i>Cymbella lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	11	2,52
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>	37	8,47
<i>Diploneis subovalis</i>	4	0,92
<i>Diploneis smithii</i>	15	3,43
<i>Encyonema minutum</i>	23	5,26
<i>Encyonema sprechmanii</i>	2	0,46
<i>Encyonema neomesianum</i>	17	3,89
<i>Eolimna minima</i>	6	1,37
<i>Eolimna subminuscula</i>	8	1,83
<i>Eunotia lunaris</i>	4	0,92
<i>Eunotia</i> sp.	1	0,23
<i>Frustulia saxonica</i>	2	0,46
<i>F. crasinervia</i>	41	9,38
<i>Geissleria aikenensis</i>	22	5,03
<i>Gomphonema turris</i>	7	1,60
<i>Gomphonema clevei</i>	2	0,46
<i>Gomphonema gracile</i>	2	0,46
<i>Gomphonema lagenula</i>	8	1,83
<i>Gomphonema mexicanum</i>	1	0,23
<i>Gomphonema parvulum</i>	7	1,60
<i>Gomphonema</i> sp.	1	0,23
<i>Gomphonema</i> sp1	1	0,23
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	3	0,69
<i>Hantzschia amphioxys</i>	1	0,23
<i>Humidophila contenta</i>	1	0,23
<i>Navicula antonii</i>	2	0,46
<i>Navicula cincta</i>	7	1,60
<i>Navicula cryptocephala</i>	4	0,92
<i>Navicula cryptotenella</i>	3	0,69

<i>Navicula radiosa</i>	1	0,23
<i>Navicula rostellata</i>	4	0,92
<i>Neidium affine</i>	1	0,23
<i>Nitzschia clausii</i>	1	0,23
<i>Nitzschia graciliformis</i>	3	0,69
<i>Nitzschia intermedia</i>	5	1,14
<i>Nitzschia palea</i>	9	2,06
<i>Nitzschia paleaceae</i>	5	1,14
<i>Nupella praecipua</i>	11	2,52
<i>Nupella velnerii</i>	3	0,69
<i>Pinnularia divergens</i>	2	0,46
<i>Pinnularia maior</i>	1	0,23
<i>Pinnularia microstauron</i>	4	0,92
<i>Pinnularia viridis</i>	7	1,60
<i>Pinnularia similis</i>	1	0,23
<i>Planothidium bagualensis</i>	2	0,46
<i>Sellaphora</i> sp	1	0,23
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	1	0,23
<i>Stenopterobia</i> sp	1	0,23
<i>Surirella angusta</i>	27	6,18
<i>Surirella linearis</i>	5	1,14
<i>Surirella linearis</i> var. <i>subconstricta</i>	1	0,23
<i>Surirella robusta</i>	9	2,06
<i>Surirella splendida</i>	14	3,20
<i>Surirella</i> sp.	2	0,46
<i>Ulnaria ulna</i>	8	1,83
Total de espécies	63	
<b>Total de indivíduos contados</b>	437	100
<b>Espécies abundantes acima de:</b>	7	
<b>Espécies dominantes acima de 50%</b>	219	

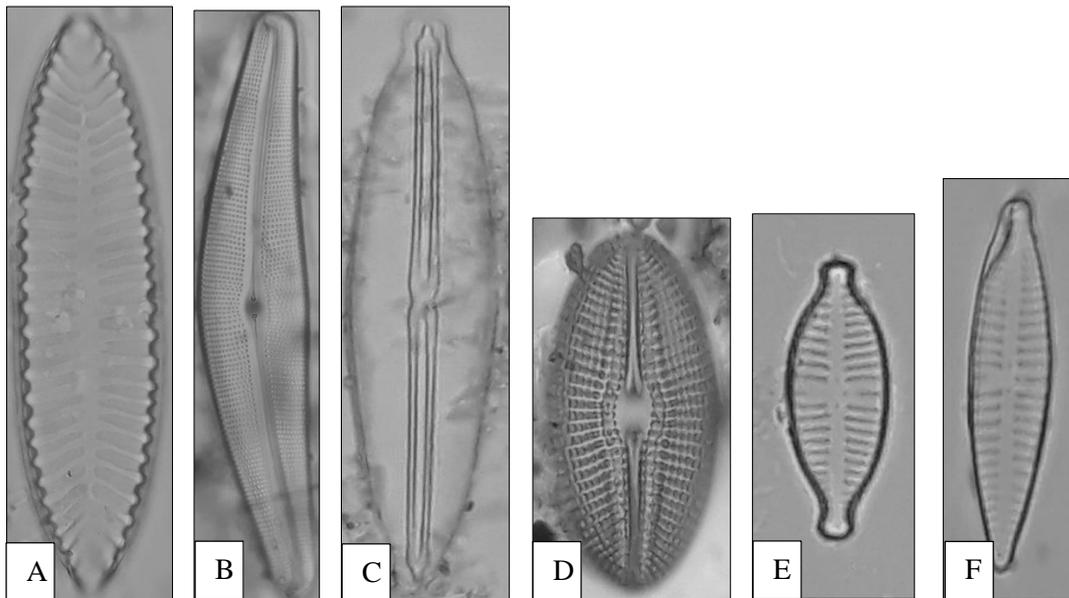
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

De acordo com a Tabela 9, o município 4 apresentou um total de 63 espécies de diatomeas epilíticas, sendo no total contadas 437 indivíduos.

As espécies abundantes apresentaram neste município mais de 7 espécies, correspondendo a presença de *Achnantheidium minutissimum* (36 indivíduos; 8,24 %), *Cocconeis placentula* var. *placentula* (7 indivíduos; 1,60 %), *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (11 indivíduos; 2,52 %), *Cymbella lanceolata* var. *lanceolata* (11 indivíduos; 2,52 %), *Cymbopleura naviculiformis* (33 indivíduos; 8,47 %), *Diploneis smithii* ( 15 indivíduos; 3,43 % ), *Encyonema minutum* (23 indivíduos; 5,26 %), *Encyonema turgidum/vulgare* (17 indivíduos; 3,89 %), *Eolimna subminuscula* (8 indivíduos; 1,83 %), *F. crasinervia* (41 indivíduos; 9,38 %), *Geissleria aikenensis* (22 indivíduos; 5,03 %), *Gomphonema lagenula* ( 8 indivíduos; 1,83 %), *Gomphonema parvulum* (7 indivíduos; 1,60 %), *Navicula cincta* ( 7 indivíduos; 1,60 %), *Nitzschia palea* ( 9 indivíduos; 2,06 % ), *Nupella praecipua* (11 indivíduos; 2,52 %), *Pinnularia viridis* (7 indivíduos; 1,60 %), *Surirella angusta* (27 indivíduos; 6,18 %),

*Surirella robusta* ( 9 indivíduos; 2,06 %), *Surirella splendida* (14 indivíduos; 3,20 %), *Ulnaria ulna* ( 8 indivíduos; 1,83 %). Quanto as espécies dominantes não ocorreram neste município. Na figura 21 está apresentado algumas espécies de diatomáceas epilíticas, presente nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 4 da Região das Missões – RS.

Figura 21 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 4.



Nota: (A) *Surirella angusta*; (B) *Cymbella lanceolata* var. *lanceolata*; (C) *Frustulia crassinervia*; (D) *Diploneis smithii*; (E) *Gomphonema lagenula* (F) *Gomphonema parvulum*

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Entretanto destaca-se que as espécies supracitadas somente a *Gomphonema lagenula* possui alta tolerância a eutrofização do ambiente aquático (Lobo et al., 2004), as demais possuem média e baixa tolerância a estes ambientes. E, tais resultados corroboram com os valores obtidos em relação aos parâmetros físico-químicos, dos quais se destacam alta concentração de OD e baixa concentração de Nitrato ( $0,45 \text{ mg L}^{-1}$ ) e de absorvância UV  $\lambda$ -254 nm (0,201 u.a).

Semelhante ao estudo de Mello (2017), que teve por objetivo identificar as diatomáceas associadas ao sedimento do leito de um arroio rural situado no município de Morro Redondo, RS, Brasil, a presença dos gêneros de diatomáceas apresentam-se distintas nos pontos de coleta, onde o gênero *Cymbella*, que indica que o ambiente se encontra mais preservado, esteve presente na maioria dos pontos.

#### 4.2.9 Município 5

Os resultados da composição taxonômica e diversidade das diatomáceas epilíticas, nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 5 em estudo são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas nas águas superficiais do Município 5 da Região das Missões/RS.

<i>Espécies de Diatomáceas</i>	<b>Número</b>	<b>Percentual (%)</b>
<i>Achnanthes exigum</i>	1	0,22
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	3	0,66
<i>Achnanthidium microcephalum</i>	4	0,88
<i>Achnanthes</i> sp.	110	24,28
<i>Adlafia drouetiana</i>	13	2,87
<i>Amphipleura pllucida</i>	1	0,22
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i>	1	0,22
<i>Diploneis subovalis</i>	5	1,10
<i>Diploneis smithii</i>	3	0,66
<i>Encyonema minutum</i>	1	0,22
<i>Encyonema sprechmanii</i>	4	0,88
<i>Encyonopsis subminuta</i>	12	2,65
<i>Eolimna minima</i>	10	2,21
<i>Eunotia lunaris</i>	1	0,22
<i>Eunotia</i> cf. <i>monodon</i>	1	0,22
<i>Gomphonema clevei</i>	3	0,66
<i>Gomphonema constrictum</i>	1	0,22
<i>Gomphonema lanceolatum</i>	5	1,10
<i>Gomphonema laticollum</i>	16	3,53
<i>Gomphonema mexicanum</i>	3	0,66
<i>Gleissleria aikenensis</i>	1	0,22
<i>Humidophila contenta</i>	2	0,44
<i>Navicula antonii</i>	8	1,77
<i>Navicula cincta</i>	8	1,77
<i>Navicula cryptocephala</i>	4	0,88
<i>Navicula cryptotenella</i>	25	5,52
<i>Navicula radiosa</i>	4	0,88
<i>Neidium affine</i>	5	1,10
<i>Nitzschia graciliformis</i>	139	30,68
<i>Nitzschia palea</i>	21	4,64
<i>Nitzschia paleaceae</i>	1	0,22
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	2	0,44
<i>Pinnularia divergentissima</i>	1	0,22
<i>Pinnularia maior</i>	4	0,88
<i>Planothidium bagualensis</i>	12	2,65
<i>Planothidium biporumum</i>	3	0,66
<i>Planothidium</i> sp.	1	0,22

<i>Sellaphora laevissima</i>	1	0,22
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	1	0,22
<i>Stauroneis anceps</i>	1	0,22
<i>Staurosira</i> sp	1	0,22
<i>Stenopterobia</i> sp	7	1,55
<i>Surirella</i> sp.	3	0,66
<i>Ulnaria ulna</i>	43	
Total de espécies	453	100
<b>Total de indivíduos contados:</b>	<b>11</b>	
<b>Espécies abundantes acima de:</b>	<b>227</b>	
<b>Espécies dominantes acima de 50%</b>	<b>-</b>	

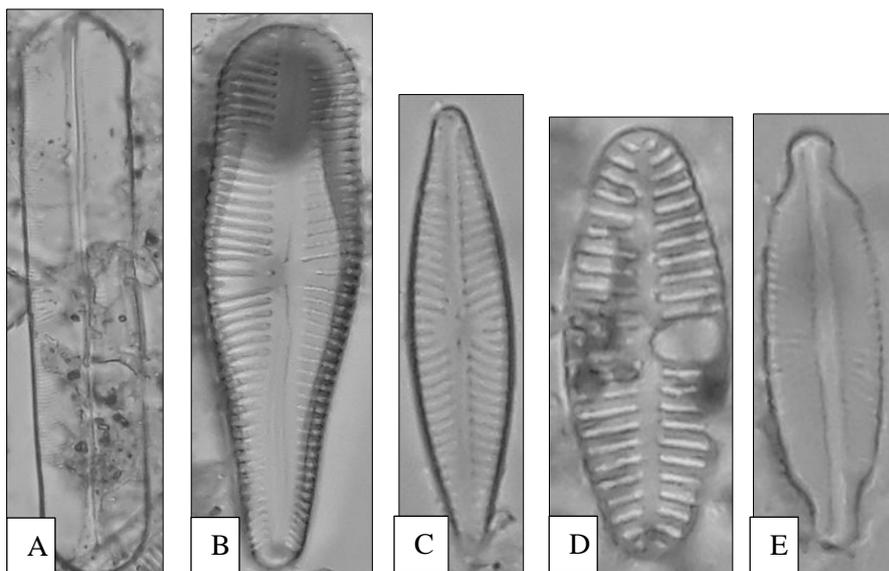
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

De acordo com a tabela 10, o município 5 apresentou um total de 43 espécies de diatomáceas epilíticas, sendo no total contadas 453 indivíduos.

Apresentou neste município mais de 7 espécies abundantes, correspondendo a presença de *Adlafia drouetiana* (110 indivíduos; 24,28 %), *Amphipleura lindheimeri* (13 indivíduos; 2,8 %), *Eolimna mínima* (12 indivíduos; 2,65 %), *Eolimna subminuscula* (10 indivíduos; 2,21 %), *Gomphonema lagenula* (16 indivíduos; 3,53 %), *Navicula radiosa* (25 indivíduos; 5,52 %), *Nitzschia intermedia* (139 indivíduos; 30,58 %), *Nitzschia paleaceae* (21 indivíduos; 4,64 %), *Planothidium biporumum* (12 indivíduos; 2,65 %). Quanto as espécies dominantes não ocorreram neste município, entretanto destaca-se que as espécies supracitadas somente a *Gomphonema lagenula* possui alta tolerância a eutrofização do ambiente aquático (Lobo et al., 2004), as demais perfazem média e baixa tolerância a estes ambientes.

Na figura 22 está apresentado algumas espécies de diatomáceas epilíticas, presente nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 5 da Região das Missões – RS.

Figura 22 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 5.



Nota: (A) *Sellaphora leavissima*; (B) *Gomphonema laticollum*; (C) *Navicula cryptotenella*; (D) *Planothidium biporumum*; (E) *Adlafia drouetiana*.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Tais resultados corroboram com os valores obtidos em relação aos parâmetros físico-químicos, dos quais se destacam alta concentração de OD e baixa concentração de Nitrato ( $4,44 \text{ mg L}^{-1}$ ) e de absorvância UV  $\lambda$ -254 nm (0,05 u.a).

#### 4.2.10 Município 6

Os resultados da composição taxonômica e diversidade das diatomáceas epilíticas nas águas superficiais em ambientes lóticos do município 6 em estudo são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Ocorrência e distribuição de espécies de diatomáceas epilíticas nas águas superficiais do Município 6 da Região das Missões/RS.

<i>Espécies de Diatomáceas</i>	<b>Número</b>	<b>Percentual (%)</b>
<i>Adlafia drouetiana</i>	53	23,87
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	19	8,56
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	29	13,06
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	1	0,45
<i>Cymbella tumida</i>	1	0,45
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>	3	1,35
<i>Craticula cuspidata</i>	2	0,90
<i>Diploneis subovalis</i>	1	0,45
<i>Encyonema minutum</i>	4	1,80

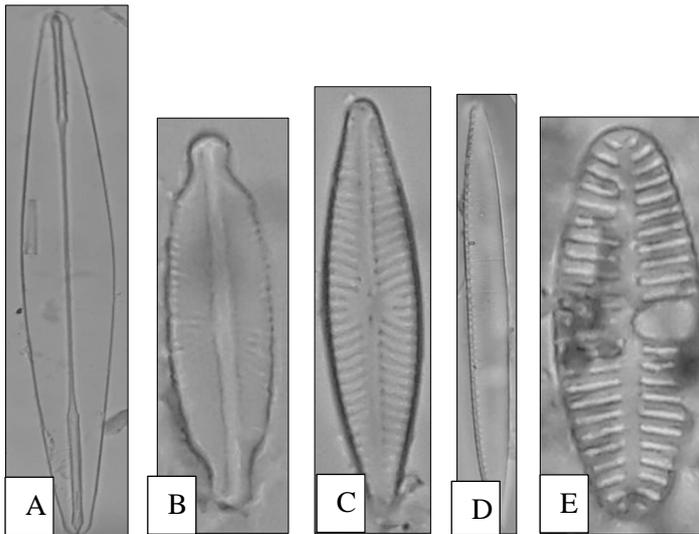
<i>Encyonema neomesianum</i>	11	4,95
<i>Gomphonema clevei</i>	2	0,90
<i>Gomphonema lagenula</i>	4	1,80
<i>Gomphonema parvulum</i>	7	3,15
<i>Gleissleria aikenensis</i>	2	0,90
<i>Hantzschia amphioxys</i>	2	0,90
<i>Humidophila contenta</i>	1	0,45
<i>Luticula goeppertiana</i>	1	0,45
<i>Luticula mutica</i>	1	0,45
<i>Luticula cf. daphaloides</i>	2	0,90
<i>Navicula cincta</i>	2	0,90
<i>Navicula cryptocephala</i>	10	4,50
<i>Navicula radiosa</i>	5	2,25
<i>Navicula rostellata</i>	4	1,80
<i>Nitzschia amphibia</i>	2	0,90
<i>Nitzschia palea</i>	18	8,11
<i>Nitzschia laevidensis</i> var. <i>victoriae</i>	1	0,45
<i>Orthoseira</i> sp	1	0,45
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	4	1,80
<i>Pinnularia braunii</i>	2	0,90
<i>Pinnularia divergentissima</i>	9	4,05
<i>Pinnularia similis</i>	8	3,60
<i>Placoneis disparillis</i>	4	1,80
<i>Sellaphora laevisissima</i>	1	0,45
<i>Surirella angusta</i>	4	1,80
<i>Surirella guatemalensis</i>	1	0,45
Total de espécies	35	
<b>Total de indivíduos contados</b>	<b>222</b>	<b>100%</b>
<b>Espécies abundantes acima de:</b>	<b>6,16</b>	
<b>Espécies dominantes acima de 50%</b>	<b>111</b>	

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

De acordo com a Tabela 11, o município 6 apresentou um total de 35 espécies de diatomáceas epilíticas, sendo no total contadas 222 indivíduos.

Apresentou neste município mais de 6,16 espécies abundantes, correspondendo a presença de *Adlafia drouetiana* (53 indivíduos; 23,87 %), *Amphipleura lindheimeri* (19 indivíduos, 8,56 %), *Cocconeis placentula* var. *placentula* (29 indivíduos; 13,06 %), *Encyonema turgidum/vulgare* (11 indivíduos; 4,95 %), *Gomphonema parvulum* (7 indivíduos; 3,15 %), *Navicula cryptocephala* (10 indivíduos; 4,50 %), *Nitzschia palea* (18 indivíduos; 8,16 %), *Pinnularia divergentissima* (9 indivíduos; 4,05 %), *Pinnularia similis* (8 indivíduos; 3,60 %). Na Figura 23 algumas diatomáceas epilíticas presente no município 6.

Figura 23 – Diatomáceas epilíticas presentes nas águas superficiais do município 6.



Nota: (A) *Amphipleura lindheimeri*; (B) *Adlafia drouetiana*; (C) *Navicula cryptotenella*; (D) *Nitzschia palea*; (E) *Planothidium biporum*.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Quanto as espécies dominantes não ocorreram neste município, porém destaca-se que as espécies supracitadas somente a *Gomphonema parvulum* possui alta tolerância a eutrofização do ambiente aquático (Lobo et al., 2004), as demais perfazem média e baixa tolerância a estes ambientes. Estes resultados corroboram com os valores obtidos em relação aos parâmetros físico-químicos, dos quais se destacam alta concentração de OD e baixa concentração de Nitrato ( $0,69 \text{ mg L}^{-1}$ ) e de absorvância UV  $\lambda$ -254 nm (0,142 u.a).

Segundo Schneck (2007) em seu estudo objetivou determinar estruturas de diatomáceas epilíticas em um riacho de altitude no RS. A comunidade de diatomáceas respondeu ao enriquecimento trófico rapidamente, as espécies de *Navicula cryptotenella* indicaram águas trofizadas, demonstrando ser uma útil ferramenta no biomonitoramento de impactos causados por eutrofização.

Por fim, considerando as espécies abundantes e em especial as dominantes que todos os corpos hídricos em ambiente rural dos 6 municípios da Região das Missões, pode-se inferir que há espécies típicas de ambiente oligotróficos e mesotróficos. Os resultados indicam a ocorrência de 109 táxons, destes 34 são considerados abundantes, e três dominantes, distribuídos em 49 gêneros caracterizando a flora de diatomáceas epilíticas usando o diagnóstico e a caracterização dos ambientes aquáticos.

## 5 CONCLUSÃO

Por meio das análises realizadas nas águas superficiais em seis municípios da Região das Missões – RS, foi possível averiguar sua qualidade mediante a comparação dos Resultados com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Resolução CONSEMA nº 355/2017.

Na comparação dos parâmetros analisados: cor, turbidez, pH, nitrato, oxigênio dissolvido, sólidos totais, temperatura, coliformes totais e *E. coli* com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Resolução CONSEMA nº 355/2017, constatou-se que os parâmetros, nitrato, cor, sólidos totais e temperatura, apresentaram resultados abaixo dos VMP norteados nestas resoluções. Ainda, pertinente a qualidade microbiológica, todos os corpos hídricos apresentaram coliformes totais e apresentaram *E. coli*. Para os demais parâmetros analisados, tais como condutividade elétrica e absorvância UV ( $\lambda$ -254 nm), a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Resolução CONSEMA nº 355/2017 não estabelecem valores norteados para esses parâmetros.

Quanto a abundância e dominância das diatomáceas epilíticas foi possível contatar as espécies dominantes *Amphipleura lindheimeri* (município 1); *Adlafia drouetiana* (município 2) *Cocconeis placentula var. placentula* (município 3), sendo que, pode-se inferir que estas espécies são típicas de ambiente oligotróficos à mesotróficos.

Desta forma, esta pesquisa tem sido conduzida para avaliar ambientes com espécies indicadoras de ambientes limpos e tolerantes à poluição orgânica e eutrofização, que pode ser caracterizada considerando o uso destas áreas para a agricultura e pecuária, comprometendo a estabilidade destes ecossistemas aquáticos para uma significativa contribuição de fertilizantes e matéria orgânica, condições estas que caracterizam processos de eutrofização.

Sugere-se que seja dada continuidade aos estudos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais em ambientes lóticos, utilizando como bioindicadoras as algas diatomáceas, bem como, a inserção dos demais parâmetros utilizados para determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA), para fins de identificar se pode haver contaminação desses córregos/riachos.

## REFERÊNCIA

- Agência nacional de águas (ANA). **Águas subterrâneas**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ana/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>>. Acesso em: maio. 2019.
- AMM. **Associação dos Municípios das Missões**. Disponível em: <<https://www.ammissoes.com.br/?pg=principal>>. Acesso em: 25 jul. 2020.
- ANA. **Água superficial**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-superficial>>. Acesso em: 29 jul. 2020b.
- ANA. **Enquadramento dos corpos d'água em classes**. Disponível em <[http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte\\_enquadramento\\_conjuntura2019.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte_enquadramento_conjuntura2019.pdf)>. Acesso em: 04 dez. 2020d.
- ANA. **Monitoramento da qualidade da água em rios e reservatórios**. Disponível em: [https://www.academia.edu/16993720/ANA\\_Monitoramento\\_da\\_Qualidade\\_da\\_Agua\\_de\\_Rios\\_e\\_Reservatorios\\_1](https://www.academia.edu/16993720/ANA_Monitoramento_da_Qualidade_da_Agua_de_Rios_e_Reservatorios_1). Acesso em: 20 jul. 2020a.
- ANA. **Unidade 2 bases conceituais para monitoramento de águas continentais**. Disponível em: <[https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2227/2/Unidade\\_2.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2227/2/Unidade_2.pdf)>. Acesso em 29 jul. 2020c.
- ANA. **Portal da qualidade das águas**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2020e.
- APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water e wastewater**. New York, NY, 20 ed., 2005.
- BACCI, D. de La C.; PATACA, E.M. **Educação para a água**. Estudos avançados, São Paulo v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.
- BALEM, A. **Avaliação da qualidade da água do Rio Lajeado Ipiranga através de testes toxicológicos e índice de qualidade da água**. 2018. 73 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Erechim, Erechim, RS, 2018.
- BARBOSA, V.S. **Ecologia de diatomáceas do reservatório cabuçu, guarulhos, SP-Guarulhos, qualidade da água, sazonalidade e correlação com parâmetros físicos e químicos**. Revista Geociências-UNG-Ser. São Paulo, v. 11, n. 1, p. 5-18, 2013.
- BATISTA, B. G.; FUCKIS, M. B. Avaliação microbiológica da água do arroio Pessegueirinho de Santa Rosa, noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Monografias Ambientais**. Santa Rosa. v. 9, n. 9, p. 2031-2037, 2012.
- BITTENCOURT, C; DE PAULA, M.A.S. **Tratamento de água e Efluentes Fundamentados de Saneamento Ambiental e gestão de recursos hídricos**. Saraiva Educação. São Paulo, v. 1, 2014.
- BRASIL. Conselho estadual do meio ambiente. **Resolução N ° 355/2017, de 13 de julho de**

2017. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado, Rio Grande do Sul, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF 2011.

BUCCI, M. H.; OLIVEIRA, L.F.C. de. Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido. **Revista Ambiente & Água**. Juiz de Fora, MG, v. 9, n. 1, p. 130-148, 2014.

BUSS, D.F. et al. **Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais**. Oecol. Bras, Rio de Janeiro, v.12, n.3, p.338-345, 2008.

CETESB. Companhia Ambiental de São Paulo. **Qualidade das Águas interiores no Estado de São Paulo**. 2010

CETESB. **Fitoplâncton de água doce**. Métodos qualitativo e quantitativo. São Paulo. 17 p. 2006. Disponível em: <https://www.bmn.com.br/plan-leg/ma/est-sp/decis/cetesb42-06.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

CIMA, F. **Qualidade da água do Rio Tigre-Erechim (RS): uma análise biogeográfica**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Erechim, RS, 2016.

CONDO, C. R. P. **Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Taquaruçu durante o processo de implantação do projeto produtor de águas**. 2016, 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas - TO, 2016.

DA SILVA, A.R. et al. **Avaliação do processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: estudo de caso nas bacias hidrográficas costeiras dos rios Ratonés, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil)**. 2019. 311 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/204457/PGCN0709-T.pdf?sequence=-1> >. Acesso em: 09 out. 2020.

DE PAULA CARVALHO, A. et al. **Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional – TO**. Revista Geociências unesp, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 472-484, 2016. Disponível em: < <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1635> >. Acesso 15 out. 2019. em:<<http://repositorio.unisc.br:8080/jspui/bitstream/11624/1767/1/%C3%8Dndice%20tr%C3>

%B3fico%20de%20qualidade%20da%20%C3%A1gua.pdf2016b>. Acesso em: 15 dez. 2019.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia**. Rio de Janeiro. 2011, 3 ed. 826 p.

ESTEVES, Rafael Alves; ROCHA, JRSL. **Monitoramento limnológico do rio São Francisco–RJ como ferramenta de gestão ambiental para as empresas que o utilizam como fonte de recursos hídricos**. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*. v. 19, n. 2, p. 392-401, 2015.

FAGÁ, B. F.; DA SILVA VIEIRA, M. A.; DE ARAÚJO, R R. **Autodepuração do rio Pirapozinho/SP**. Disponível em: < [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/7036f0bf46ff0fef9e30cc8a0a25015\\_04ac8636fd3f323f74b38bdfdf0de2ff.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/7036f0bf46ff0fef9e30cc8a0a25015_04ac8636fd3f323f74b38bdfdf0de2ff.pdf)>. Acesso em: 04 dez. 2020.

FELIPPE, Miguel Fernandes. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais, 2009**. 277 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental do Instituto de Geociências) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: < <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-83CPWN>>. Acesso em: 09 out. 2020.

FERNANDES, Lucianno Eduardo. **Ajuste de coeficientes integrantes de processos físicos e bioquímicos na autodepuração em curso de água de médio porte**. 2016. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

FIGUEIRÊDO, M.C.B. et al. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. *Engenharia sanitária e ambiental*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

FONSECA, A. L. **Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de Extremoz/RN**. 2017. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química do Petróleo) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

FREITAS, F. A. **Qualidade da água e uso da terra na Bacia de Contribuição da Represa de São Pedro, Juiz de Fora – MG**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora, MG, 2015.

FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília, 2014.

HEINRICH, Carla Giselda et al. Epilithic diatoms in headwater areas of the hydrographical sub-basin of the Andreas Stream, RS, Brazil, and their relation with eutrophication processes. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 26, n. 4, p. 347-355, 2014.

IBGE. **Glossário dos termos genéricos dos nomes geográficos utilizados no mapeamento sistemático do Brasil**. Rio de Janeiro, p. 36, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010: Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=43&dados=6>> Acesso em: 25 jul. 2020.

LAITANO, K.S. et al. **Testes de toxicidade com Daphnia magna: uma ferramenta para**

**avaliação de um reator experimental UASB.** Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 43-47, 2006.

LIBÂNIO, M. **Características das águas naturais.** In: LIBÂNIO, M. (Org). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3. ed. Campinas, SP: Editora Átomos, 2010, cap. 2, p. 25-78.

LOBO, E. A., LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona Central de Chile. *Revista Biología Marina*, Valparaíso, 22: 1-29, 1986.

LOBO, E.A. et al. **Índice trófico de qualidade da água: guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros.** EDUNISC. E-Book. Santa Cruz do Sul. 2016. Disponível

LOBO, EA., CALLEGARO, VL., HERMANY, G., BES, D., WETZEL, CE. and OLIVEIRA, MA. 2004a. Use of epilithic diatoms as bioindicator from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnológica Brasiliensia*, vol. 16, n. 1, p. 25-40.

MATILAINEN, A.; SILLANPÄÄ, M. **Removal of natural organic matter from drinking**

MATTHIENSEN, Alexandre. **Monitoramento e Diagnóstico de Qualidade de Água Superficial.** 2014. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140447/1/final7998.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2020.

MELLO, Y.T. **Diatomáceas (Bacillariophyceae) bentônicas indicadoras de qualidade de água em um arroio rural no município de Morro Redondo, RS. 2017.** 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2017.

MENDONÇA, V.S. **Aplicabilidade de testes de toxicidade aguda com *Daphnia magna* e *Vibrio fischeri*, no monitoramento da qualidade das águas de bacias hidrográficas: o caso do rio Ipojuca em Pernambuco.** 2005. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6663>>. Acesso em 08 out. 2019.

MONTEIRO, S.P.P.B. **Desenvolvimento e aplicação de teste de toxicidade aguda utilizando como organismo teste *Daphnia magna*.** 2009. 81 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17226>>. Acesso em: 01 out. 2019

NOGUEIRA, F.F.; COSTA, I.A.; PEREIRA, U.A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis-Goiás.** 2015. 53 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

O ECO. **O que são ecótonos.** Disponível em: [https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28830-o-que-sao-ecotonos/?fbclid=IwAR14YbwT4OEMGrOuUrPgZ5PUqz-PCnopLREFHkPiTuQYil\\_N6aNOdrRIEkk](https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28830-o-que-sao-ecotonos/?fbclid=IwAR14YbwT4OEMGrOuUrPgZ5PUqz-PCnopLREFHkPiTuQYil_N6aNOdrRIEkk)>. Acesso em: 08 nov. 2020

PALANIAPPAN, M. et al. **Cuidando das Águas Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos.** s. Brasília – Distrito Federal, p. 160, 2013.

PHILIPPI J.R.; SILVEIRA, V.F. **Controle da qualidade das águas. In: PHILIPPI JR. (Org). Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Baueri, SP: Manole, 2005, cap. 11, p. 415-438.

PIVELI, Roque Passos. **Curso:**“Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos”. 2000, v. 21, n. 05, p. 2015. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPBcAD/fasciculo-10-oxigenio-dissolvido-materia-organica#>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

RAND, G.M.; WELLS, P.G.; MCCARTY, L.S. **Em Fundamentals of Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment;** Rand, G. M., ed.; 2nd ed., Taylor & Francis: Washington, cap. 1, 1995.

RAPHAEL, M. G. **Análise da qualidade da água córrego Panáro.** 2016. 58 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pósgraduação Lato Sensu) - Curso de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas. UNESP. Ourinhos, 2016.

RIBEIRO, A. **Diferença entre rio, córrego, riacho e ribeirão.** Disponível em: <<https://www.preparaenem.com/amp/geografia/diferenca-entre-rio-corrego-riacho-ribeirao.htm>>. Acesso em: 22 dez. 2020.

SÁBARA, S. **Conheças as variedades de rio, córrego, riacho e ribeirão.** Disponível em: <<https://jcmatao.com.br/conhec-as-variedades-de-rio-corrego-riacho-e-ribeirao/>>. Acesso em: 19 dez. 2020

SALOMONI, S. E. **Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade de água na bacia do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil.** 2004. 230 p. Tese (Doutorado em Ciências, Área de concentração em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2004.

SALOMONI, S. E.; ROCHA, O.; CALLEGARO, V. L.; LOBO, E. A. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, 555: 233-246. 2006.

SALOMONI, S.E.; TORGAN, L.C. Epilithic diatoms species as indicative organic contamination in Guaíba lake, southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* . v.20, n. 4: 313-324, 2008.

SALOMONI, S. E.; ROCHA, O.; HERMANY, G.; LOBO, E. A. Application of water quality biological indices using diatoms as bioindicators in Gravataí River, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v.71 (4): 949-959, 2011.

SANTOS, M. et al. **Comunidade de diatomáceas como bioindicador da qualidade da água: uma atividade prática.** Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos. Aveiro, v. 7, n. 1, p. 69-78, 2018.

SANTOS, R.F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAXENA, A. et al. Recuperação de diatomáceas de águas residuais: Visão geral de uma perspectiva ecológica e econômica. **Journal of Water Process Engineering**. México, p. 101705, 2020.

SCHNECK, Fabiana. **Ecologia da comunidade de diatomáceas epilíticas em trecho impactado por piscicultura no curso superior do Rio das Antas (São José dos Ausentes, RS)**. 2007. 115 p. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

SILVEIRA, M.P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. **Embrapa Meio Ambiente-Documentos (INFOTECA-E)**. Jaguariúna, 68 p. 2004.

SOUZA, J. R. de et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodepa**. Fortaleza, v. 8, n. 1, 2014. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217>>. Acesso em: 08 nov. 2020.

TREMÉA, R. **Avaliação preliminar da qualidade da água na bacia de captação de água de abastecimento da cidade de Erechim-RS**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Erechim, RS, 2017.

TUNDISI, J. G. et al. **Estado trófico IAT**. Disponível em: <<https://brasildasaguas.com.br/pesquisas/estado-trofico>>. Acesso em: 22 dez. 2020

UFERSA. **O que é limnologia?** Disponível em: <<https://ccbs.ufersa.edu.br/laboratorios/limnoaqua/limnoaqua-o-que-e-limnologia>>. Acesso em 04 dez.2020

UIEDA, V.S. **A obra literária: ecologia de ambientes lóticos**. 2011. 71 p. Concurso visando a obtenção do título de Livre-Docente - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2011. Disponível em:<[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106725/uieda\\_vs\\_ld\\_botib.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106725/uieda_vs_ld_botib.pdf?sequence=1)>. Acesso em 08 nov.2020.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. v. 7. 588 p.

**APÊNDICE A – TABELA RELACIONANDO O NÚMERO A CADA MUNICÍPIO**

<b>NÚMERO</b>	<b>MUNICÍPIO</b>
1	Guarani das Missões
2	Mato Queimado
3	Pirapó
4	São Miguel das Missões
5	Sete de Setembro
6	Ubiretama

## APÊNDICE B – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Quadro 3 – Apresentação das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas superficiais dos municípios em estudo, para estação da primavera, Região das Missões, RS, outubro 2019,

Análises Físico-Químicas	Valor referência <sup>(1)</sup>	Metodologia	Equipa- mento/Material	Resultado das análises					
				Município 1	Município 2	Município 3	Município 4	Município 5	Município 6
Absorvância $\lambda$ -254 nm	-	5910 B APHA <sup>(2)</sup> , 2005	Espectrofotômetro Thermo Scientific - Evolution 201	0,102	0,111	0,568	0,201	0,042	0,142
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	-	2510 B APHA, 2005	Sonda multiparâ- metro YSI profes- sional plus	24,80	23,00	23,20	16,70	19,5	19,3
Cor aparente (uH)	Classe 1: < Cor natural Classe 2: <75 Classe 3: < 75	2120 B APHA, 2005	Colorímetro Del Lab DLA-COR	4	15	55	55	2	2
Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ )	10	FRIES; GE- TROST, 1977	Espectrofotômetro Thermo Scientific - Evolution 201	0,68	2,77	0,11	0,45	0,74	0,69
Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Classe 1: >6 Classe 2: >5	4500 G APHA, 2005	Sonda multiparâ- metro YSI profes- sional plus	8,20	5,40	12,50	10,10	6,40	8,20
pH	6,0 a 9,0	4500 B APHA, 2005	Sonda multiparâ- metro YSI profes- sional plus	7,55	7,05	8,05	7,78	7,28	7,63
Sólidos sedimentáveis ( $\text{mL L}^{-1}$ )	-	2540 F APHA 2005	Cone de Imhoff	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Temperatura* ( $^{\circ}\text{C}$ )	40	2550 B APHA, 2005	Sonda multiparâ- metro YSI profes- sional plus	16,90	21,10	18,20	17,50	19,30	20,40

Turbidez (uT)	Classe 1: < 40 Classe 2: <100 Classe 3: < 100	2130 B APHA, 2005	Turbidímetro Poli- Control AP 2000	10,30	15,10	39,90	25,40	5,73	19,00
<b>Análises Microbiológicas</b>	<b>Valor referência <sup>(1)</sup></b>	<b>Metodologia</b>	<b>Equipa- mento/Material</b>	<b>Município 1</b>	<b>Município 2</b>	<b>Município 3</b>	<b>Município 4</b>	<b>Município 5</b>	<b>Município 6</b>
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	SM 9221 C APHA, 2005	Kit COLItest®	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	SM 9221 F APHA, 2005	Kit COLItest®	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente

Nota: (1) Valor referência retirado da Resolução CONAMA n° 357/2005; (2) APHA: *American Public Health Association*; (\*) Valores norteados da Resolução CONSEMA n° 355/2017.