

**UNIVERSIDADE FEEVALE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
DOUTORADO EM QUALIDADE AMBIENTAL**

WYLLAME CARLOS GONDIM FERNANDES

**POLUENTES EMERGENTES E SUAS RELAÇÕES COM OS USOS E
OCUPAÇÕES DO SOLO: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ**

NOVO HAMBURGO

2020

**UNIVERSIDADE FEEVALE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
DOUTORADO EM QUALIDADE AMBIENTAL**

**POLUENTES EMERGENTES E SUAS RELAÇÕES COM OS USOS E
OCUPAÇÕES DO SOLO: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ**

WYLLAME CARLOS GONDIM FERNANDES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental como requisito para a obtenção do título de Doutor em Qualidade Ambiental.

Linha de Pesquisa: Tecnologias e Intervenção Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Daniela Muller de Quevedo

NOVO HAMBURGO

2020

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Fernandes, Wyllame Carlos Gondim.

Poluentes emergentes e suas relações com os usos e ocupações do solo: um estudo da bacia hidrográfica do rio Caí / Wyllame Carlos Gondim Fernandes. – 2020.

160 f. : il. color. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Qualidade Ambiental) – Universidade Feevale, Novo Hamburgo-RS, 2020.

Inclui bibliografia e anexos.

"Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues; co-orientadora: Profa. Dra. Daniela Muller de Quevedo".

1. Rio Caí. 2. Ação Antrópica. 3. Poluentes Emergentes. 4. Qualidade da Água. 5. Monitoramento. I. Título.

CDU 543.3

Bibliotecária responsável: Amanda Fernandes Marques – CRB 10/2498

**UNIVERSIDADE FEEVALE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
DOUTORADO EM QUALIDADE AMBIENTAL**

WYLLAME CARLOS GONDIM FERNANDES

**POLUENTES EMERGENTES E SUAS RELAÇÕES COM OS USOS E
OCUPAÇÕES DO SOLO: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ**

Tese de Doutorado aprovada pela banca examinadora em 03 de julho de 2020, conferindo ao autor o título de Doutor em Qualidade Ambiental.

Componentes da banca examinadora:

Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues (orientador)
Universidade Feevale

Prof^a. Dr^a. Ana Cristina de Almeida Garcia
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos

Prof^a. Dr^a. Christa Korzenowski
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Prof^a. Dr^a. Elisa Kerber Schoenell
Verbo Educacional

Dedico este trabalho a todos àqueles que acreditam que a ousadia e o erro são caminhos para as grandes realizações.

Wyllame Carlos Gondim Fernandes

AGRADECIMENTOS

A elaboração e construção de uma Tese é um trabalho coletivo, o qual, ainda que exija o empenho integral do autor, é fundamental a colaboração de diversas pessoas para chegar ao resultado final.

Em primeiro lugar agradeço ao Pai Celeste que tem me dado força para seguir em frente nesta caminhada sublime que é a vida em busca sempre da harmonia, perfeição e esperança de construção de um mundo solidário, fraterno e cada vez melhor.

À minha família, minha mãe Eloízia e minha irmã Wyllia, que me deram todo o apoio durante essa jornada, e que conviveram com minha ausência em finais de semanas e feriados.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marco Antonio Siqueira Rodrigues, por ter aceitado o desafio de me orientar, acreditando no mérito desta pesquisa, e por me ajudar a concluir com sucesso mais esta etapa.

A Professora Dra. Daniela Muller de Quevedo, por ter aceitado o desafio de me co-orientar e por me ajudar a concluir esta etapa.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale, pelo companheirismo durante essa jornada, sempre incentivando a seguir em frente.

Aos Colegas do doutorado, em especial Ana Bruneta, Luciana Nogueira, Eloir Dutra, Elisa, Carla Venzke e Patrícia Outeiral com os quais compartilhei momentos bons e momentos difíceis ao longo dessa jornada.

Agradecer aos membros da Banca Examinadora por aceitar integrá-la.

Agradecer também aos colegas e amigos que conquistei nesta longa trajetória de vida, pois de alguma forma contribuíram, alguns mais e alguns menos, mais o importante é que há aqui a contribuição de cada um deles na realização dessa dissertação.

Agradecer aos meus amigos do Instituto Federal do Ceará – IFCE, que me ajudaram nessa jornada, principalmente, Erbênia, Kayciane, Adriana, Fátima, Beatriz, Rejane, Gina, Wagnólia, Ernny, Polyana, Façanha, Cicero Leite, Joceli, Ozirene e Adriano Erique, pois nada na vida conquistamos sozinhos.

Aos amigos da morada Cinamomo, Camila, Kleiton, Flávio, Rogério e Eliana pelo o apoio durante essa jornada.

Um muito obrigado ao meu amigo, Professor Rosilmar Alves dos Santos pela ajuda, aprendizado e dedicação, as suas sugestões aqui dadas foram muito importantes.

Agradecer a professora Dra. Regina Célia Pereira Marques, que me incentivou a fazer a seleção para o Doutorado em Qualidade Ambiental.

E finalmente, agradecer a todos que me ajudaram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste projeto. Um muito Obrigado a todos vocês!

“A responsabilidade social e a preservação
ambiental significa um compromisso com a vida.”

João Bosco da Silva

RESUMO

As bacias hidrográficas com a crescente urbanização estão passíveis a impactos antrópicos que podem comprometer a qualidade dos recursos hídricos. O crescimento populacional, a industrialização e o uso de insumos químicos são fatores da degradação desses ecossistemas. Monitorar a qualidade da água possibilita compreender as relações existentes entre a ocupação da bacia hidrográfica e a condição da água, podendo servir como subsídio para identificação de fontes pontuais de lançamento de efluentes e contribuir para embasar estudos com vistas à identificação de fontes difusas. O Rio Caí é a principal fonte de abastecimento de água para a população e para outros setores como a indústria, a agricultura e a pecuária inseridos na sua Bacia Hidrográfica. Não é de hoje que o rio está comprometido, principalmente pelo despejo de efluentes domiciliares, industriais e agrícolas ao longo da bacia. O presente estudo tem como objetivo construir o cenário atual da qualidade da água do Rio Caí, através da análise das características físico-químicas, microbiológicas e micropoluentes emergentes. As coletas de água ocorreram em dezessete pontos, sendo quinze pontos ao longo do Rio Caí, um ponto no Canal do Polo Petroquímico e um ponto no Rio Jacuí no período compreendido entre 2017 e 2019. Os parâmetros analisados foram chumbo, cobre, coliformes totais, condutividade, cromo total, DBO₅, DQO, coliformes termotolerantes, ferro, fósforo total, manganês, mercúrio, níquel, OD, pH, sódio, sólidos totais, turbidez, zinco e micropoluentes emergentes. Foi possível verificar situações críticas quanto aos valores de coliformes fecais já na nascente, onde se verifica a influência das atividades antrópicas. Os parâmetros chumbo, cobre, cromo e níquel, mesmo estando no limite de quantificação, já apresentam a classificação entre III e IV da resolução Conama 357/2005. Na análise dos poluentes emergentes foram identificados no Rio Caí ácido benzoico, pirrolidina, triacetina, pentadecano e Anidrido Ftálico e agrotóxicos. Baseado nos resultados obtidos é possível concluir que a qualidade da água do Rio Caí é reflexo das atuais condições ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Caí.

Palavras-chave: Rio Caí; Ação Antrópica; Poluentes Emergentes; Qualidade da Água; Monitoramento

ABSTRACT

Hydrographic basins with increasing urbanization are liable to human impacts that can compromise the quality of water resources. Population growth, industrialization and the use of chemical inputs are factors in the degradation of these ecosystems. Monitoring water quality makes it possible to understand the relationship between the occupation of the hydrographic basin and the condition of the water, and it can serve as a subsidy for the identification of point sources of effluent discharge and contribute to support studies with a view to the identification of diffuse sources. The Caí River is the main source of water supply for the population and for other sectors such as industry, agriculture and livestock inserted in its Hydrographic Basin. It is not new that the river is compromised, mainly by the discharge of sewage, industrial and agricultural effluents along the basin. The present study aims to build the current water quality scenario of the Caí River, through the analysis of the emergente pollutants, physical-chemical, microbiological and micropolluting characteristics. The water collections took place at seventeen points, fifteen points along the Caí River, one point in the Canal of the Petrochemical Pole and one point in the Jacuí River in the period between 2017 and 2019. The analyzed parameters were lead, copper, total coliforms, conductivity, total chromium, BOD₅, COD, thermotolerant coliforms, iron, total phosphorus, manganese, mercury, nickel, DO, pH, sodium, total solids, turbidity, zinc and emerging micropollutants. It was possible to verify critical situations regarding the values of faecal coliforms already in the source, where the influence of anthropic activities is verified. The parameters lead, copper, chromium and nickel, even being in the limit of quantification, had already present the classification between III and IV of the resolution Conama 357/2005. In the analysis of emerging pollutants, benzoic acid, pyrrolidine, triacetin, pentadecane and Phthalic Anhydride and pesticides were identified in the Caí River. Based on the results obtained, it is possible to conclude that the water quality of the Caí River is a reflection of the current environmental conditions of the Caí River Hydrographic Basin.

Keywords: Caí River; Anthropic action; Emerging pollutants; Water quality; Monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Caí	22
Figura 2 - Mapa dos pontos de coleta de água	38
Figura 3– Equipamentos usados nas coletas.....	45
Figura 4 - Sistema de Extração SPE.....	51
Figura 5 - Cromatógrafo GCMS- QP2010.	52
Figura 6 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caí	55
Figura 7 - Ponto de Coleta 01: A – em 2017, B – em 2019.....	58
Figura 8 - Ponto de Coleta 01: A - vazão do rio em 2017, B - vazão do rio em 2018.	58
Figura 9 – Ação antrópica próximo da nascente do Rio Caí	59
Figura 10 - Ponto de Coleta 02: A – em 2017, B – em 2019.....	60
Figura 11 - Ponto de coleta 02.	60
Figura 12 - ponto de coleta 03.....	61
Figura 13 - Barragem do Salto: A – baixa vazão, B – alta vazão.	62
Figura 14 - Ponto de coleta 04.	63
Figura 15 – Cachoeira no Passo do Inferno.....	64
Figura 16 – Ponto de coleta 05: A – em 2017, B – em 2019.....	65
Figura 17 - Ponte do Raposo	65
Figura 18 – Ponto de Coleta 06.....	66
Figura 19 - Ponto de coleta 07.	67
Figura 20 - Margens do Rio Caí sob a ponte da BR-116	68
Figura 21 - Ponto de Coleta 08.	69
Figura 22 - Afluente desaguardo no Rio Caí	70
Figura 23 - Ponto de coleta 09.	71
Figura 24 – Ações antrópicas no leito do rio.	72
Figura 25 - Ponto de coleta 10	73
Figura 26 - Ponto de coleta 10.	74
Figura 27 – Ponto de coleta 11.	75
Figura 28 – Ponto de coleta 12.	76
Figura 29 – Ponto de coleta 13.	77
Figura 30 – Ponto de coleta 14 no Arroio Paulista.	78
Figura 31 - Lagoas de Estabilização ao lado do Arroio Paulista.	78

Figura 32 - Uso e ocupação do solo no Baixo Caí.	79
Figura 33 – Ponto de coleta 15.	80
Figura 34 – Ponto de Coleta 16 no Rio Jacuí.....	81
Figura 35 - Ponto de coleta 17 entrada do Canal do Polo Petroquímico.....	82
Figura 36 – SM por Município da BHRC	85
Figura 37 - Concentração de Chumbo	96
Figura 38 - Concentração de Cobre	97
Figura 39 – Concentração de Coliformes Totais	98
Figura 40 - Concentração de Condutividade	99
Figura 41 - Concentração de Cromo	100
Figura 42 - Concentração de DBO ₅	101
Figura 43 - Concentração de DQO.....	102
Figura 44 - Concentração de Coliformes Fecais	103
Figura 45 - Concentração de Ferro	105
Figura 46 - Concentração de Fósforo Total.....	106
Figura 47 - Concentração de Manganês	107
Figura 48 - Concentração de Mercúrio.....	108
Figura 49 - Concentração de Níquel	109
Figura 50 - Concentração de OD	110
Figura 51 - Concentração de pH	111
Figura 52 - Concentração de Sódio.....	112
Figura 53 - Concentração de Sólidos Totais	113
Figura 54 - Concentração de turbidez	114
Figura 55 - Concentração de Zinco	115
Figura 56 - Captação II.....	118
Figura 57 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 02	132
Figura 58 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 08	132
Figura 59 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 11	133
Figura 60 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 15	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios com o percentual de área na Bacia.....	23
Tabela 2 - Micropoluentes emergentes com suas subclasses e fontes	27
Tabela 3 - Indicadores de Qualidade da Água	29
Tabela 4 - Classes do IAP.....	31
Tabela 5 - Padrões de qualidades de água doce, segundo CONAMA 357/2005.....	35
Tabela 6 - Pontos de coleta para monitoramento das águas do Rio Caí	36
Tabela 7 - Imagens dos Pontos de Coleta das Amostras, sua Localização e descrição.....	39
Tabela 8 - Períodos de coleta de amostras de água.....	44
Tabela 9 - Parâmetros Físico-químicos e microbiológicos	46
Tabela 10 - Parâmetros das Portarias 05/2017 e 320/2014.....	46
Tabela 11 - Condições de operação do cromatógrafo	52
Tabela 12 - Uso e ocupação do solo.....	56
Tabela 13 - Uso das águas	57
Tabela 14 – Renda per capita por município inseridos na BHRC	83
Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.....	87
Tabela 16 – Classificação dos parâmetros analisados conforme classe de enquadramento da CONAMA 357/2005.....	116
Tabela 17- Caracterização da água	119
Tabela 18 - análise de agrotóxicos conforme o anexo 7 do anexo XX da portaria de consolidação nº 05/2017 e da portaria 320/2014	129
Tabela 19 – análise de micropoluentes emergentes	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
As	Arsênio
BHRC	Bacia Hidrográfica do Rio Caí
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CO₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
Fe	Ferro
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
GC	Cromatografia Gasosa
Hg	Mercúrio
HPLC	Cromatografia em Fase Líquida de Alta Eficiência
IAP	Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPC	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
Km	Quilometro
LQ	Limite de Quantificação
m	Metro
Mn	Manganês
MW	Megawatt
NBR	Norma Brasileira

Ni	Níquel
O₂	Oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido
Pb	Chumbo
RS	Rio Grande do Sul
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEMA	Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SM	Salário Mínimo
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
VMP	Valor Máximo Permitido
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral.....	20
2.2 Objetivos específicos	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 Bacia Hidrográfica do Rio Caí.....	21
3.1.1 Poluição do Rio Caí.....	25
3.2 Poluentes Emergentes.....	26
3.3 Metais tóxicos	28
3.4 Índices de Qualidade da Água.....	29
3.5 Metodologia Analítica para Determinação de Poluentes Orgânicos em Água.....	31
3.6 Uso e Ocupação do Solo	32
3.7 Legislação Ambiental relacionada ao tema	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
4.1 Pontos de Amostragem	36
4.2 Coletas de amostras de água	43
4.2.1 Equipamentos utilizados nas coletas	44
4.3 Parâmetros analisados	45
4.4 Identificação qualitativa dos compostos orgânicos presentes na água bruta do Rio Caí.....	50
4.4.1 Extração das amostras por Cartucho Strata-X - SPE.....	50
4.4.2 Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas	51
4.5 Construção de mapas temáticos de uso e ocupação do solo.....	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1 Mapa de uso e ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caí	54
5.1.1 Uso e ocupação do solo nos pontos de monitoramento.....	57
5.2 Análise Econômica	83
5.3 Avaliação dos parâmetros físico-químicos do Rio Caí.....	86
5.3.1 – Resultados para Chumbo nos pontos amostrais do Rio Caí	96
5.3.2 – Análise do Cobre nos 17 pontos amostrais.....	97
5.3.3 – Caracterização dos Coliformes Totais nos pontos amostrais.....	98
5.3.4 – Condutividade no Rio Caí	99
5.3.5 – Concentração de Cromo nos 17 pontos amostrais	100
5.3.6 – Resultado de DBO ₅ nos 17 pontos amostrais	101
5.3.7 – Análise de DQO no Rio Caí	102

5.3.8 – Resultados de Coliformes Fecais nos 17 pontos amostrais.....	103
5.3.9 – Resultado do Ferro no Rio Caí.....	105
5.3.10 – Análise de Fósforo Total nos pontos amostrais.....	106
5.3.11 – Resultado de Manganês nos 17 pontos amostrais.....	107
5.3.12 – Análise de Mercúrio no Rio Caí.....	108
5.3.13 – Resultado de níquel no Rio Caí.....	109
5.3.14 – Análise de OD nos pontos amostrais	110
5.3.15 – Análise do pH nos 17 pontos amostrais	111
5.3.16 –Resultado de Sódio no Rio Caí	112
5.3.17 – Comparativo dos resultados para Sólidos Totais nos 17 pontos amostrais.....	113
5.3.18 – Análise da Turbidez nos 17 pontos amostrais.....	114
5.3.19 – Resultados de Zinco nos pontos amostrais.....	115
5.3.20 – Avaliação dos parâmetros analisados	116
5.4 Análise de água bruta e tratada conforme a portaria de consolidação 05/2017	117
5.5 Avaliação de Agrotóxicos.....	129
5.6 Avaliação dos Micropoluentes Emergentes	131
CONCLUSÃO.....	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
ANEXO I.....	153
ANEXO II.....	154
ANEXO III.....	158

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas têm gerado uma grande quantidade de resíduos que, por descaracterizarem o ambiente, são chamadas de poluentes ambientais. Por essa razão, atualmente tem sido dado um destaque especial às consequências desta poluição, que afeta tanto o ar, como a água e o solo. As principais atividades responsáveis pela poluição ambiental, por gerarem grande quantidade de resíduos lançados no ambiente, são decorrentes da urbanização, agricultura e do setor industrial (SILVA, 2013).

Como consequência destas atividades, tem-se observado o aumento da quantidade de efluentes lançados nos recursos hídricos, ocasionando a redução da qualidade da água, podendo então comprometer toda a biota associada a este sistema (PASSOS, 2016). Entre as substâncias presentes nos efluentes domiciliares, industrial e no escoamento de resíduos agrícolas, destacam-se os poluentes emergentes e os metais tóxicos (Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni e Zn). Essas substâncias presentes no efluente apresentam efeitos nocivos, mesmo quando em baixas concentrações, colocando em risco os ecossistemas.

De acordo com Arias (2013), os poluentes emergentes não são removidos nas estações de tratamento de água e de esgoto, e a presença nas águas dos rios pode causar danos ao meio ambiente e a saúde humana. Conforme Zamora *et. al.* (2010), a maior fonte de contaminação por poluentes emergentes é representada pelas excreções metabólicas de pessoas em tratamento médico. Entretanto, uma grande quantidade desses poluentes pode ser liberada no ambiente em função de usos veterinários e da descarga de efluentes industriais e lixiviados de aterros sanitários. A presença de antibióticos (como sulfametoxazol e trimetoprima), analgésicos, anti-inflamatórios (como diclofenaco) e hormônios em esgotos e águas naturais (ZAMORA et al, 2010).

De maneira geral, observa-se que processos convencionais de tratamento são pouco eficientes na remoção desse tipo de poluentes. Diante disso, há uma necessidade eminente de estudos desses fenômenos e o constante monitoramento dos rios onde os efluentes são lançados (OLIVEIRA, 2015). Os monitoramentos são realizados para avaliar e classificar a qualidade das águas de rios. Essas atividades incluem inspeções e medições de campo, coleta de amostras em estações de

monitoramento, realização de ensaios laboratoriais, tabulação e a interpretação dos resultados (OLIVEIRA, 2015).

Conforme a CETESB (2018), a informação obtida por meio do monitoramento tem possibilitado o conhecimento das condições reinantes nos principais rios e reservatórios, onde o principal objetivo é avaliar a evolução da qualidade das águas doces. Além dos indicadores de qualidade das águas (OD, pH, DBO₅, coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez, sólido total, entre outros) serem úteis para informar, de forma sintética e acessível, a população sobre a qualidade dos recursos hídricos, também são fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos.

Segundo Dutra *et. al.* (2016), o rio Caí, foco desta tese, está sendo considerado um dos rios mais poluídos do Brasil, devidos a problemas ambientais, falta de estrutura e saneamento, e na ineficiente administração de eliminação de poluentes. Dos municípios com área urbana total ou parcial na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, em uma década foi ampliado em 0,04% o índice de tratamento de esgotos domiciliares, que subiu de 0,10% para 0,14% do total gerado na bacia, e 90% dos municípios ainda não tratam seus efluentes (CORSAN, 2013).

Com esse intuito, o presente estudo verificou a concentração de poluentes orgânicos emergentes, parâmetros físico-químicos e metais tóxicos na água do Rio Caí, cuja importância justifica-se pelos usos múltiplos da água na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, com o curso d'água de 264 km de extensão, abrangendo 42 municípios com uma população em seu entorno de aproximadamente 550 mil habitantes, sendo utilizada para: criação de animais, irrigação, abastecimento público, irrigação de arroz, transposição para geração de energia (SEMA, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da água do rio Caí a partir da determinação de concentração de poluentes emergentes, parâmetros físico-químicos e microbiológicos, relacionando com uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Caí

2.2 Objetivos específicos

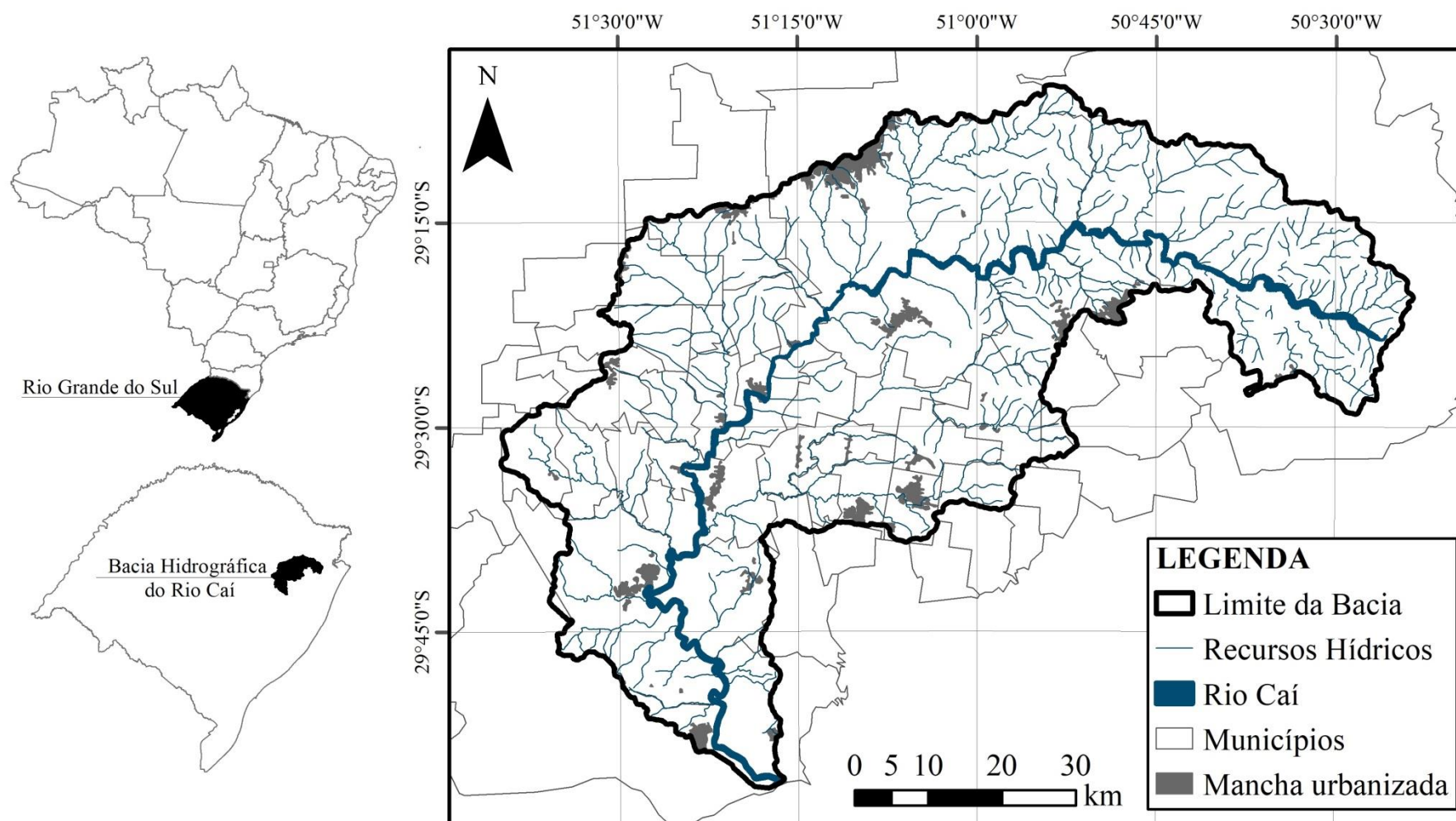
- Analisar as características físico-químicas da água do Rio Caí;
- Verificar teores de metais tóxicos (Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni e Zn) presentes na água do Rio Caí;
- Determinar os poluentes orgânicos emergentes presentes na água do Rio Caí;
- Verificar a potabilidade da água do Rio Caí;
- Construir mapas temáticos do uso e ocupação do solo com os pontos monitorados e relacionar com os resultados do monitoramento da água do Rio Caí.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Bacia Hidrográfica do Rio Caí

A Bacia Hidrográfica do Rio Caí (BHRC) localiza-se na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), nas coordenadas geográficas 29°06' e 30°S, 50°24' e 51°40'W, tem uma área de 5.057,25 km², correspondendo a 1,79 % do Estado, localizada ao norte de Porto Alegre, entre o planalto brasileiro e a depressão central (SEMA, 2019).

Figura 1– Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Caí



Fonte: Autor (2018)

O curso d'água apresenta uma extensão de 264 km, abrangendo 42 municípios, com área total ou parcial na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, conforme a Tabela 1. A população estimada em 550 mil habitantes, correspondendo a 5% da população do Estado do Rio Grande do Sul, sendo em torno de 25 % moradores da área rural e 75 % da área urbana (SEMA, 2019).

Tabela 1 - Municípios com o percentual de área na Bacia

Município	Percentual (%)
Alto Feliz	100
Barão	56
Bom Princípio	100
Brochier	70
Canela	41
Capela de Santana	98
Carlos Barbosa	46
Caxias do Sul	47
Dois Irmãos	92
Estância Velha	5
Farroupilha	39
Feliz	100
Gramado	68
Harmonia	100
Igrejinha	7
Ivoti	95
Lindolfo Collor	100
Linha Nova	100
Maratá	100
Montenegro	88
Morro Reuter	100
Nova Hartz	2
Nova Petrópolis	100
Nova Santa Rita	57
Pareci Novo	100
Picada Café	100
Poço das Antas	1
Portão	14
Presidente Lucena	100
Salvador do Sul	68
Santa Maria do Herval	98
São Francisco de Paula	29
São José do Hortêncio	100
São José do Sul	100
São Pedro da Serra	63
São Sebastião do Caí	97
São Vendelino	100
Sapiranga	39
Três Coroas	5
Triunfo	8
Tupandi	100
Vale Real	100

Fonte: Comitê Caí (2015).

A Bacia Hidrográfica do Rio Caí está inserida na região hidrográfica do Guaíba, composta por outras oito bacias hidrográficas: Lago Guaíba, Gravataí,

Sinos, Taquari-Antas, Baixo Jacuí, Pardo, Vacacaí-Vacacaí Mirim e Alto Jacuí (FEPAM, 2017).

O PIB da BHRC é gerado pelas atividades industriais, com destaque para as indústrias coureiro-calçadista, de alimentos e bebidas, metal-mecânica e petroquímica, 31% por atividades de serviços e 23% por atividades agropecuárias, com destaque para as culturas de arroz, olerícolas e fruticulturas e os rebanhos bovinos, suínos e aves (PEDROLLO *et al.*, 2011).

Segundo Pedrollo *et al.* (2011), a formação do rio Caí é no planalto da Serra Geral, no município de São Francisco de Paula, entre as altitudes de 900 e 1000 m, recebendo inicialmente o nome de Santa Cruz, até chegar a divisa dos municípios de Canela e Gramado, desembocando no delta rio Jacuí, em frente a Ilha Grande dos Marinheiros, nas proximidades do povoado de Morretes, após um percurso de aproximadamente 195 km. Os principais afluentes do rio Caí durante o seu curso são os cursos d'água: margem esquerda: Caracol, Pinto, Pirajá e Cadeia, e margem direita: Divisa, Muniz, Macaco, Piaí, Pinhal, Ouro, Mauá e Maratá. Para efeito de caracterização, a BHRC é dividida em três trechos (FEPAM, 2017):

- Curso Superior: das nascentes até a foz do rio Piaí. É o trecho com maior declividade (entre 0,15 e 3,5 %). É a porção nordeste da bacia - região de planalto e encosta de planalto. O leito do Rio Caí nesse trecho é confinado numa calha estreita, com margens íngremes. Os afluentes têm suas nascentes em cotas que podem ultrapassar 800 m, ocorrendo formação de cachoeiras.

- Curso Médio: da foz do rio Piaí até São Sebastião do Caí. É a zona central e nordeste da bacia. Há alternância de trechos com escoamento lento e trechos com corredeiras.

- Curso Inferior: de São Sebastião do Caí até a foz. É parte mais plana do rio e da bacia. O rio possui maior vazão, mas como percorre área plana, numa menor velocidade, pode haver refluxo principalmente em épocas de estiagem. A precipitação média anual nesta Bacia Hidrográfica é variável, atingindo 1.400 mm nas nascentes e 900 mm a jusante de São Sebastião do Caí até a foz (FEPAM, 2012).

3.1.1 Poluição do Rio Caí

Em relação à BHRC, pesquisas avaliaram a qualidade das águas do Rio Caí. O Rio Caí é o terceiro mais poluído do Estado do Rio Grande do Sul e o oitavo mais poluído entre os dez rios analisados no Brasil, segundo dados do Índice de Desenvolvimento Sustentável do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015). A Bacia do Rio Caí está entre as principais do Estado, estando presente em 42 municípios. Destes, 33 possuem sedes urbanas parcial ou totalmente inseridas na bacia. São cerca de 407 milhões de metros cúbicos de água por ano, destinados para uso de criação animal, irrigações (principalmente de arroz), abastecimento público e de indústrias e na transposição para geração de energia na Bacia Sinos (COMITÊ CAÍ, 2015).

Segundo o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Caí (2015), o lançamento de efluentes de origem domiciliares corresponde a 84% da poluição por carga orgânica, são decorrentes do fato que apenas 10% dos municípios apresentam tratamento de esgotos, além disso, os efluentes industriais correspondem a 5% e as atividades agropecuárias são 8% do total de lançamento de efluentes.

Conforme Zucchetti (2015), foram encontrados no Rio Caí índices acima do permitido de alumínio, ferro, manganês e bário na região de Triunfo, próximo ao Polo Petroquímico, o que pode estar relacionado à alta condutividade elétrica. Segundo a CORSAN (2018) e SNIS (2018), dos municípios com área urbana total ou parcial na Bacia Caí, em uma década foi ampliado em 0,04% o índice de tratamento de esgotos domiciliares, que subiu de 0,10% para 0,14% do total gerado na bacia, e 90% dos municípios ainda não tratam seus efluentes. Dos que tratam, Canela coleta 10,3% do efluente do município e desse total trata 384% (esse valor é elevado em consequência da água chuva ser drenado para a ETE), Gramado coleta 23,6% e desse total trata 87%, Caxias do Sul coleta 80% e desse total trata 46,3%, e Estância Velha coleta 9% e desse total trata 44% de seu esgoto domiciliar. Todo o restante desse volume é descartado diretamente em algum corpo hídrico que corre para o Caí, ou no subsolo, com risco de contaminação do lençol freático.

Conforme análises realizadas pela FEPAM (2017), o Rio Caí não apresenta situação crítica em termos de esgotos cloacais em comparação com os outros rios da Região Metropolitana (Rio dos Sinos e Rio Gravataí), pois as cidades com maior

densidade populacional (Caxias do Sul e Farroupilha) localizam-se longe do leito do rio. Porém, Montenegro e São Sebastião do Caí, cidades de médio porte, apresentam contribuição por desaguarem seus dejetos diretamente no Rio Caí. Esse é um dos motivos da qualidade das águas ser inferior neste trecho.

Em termos de efluentes industriais, tem os mais altos potenciais poluidores no ramo coureiro-calçadistas (curtumes), atividade geradora de grandes volumes de poluentes químicos como os sais de cromo e resíduos de carne, gordura e pelos, que acabam lançados junto com os efluentes, instalados ao longo do arroio Cadeia; o setor metalúrgico e de metal-mecânico (a atividade é mais desenvolvida nos polos da Serra, sendo os municípios de Caxias do Sul e Farroupilha o que mais se destacam) e petroquímico (Polo de Triunfo), responsável pela geração de uma carga de esgotos industriais equivalente a 800 kg/dia. Nesse trecho da bacia hidrográfica também existe mineração intensa de argila, areia e cascalho, principalmente nos municípios de Montenegro e Triunfo (SEMA, 2019).

3.2 Poluentes Emergentes

Os poluentes antropogênicos compreendem uma ampla diversidade de substâncias de origem difusa e pontual, lançados no ambiente principalmente através das atividades agrícolas e industriais e dos descartes dos resíduos e efluentes domiciliares. Conforme Durigan *et. al.* (2012), além dos problemas clássicos associados à contaminação por poluentes orgânicos, novas preocupações têm surgido recentemente, principalmente em função de processos de contaminação envolvendo micropoluentes considerados emergentes.

Intitulam-se de micropoluentes emergentes os contaminantes que só puderam ser detectados e quantificados recentemente por meio do desenvolvimento de novas técnicas analíticas sensíveis e mais complexas. Os poluentes emergentes são encontrados com frequência em águas naturais, principalmente em função da baixa eficiência de remoção apresentada, em geral, pelos sistemas convencionais de tratamento de esgoto. A baixa eficiência na remoção desses poluentes nos sistemas de tratamento de água resulta na exposição humana a estes contaminantes (DURIGAN *et. al.*, 2012).

Conforme Silva *et. al.* (2016), o estudo dos micropoluentes orgânicos presentes em ambientes aquáticos é um dos campos mais proeminentes da área

ambiental, pois mesmo em baixíssimas concentrações, podem causar alterações na reprodução de animais e humanos, afetando o sistema endócrino destes seres vivos. Dentre estes micropoluentes destacam-se: progesterona, 17-etinilestradiol, dibutilftalato, dietilftalato e nonilfenol pertencentes às classes dos hormônios, plastificantes e surfactantes respectivamente.

São classificados como micropoluentes emergentes os fármacos e os agrotóxicos, utilizados nas plantações do Brasil, os aceleradores de vulcanização, os repelentes, hormônios naturais e sintéticos, os compostos químicos presentes em produtos de higiene pessoal, de limpeza, e outros diversos produtos químicos amplamente utilizados hoje em dia pela sociedade, aumentando cada vez mais a sua quantidade no ecossistema aquático (SOARES; LEÃO, 2015). A Tabela 2 apresenta alguns micropoluentes emergentes em ambientes aquáticos, acompanhados de suas subclasses e suas fontes.

Tabela 2 - Micropoluentes emergentes com suas subclasses e fontes

Categoria	Subclasse	Fonte
Fármacos	Drogas (anti-inflamatórios, anticonvulsivos, antibióticos, estimulantes, analgésicos e outros.	Esgotos domiciliar, efluentes de hospital, escoamento de criadores de animais confinados, aquicultura.
Produtos de cuidado pessoal	Fragrâncias, desinfetantes, filtros solares, repelentes de insetos e outros.	Esgotos domiciliar.
Hormônios esteroides	Estrogênios.	Esgotos domiciliar, escoamento de criadores de animais confinados.
Surfactantes	Surfactantes não iônicos.	Esgotos domiciliar, efluente industrial.
Químicos industriais	Retardantes de chama.	Esgotos domiciliar, efluente industrial.
Agrotóxicos	Inseticidas, herbicidas, fungicidas e outros.	Esgotos domiciliar, escoamento superficial em áreas agrícolas.

Fonte: SOARES; LEÃO (2015).

Conforme Soares e Leão (2015), a partir das informações apresentadas na tabela 2, água consideradas potáveis, é possível que estejam contaminadas por substâncias que ainda não são registradas pela legislação, podendo ser muito nocivas aos ecossistemas aquáticos e à saúde humana. Essas substâncias, mesmo em níveis residuais ou em traços, causam alterações no sistema endócrino dos humanos e dos animais, dentre os efeitos destes compostos, destaca-se o fato deles interferirem em mecanismos regulados por hormônio e, com isso afetam a saúde, o crescimento e a reprodução de humanos e animais (SILVA et. al., 2016). A degradação desses micropoluentes por processos convencionais é bastante

dificultada, em razão das baixas concentrações e da usual resistência que deriva da sua natureza química (DURIGAN et. al., 2012).

Como a legislação brasileira vigente se refere apenas a contaminantes detectados e identificados há vários anos, esta não determina limites que sejam seguros para contaminantes emergentes, já que estes foram identificados no ambiente recentemente (DIAS, 2012). Vettorello e outros autores (2017), afirmam que estudos estão sendo realizados para identificar e quantificar os micropoluentes emergentes, mas ainda são poucas as políticas para o tratamento apropriado de efluentes com a finalidade de removê-los e que no futuro possibilitem a atualização das normas ambientais vigentes.

3.3 Metais tóxicos

Os metais tóxicos constituem contaminantes químicos nas águas, pois em pequenas concentrações trazem efeitos adversos à saúde. Desta forma, podem inviabilizar os sistemas públicos de água, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários para a sua remoção apresentam custos elevados (PIVELI, 2020).

Em consequência dos danos que a toxicidade pode causar aos ecossistemas aquáticos naturais, ou aos sistemas de tratamento biológico de efluentes, são definidos limites para as concentrações de metais tóxicos em efluentes descarregados na rede pública de esgotos seguidos de estação de tratamento de forma diferenciada dos limites impostos para os efluentes lançados diretamente nos corpos receptores, que são mais rígidos (PIVELI, 2020).

Conforme Piveli (2020), nas águas naturais, os metais podem se apresentar na forma de íons hidratados de complexos estáveis de partículas inorgânicas formando precipitados que se mantêm em suspensão, podem ser absorvidos em partículas em suspensão que se mantêm na massa líquida, ou se misturam nos sedimentos do fundo dos mananciais. Os caminhos preferenciais pelos quais os metais são transportados na água dependem de diversos fatores de naturezas físicas, químicas e biológicas. De uma maneira geral, as águas que recebem efluentes contendo metais tóxicos apresentam concentrações elevadas destes no sedimento de fundo. Quando lamas insolúveis contendo metais são lançadas em grandes quantidades, estes podem sofrer transformações químicas inclusive sob

ações biológicas, sendo lançados lentamente na corrente líquida.

3.4 Índices de Qualidade da Água

Para analisar a qualidade das águas, é necessário definir os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos. As informações obtidas em estudos e/ou monitoramentos podem ser verificadas individualmente ou podem ser utilizadas ferramentas como os indicadores de qualidade, a fim de otimizar e aprimorar a interpretação dos resultados (OLIVEIRA, 2015).

O processo de monitoramento de qualidade das águas dá origem a grande quantidade de dados analíticos, sendo necessária a utilização de um índice de qualidade de água para sintetizar os dados, permitindo a expressão dos resultados em uma linguagem global através de um único indicador. Exemplos de índices de qualidade estão listados na Tabela 3 (CETESB, 2017). Contudo, cabe ressaltar que mesmo com a grande variedade de indicadores, estes apresentam aspectos parciais da qualidade das águas, não existe um indicador único que sintetize todas as possíveis variáveis (ANA, 2020).

Tabela 3 - Indicadores de Qualidade da Água

Índice		Parâmetros
IQA	Índice de Qualidade das Águas	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduos Totais e Turbidez.
IAP	Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduos Totais e Turbidez, Ferro Dissolvido, Manganês, Alumínio Dissolvido, Cobre Dissolvido, Zinco, Potencial de Formação de Trihalometanos, Número de Células de Cianobactérias (Ambiente Léntico), Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel
IET	Índice do Estado Trófico	Clorofila a e Fósforo Total.
IVA	Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática (necessita de complemento de outros índices)	Oxigênio Dissolvido, pH, Toxicidade, Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel, Cádmio, Surfactantes, Fenóis, Clorofila a e Fósforo Total.
IB	Índice de Balneabilidade	Coliforme Termotolerante ou E.coli

Fonte: CETESB (2017)

A informação sobre a qualidade da água bruta é fundamental para a definição da tecnologia adequada para o tratamento com objetivo de abastecimento público, bem como para a avaliação do desempenho da própria estação. O Índice de

Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) foi criado por um Grupo Técnico composto por integrantes da CETESB, SABESP, institutos de pesquisa e universidades.

O índice é composto por três grupos de parâmetros:

- Índice de Qualidade das Águas (IQA) : temperatura d'água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez;
- Parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel);
- Parâmetros que afetam a qualidade organoléptica da água (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco).

Os parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas e que afetam a qualidade organoléptica são compostos de maneira a fornecer o Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas (ISTO).

Para cada parâmetro incluído no ISTO são estabelecidas curvas de qualidade que atribuem ponderações variando de 0 a 1. As curvas de qualidade, representadas através das variáveis potencial de formação de trihalometanos e metais, foram construídas utilizando-se dois níveis de qualidade (qi), que associam os valores numéricos 1.0 e 0.5, respectivamente, ao limite inferior (LI) e ao limite superior (LS).

As faixas de variação de qualidade (qi), que são atribuídas aos valores medidos para o potencial de formação de trihalometanos, para os metais que compõem o ISTO, refletem as seguintes condições de qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público:

- **Valor medido < LI:** águas adequadas para o consumo humano. Atendem aos padrões de potabilidade da Portaria de consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde em relação às variáveis avaliadas.
- **LI < Valor medido < LS:** águas adequadas para tratamento convencional. Atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis determinadas.

- **Valor medido > LS:** águas que não devem ser submetidas apenas a tratamento convencional. Não atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis avaliadas.

O índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público é calculado com o Índice de Qualidade das Águas multiplicado por Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas. Os valores do IAP são classificados nas faixas apresentados na tabela 4 (ANA, 2020).

Tabela 4 - Classes do IAP

Valor do IAP	Qualificação
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Regular
20 – 36	Ruim
= 19	Péssima

Fonte: ANA (2020).

3.5 Metodologia Analítica para Determinação de Poluentes Orgânicos em Água

Entre os métodos analíticos para analisar compostos, destaca-se a cromatografia, devido a sua facilidade de efetuar a separação, identificação e quantificação das espécies químicas, em conjunto com técnicas instrumentais de análise, a espectrofotometria ou a espectrometria de massas (SIQUEIRA, 2012).

A determinação de poluentes orgânicos em matrizes ambientais por técnicas cromatográficas geralmente envolve a extração dos compostos de interesse, a pré-concentração dos mesmos e a remoção das espécies interferentes (SIQUEIRA, 2012). A cromatografia gasosa (GC) e a cromatografia em fase líquida de alta eficiência (HPLC) são as principais técnicas analíticas aplicadas na separação/determinação de poluentes orgânicos em amostras de interesse ambiental por apresentarem versatilidade, eficiência e sensibilidade analítica adequada, sendo que estas vantagens são ampliadas com o acoplamento da espectrometria de massas como método de detecção (ZHANG *et. al.*, 2011).

Os analitos de baixa massa molecular e que apresentam pontos de ebulição inferiores a 300°C são analisados por cromatografia gasosa. Porém, compostos com massa molecular elevada ou que apresentam sensibilidade a altas temperaturas devem ser analisadas por cromatografia líquida. A espectroscopia de massas é difundida na identificação de compostos orgânicos devido à sua associação com a

cromatografia gasosa e líquida. Na cromatografia gasosa, o analito é transportado por uma fase móvel gasosa conhecida como gás de arraste. A separação de analitos em uma coluna de separação apolar é dada na ordem crescente do ponto de ebulição (AMÓRTEGUI; DALLOS, 2015). Esta é uma das técnicas mais sensíveis e versáteis para análise de compostos orgânicos. Pode-se obter o espectro de massas de cada composto permitindo a sua identificação. Pode-se, também, aumentar a sensibilidade e, assim, promover a quantificação e a seletividade do processo usando o monitoramento seletivo de íons no qual apenas alguns íons específicos de determinados compostos são monitorados (AMÓRTEGUI; DALLOS, 2015).

Conforme Merhaly *et al.* (2015), os extratos obtidos de matrizes ambientais, destinados à determinação de poluentes orgânicos, devem ser submetidos a uma limpeza química, ou fracionamento, para a remoção das espécies interferentes, pois os métodos de extração não são suficientemente seletivos. Esse fracionamento é rotineiramente realizado por extração em fase sólida, sendo que tanto a fase estacionária, como o solvente de limpeza e as demais características da técnica a serem empregadas dependem das características físico-químicas dos compostos de interesse, da composição e complexidade da matriz da amostra e, principalmente, da técnica instrumental de determinação. Em geral, quanto menor a especificidade da técnica de determinação, maior a exigência de eficiência na remoção dos interferentes (AGUIAR JUNIOR *et al.*, 2018).

Conforme Böger *et al.* (2018), através de técnicas analíticas é possível identificar e quantificar os poluentes orgânicos emergentes. No presente estudo foram utilizadas metodologias analíticas para determinar micropoluentes orgânicos conforme sua subclasse apresentada na tabela 2.

3.6 Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo alteram sensivelmente os processos físico-químicos e biológicos dos sistemas naturais (MENEZES *et al.*, 2016). Os padrões de uso do solo têm importante influência sobre a qualidade da água (superficial e subterrânea) e os ecossistemas aquáticos dentro de uma bacia hidrográfica (ROTHWELL *et al.*, 2010).

Como consequência do crescimento desordenado tem-se o transporte de grandes quantidades de solo, matéria orgânica, insumos domiciliares e agrícolas para o leito dos cursos d'água no período chuvoso, contribuindo expressivamente com o aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais. Outro tipo de contaminante que pode ser transportado para o leito do manancial são os coliformes. O acúmulo dessas substâncias inevitavelmente provoca a partir da entrada na cadeia alimentar das espécies aquáticas, o comprometimento de todo ecossistema (SEBUSIANI; BETTINI, 2011).

Conforme DUPASA *et al.* (2015), o uso e o manejo das terras agrícolas têm forte influência sobre as concentrações de nutrientes na água, podendo ocasionar também o assoreamento. Dessa forma, os rios são particularmente vulneráveis às transformações nos ecossistemas, uma vez que integram a paisagem e suas características físico-químicas refletem tanto a configuração geológica que drenam quanto os insumos da bacia circundante (PICKETT *et al.*, 2011).

Outro aspecto relacionado ao uso e ocupação dos solos, e que interfere no ecossistema, é o crescimento urbano de forma acelerada (RIEGEL, 2019), ocasionando a substituição da vegetação original dessas regiões por áreas impermeáveis (KOÇER; SEVGILI, 2014). Outro problema no uso e ocupação do solo é a prática de utilizar queimadas para limpeza do terreno para preparar o terreno para a próxima plantação, onde as reservas ambientais, matas ciliares e cobertura de mananciais também são ameaçadas pelo avanço da cultura e prática de queimadas. Embora os impactos negativos das transformações da paisagem na qualidade da água e nos ecossistemas aquáticos sejam bem documentados, a importância da urbanização e da agricultura para corpos d'água continua sendo um ponto a ser discutido a fim de avaliar o potencial poluidor de um determinado uso e desenvolver práticas de gestão de bacias hidrográficas (KOÇER; SEVGILI, 2014).

A ocupação acelerada e não planejada de regiões que têm mananciais, tornam as bacias hidrográficas propícias a impactos no tocante à qualidade e disponibilidade da água. Em torno de 10% de impermeabilização do solo promove degradação de ecossistemas hídricos, principalmente por modificações na hidrologia da bacia hidrográfica (FENGLER *et al.*, 2015). A fragmentação florestal é outro impacto de uso e ocupação do solo que causa alterações nos ecossistemas naturais. Sistemas ecológicos são afetados promovendo a redução da

biodiversidade, a invasão biológica por espécies exógenas adaptadas à nova condição ambiental e à ocorrência do efeito de borda (NEWMAN et al., 2014).

Neste contexto se inseri o rio Caí, a qual para avaliar a sua qualidade ambiental foi verificada o uso e ocupação do solo nos 17 pontos monitorados.

3.7 Legislação Ambiental relacionada ao tema

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) instituída pela Lei nº 9.433/97, estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal (aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira). Os fundamentos da PNRH incluem a água como bem comum de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico, onde, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. A PNRH tem por objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável (ANA, 1997).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e dá outras providências, esta resolução considera, por exemplo, que para atender as necessidades da comunidade, o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado em níveis de qualidade e que há a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas (CONAMA 357, 2005).

Em conformidade com a Resolução 357/05 do CONAMA, as águas doces, salobras e salinas são classificadas em treze classes de qualidade para seus usos. Cinco classes são definidas para classificação de enquadramento das águas doces superficiais, conforme o anexo 1 da tese.

Os padrões de qualidade utilizados na pesquisa para enquadramento das águas doces e seus respectivos valores máximo permitidos dos parâmetros são definidos conforme a Tabela 5. Para a Classe Especial, deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Tabela 5 - Padrões de qualidades de água doce, segundo CONAMA 357/2005

Parâmetros	Unidade	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Chumbo	mg/L Pb	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,033	-
Cobre	mg/L Cu	≤ 0,009	≤ 0,009	≤ 0,013	-
Cromo Total	mg/L Cr	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	-
Mercúrio Total	mg/L Hg	≤ 0,0002	≤ 0,0002	≤ 0,002	-
Manganês	mg/L Mg	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,5	-
Ferro	mg/L Fe	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 5	-
Níquel	mg/L Ni	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	-
Zinco	mg/L Zn	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 5,0	-
Fósforo Total	mg/L P	Lêntico 0,02 Intermit. 0,025 Lótico 0,1	Lêntico 0,03 Intermit. 0,05 Lótico 0,1	Lêntico 0,05 Intermit. 0,075 Lótico 0,15	-
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	≤ 200	≤ 1.000	≤ 4.000	-
pH	-	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	> 2,0
DBO ₅	mg/L O ₂	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10,0	-
Turbidez	UNT	≤ 40	≤ 100	≤ 100	-
Sólidos Totais	mg/L	≤ 500	≤ 500	≤ 500	-

(-)sem valor máximo permitido

Fonte: Adaptado do CONAMA 357 (2005).

Na portaria de consolidação nº 05/2017, do Ministério da Saúde, a qual consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, no anexo XX, dispõe do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, conforme o anexo 2 da tese.

A portaria RS/SES nº 320/2014, da Secretária de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul, estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no Rio Grande do Sul, previstos na Portaria de consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde, conforme o anexo 3 da tese.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Pontos de Amostragem

A partir das visitas *in loco*, das análises de dados de monitoramentos realizados pela FEPAM e das descrições de estudos anteriores sobre o Rio Caí, foram definidos dezessete pontos de amostragem, distribuídos ao longo dos trechos superior, médio e inferior do Rio Caí.

O acesso aos pontos de coleta P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10, P11 e P12 ocorreu por via terrestre, já para os pontos, P13, P14, P15, P16 e P17 o acesso foi de barco. As identificações, as coordenadas geográficas, as localizações e os respectivos trechos dos pontos podem ser verificados na tabela 6.

Tabela 6 - Pontos de coleta para monitoramento das águas do Rio Caí

RIO CAÍ – RS				
Ponto de Coleta	Coordenadas	Altitude (metros)	Localização	Trecho
P01	29°21'19" S 50°25'35" O	890	Próximo a RS-020 - Km 22 (São Francisco de Paula)	Superior
P02	29°21'48" S 50°31'18" O	790	Sob a ponte da RS-110 - Km 10 (São Francisco de Paula)	Superior
P03	29°18'44" S 50°40'50" O	730	Próximo Barragem do Salto, na RS-235 – Km 20 (São Francisco De Paula)	Superior
P04	29°16'33" S 50°44'20" O	620	Ponte Passo do Inferno, na RS-476 – Km 18 (Canela)	Superior
P05	29°17'33" S 50°54'37" O	190	Ponte do Raposo, estrada vicinal a 19 km da RS-466 – Km 7 (Divisa de Canela e Gramado)	Superior
P06	29°30'57" S 50°99'70" O	170	Próximo a RS-235 – Km 15 (Nova Petrópolis)	Médio
P07	29°19'49" S 51°91'53" O	70	Sob a ponte da BR-116 (Caxias do Sul)	Médio
P08	29°19'54" S 51°10'56" O	65	Próximo ao Hotel Fazenda Vale Real, na RS-452 – km 02 (Caxias do Sul)	Médio
P09	29°24'05" S 51°15'18" O	40	Ao lado da ponte do Vale Real, RS-452 – km 14 (Vale Real)	Médio
P10	29°40'11" S 51°25'41" O	10	Sob a ponte da RS-240 – km 1 (Montenegro)	Inferior

Continuação da tabela 6.

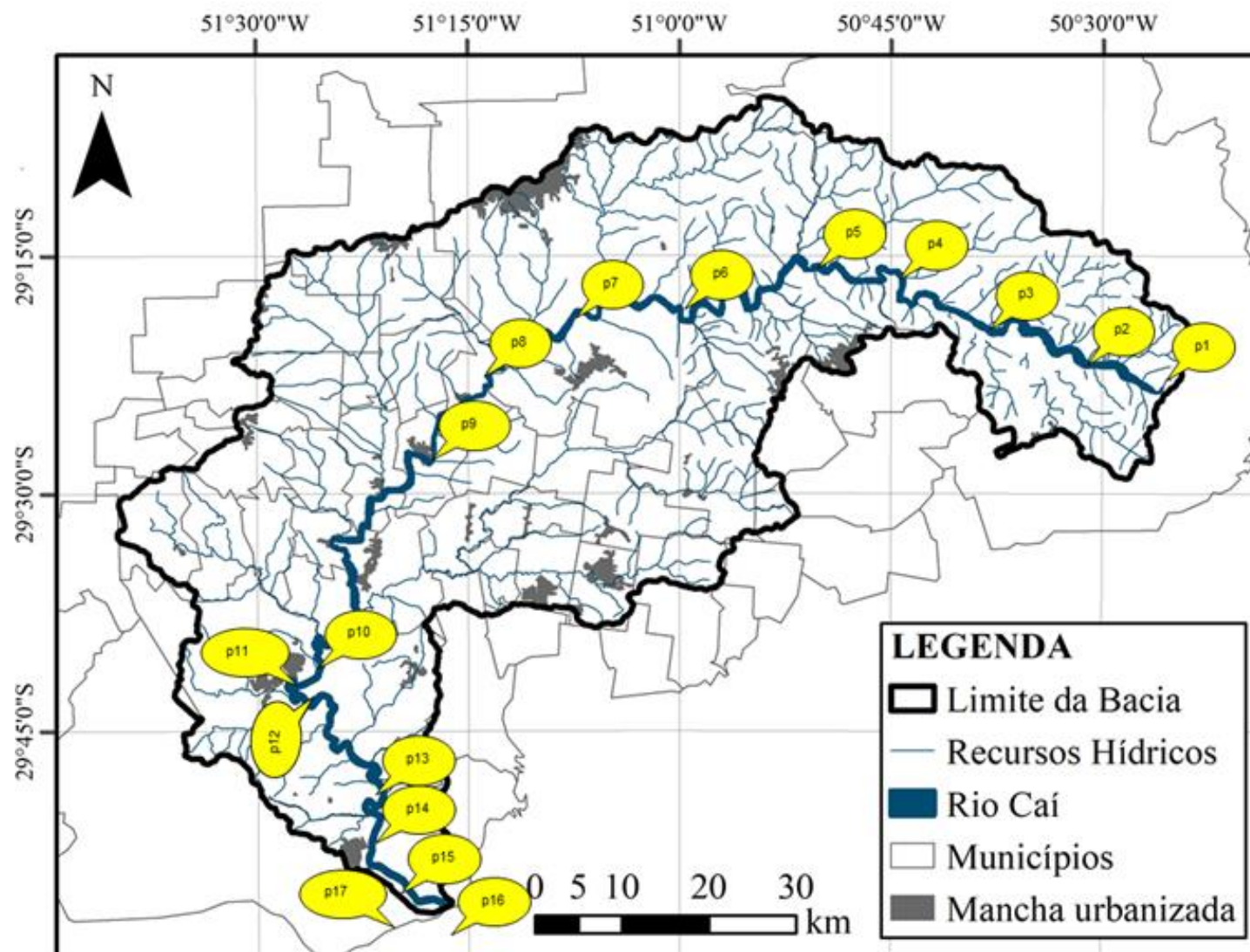
Tabela 6 - Pontos de coleta para monitoramento das águas do Rio Caí

P11	29°41'47" S 51°27'35" O	10	Rua Álvaro de Moraes, ao lado da captação de água (Montenegro)	Inferior
P12	29°42'11" S 51°27'52" O	10	Ao lado da Indústria de madeira (Montenegro)	Inferior
P13	29°49'21" S 51°21'03" O	3	Sob a ponte da BR-386 (Nova Santa Rita)	Inferior
P14	29°50'15" S 51°22'02" O	3	Arroio Paulista (Triunfo)	Inferior
P15	29°55'44" S 51°17'14" O	0	Rua da Prainha, Nova Santa Rita (Nova Santa Rita)	Inferior
P16	29°56'10" S 51°16'15" O	0	Delta do Jacuí (Triunfo)	Inferior
P17	29°56'31" S 51°19'09" O	0	Entrada do Canal do Polo petroquímico (Triunfo)	Inferior

Fonte: Autor (2018)

Os pontos de monitoramento estão distribuídos pelos municípios de São Francisco de Paula, Canela, Gramado, Nova Petrópolis, Caxias do Sul, Vale Real, Montenegro, Nova Santa Rita e Triunfo, e podem ser visualizados no mapa apresentado na Figura 2.

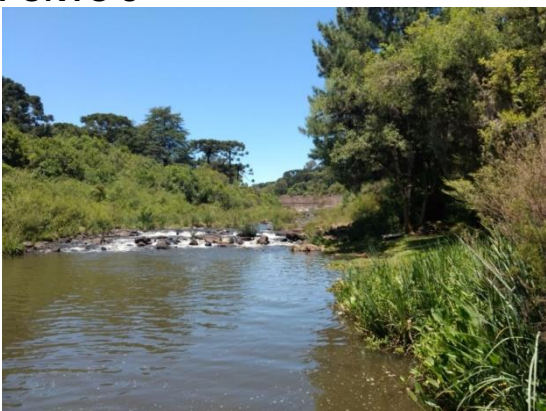
Figura 2 - Mapa dos pontos de coleta de água



Fonte: Autor (2018)

As imagens da localização dos pontos de coleta, e uma descrição dos pontos amostrais, são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 - Imagens dos Pontos de Coleta das Amostras, sua Localização e descrição.

Pontos de coletas de amostras no Rio Caí		
Imagem do Ponto	Local	Acesso
PONTO 01 	São Francisco de Paula	O ponto fica a 26,9 km da sede do município, pela RS-020 no sentido Tainha.
PONTO 2 	São Francisco de Paula	O ponto é localizado sob a ponte da RS-110, 19 km da sede do município.
PONTO 3 	São Francisco de Paula	O ponto fica localizado ao lado da Barragem do Salto, ao lado da RS-235, entre São Francisco de Paula e Canela.

Continuação da tabela 7.

Tabela 7 - Imagens dos Pontos de Coleta das Amostras, sua Localização e descrição.

PONTO 4 	Canela	O ponto fica localizado ao lado da RS-476, 15 km da sede do município.
PONTO 5 	Divisa Canela e Gramado	O ponto é localizado em estrada vicinal, 7,7 km da RS-466, entre os municípios de Canela e Gramado.
PONTO 6 	Nova Petrópolis	O ponto está localizado em estrada vicinal, 5,8 km do km 15 da RS-235, sentido de Nova Petrópolis para Gramado.
PONTO 7 	Caxias do Sul	O ponto localizado sob a ponte da BR-116, próximo da divisa entre Nova Petrópolis e Caxias do Sul.

Continuação da tabela 7.

Tabela 7 - Imagens dos Pontos de Coleta das Amostras, sua Localização e descrição.

PONTO 8 	Caxias do Sul	Localizado no Hotel Fazenda Vale Real, ao lado da RS-452.
PONTO 9 	Vale Real	Ponto localizado na área urbana do município de Vale Real.
PONTO 10 	Montenegro	Ponto localizado sob a ponte da RS-240, ao lado da captação de água 02 da companhia estadual de abastecimento para a cidade de Montenegro.
PONTO 11 	Montenegro	Ponto localizado na área urbana, ao lado da captação de água 01 da companhia estadual de abastecimento para a cidade de Montenegro.

Continuação da tabela 7.

Tabela 7 - Imagens dos Pontos de Coleta das Amostras, sua Localização e descrição.

PONTO 12 	Montenegro	Ponto localizado na área urbana de Montenegro, ao lado de uma indústria de processamento de madeira.
PONTO 13 	Nova Santa Rita	O ponto localizado sob a ponte da BR-386.
PONTO 14 	Triunfo	Ponto no arroio Paulista, passa ao lado das lagoas de tratamento do Polo Petroquímico.
PONTO 15 	Nova Santa Rita	Localizado na Rua da Tainha, próximo da foz no Rio Jacuí.

Continuação da tabela 7.

Tabela 7 - Imagens dos Pontos de Coleta das Amostras, sua Localização e descrição.

PONTO 16 	Triunfo	O Rio Jacuí nesse ponto, recebe as águas do Rio Caí, apresenta o canal de ligação com o Polo Petroquímico.
PONTO 17 	Triunfo	Entrada do Canal Santa Clara, construído pelo Polo Petroquímico para escoamento da produção. Está paralelo ao Rio Caí, sendo a sua ligação com o Rio Jacuí.

Fonte: Autor (2018).

4.2 Coletas de amostras de água

As sequências de coletas de amostras de água ocorreram entre novembro de 2017 e novembro de 2019. O procedimento para coleta de água ocorreram de acordo com a NBR 9898 (ABNT, 1987).

Na Tabela 8 é possível observar a descrição completa das datas das coletas de água associadas com os pontos selecionados para estudo e seus respectivos trechos.

Tabela 8 - Períodos de coleta de amostras de água.

Ponto Coleta	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
	S	S	S	S	S	M	M	M	M	I	I	I	I	I	I	I	I
01 (22/11/17)	X	X	X	X	X												
02 (14/03/18)	X	X	X	X	X												
03 (25/04/18)												X	X	X	X		
04 (06/06/18)										X	X	X					
05 (20/06/18)													X	X	X	X	X
06 (04/07/18)	X	X	X	X	X												
07 (22/08/18)	X	X	X	X	X	X											
08 (29/08/18)							X	X	X	X	X	X			X		
09 (19/09/18)										X	X	X	X				
10 (31/10/18)		X															
11 (29/11/18)						X	X	X	X						X		
12 (28/02/19)		X						X	X		X						
13 (21/03/19)						X	X	X	X	X							
14 (03/04/19)	X	X													X		
15 (25/04/19)		X						X	X		X				X		
16 (22/05/19)														X	X	X	X
17 (03/07/19)														X		X	X
18 (09/10/19)	X	X	X	X	X												
19 (16/10/19)													X	X	X	X	X
20 (06/11/19)						X	X	X	X		X						

Fonte: Autor (2019).

(S) – Trecho superior

(M) – Trecho médio

(I) – Trecho inferior

4.2.1 Equipamentos utilizados nas coletas

Para realização das coletas em via terrestre e aquática foram utilizados os kits de coletas disponibilizados pela Central Analítica da Universidade Feevale, a caminhoneta Mitsubishi L200 e o barco FEEVALE 01, conforme a figura 3.

Figura 3– Equipamentos usados nas coletas



Fonte: Autor (2018)

4.3 Parâmetros analisados

Nas amostras de águas do Rio Caí foram analisados os seguintes parâmetros descritos na tabela 9. Nos ensaios em que o resultado do parâmetro ficou menor que o limite de quantificação, considerou-se o valor do limite de quantificação como valor de referência para a análise descritiva. A determinação dos parâmetros foi realizada pela Central Analítica da Universidade FEEVALE, cujo Laboratório é certificado pela FEPAM para análises ambientais (13/2019), certificado pela Rede Metrológica – RS: nº 8201 para ensaios químicos, nº 8202 para ensaios microbiológicos e nº 8203 para amostragem. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos em estudo no presente trabalho, bem como as metodologias utilizadas estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Parâmetros Físico-químicos e microbiológicos

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS		
Parâmetro	Unidade	Metodologia
pH	-	SM 4500 H+
Turbidez	NTU*	SM 2130 B
DBO ₅	mgO ₂ .L ⁻¹	SM 5210 D
DQO	mgO ₂ .L ⁻¹	SM 5220 C
Oxigênio Dissolvido	mgO ₂ .L ⁻¹	SM 4500 O C
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	SM 4500 P D
Manganês	mg.L ⁻¹	SM 3111 B
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	SM 2540 B
Chumbo	mg.L ⁻¹	SM 3111 B
Cobre	mg.L ⁻¹	SM 3111 B
Cromo	mg.L ⁻¹	SM 3111 D
Ferro	mg.L ⁻¹	SM 3111 B
Zinco	mg.L ⁻¹	SM 3111 B
PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO		
Parâmetro	Unidade	Metodologia
Coliformes Fecais e Termotolerantes (E.C.)	NMP.100mL ⁻¹	SM 9223 B

Fonte: Autor (2018).

Os micropoluentes orgânicos emergentes definidos para estudo no presente trabalho estão relacionados na Tabela 10. Foram selecionados os compostos da portaria de consolidação nº 05/2017, do Ministério da Saúde, e da portaria RS/SES nº 320/2014, parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade.

Tabela 10 - Parâmetros das Portarias 05/2017 e 320/2014.

Parâmetro	Método	Unidade
<i>Escherichia coli</i>	Standard Methods 9223 B	NMP/100mL
1,1-Dicloroetano	EPA - Method 5021A / 8260C	µg.L ⁻¹
1,2-Diclorobenzeno	Standard Methods 6200 C	µg.L ⁻¹
1,2-Dicloroetano	EPA - Method 5021A / 8260C	µg.L ⁻¹
1,2-Dicloroetano (cis + trans)	EPA - Method 5021A / 8260C	µg.L ⁻¹
1,4-Diclorobenzeno	Standard Methods 6200 C	mg.L ⁻¹
2,4 D + 2,4,5 T	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
2,4,6 Triclorofenol	EPA 8316	µg.L ⁻¹
Abamectina	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Acefato + Metamidofós	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹

Continuação da tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros das Portarias 05/2017 e 320/2014.

Ácidos Haloacéticos Totais	EPA - Method 552.2	µg.L ⁻¹
Acrilamida	EPA 8316	µg.L ⁻¹
Alaclor	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Aldrin	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Alicarbe+Aldicarbesulfona+Aldicarbesufóxi do	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Alumínio	Standard Methods 3500 Al B	mg.L ⁻¹
Amônia	NBR 10560	mg.L ⁻¹
Antimônio	Standard Methods 3120 B	mg.L ⁻¹
Arsênio	Standard Methods 3120 B	mg.L ⁻¹
Atrazina	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Bário	Standard Methods 3111 D	mg.L ⁻¹
Benzeno (T)	Standard Methods 6200 C	µg.L ⁻¹
Benzo(a)pireno	USEPA SW 846 - 8270C- GC/MS	µg.L ⁻¹
Bifentrina	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Bromato	EPA 300.0 e 300.1	mg.L ⁻¹
Cádmio	Standard Methods 3111 B	mg.L ⁻¹
Carbaril	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Carbendazim + Benomil	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Carbofurano	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Chumbo	Standard Methods 3111 B	mg.L ⁻¹
Cianamida	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Cianeto Total	Standard Methods 4500 CN- D	mg.L ⁻¹
Cipermetrina	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Ciproconazol	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Cletodim	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Cloraminas	Standard Methods 4500 Cl G	mg.L ⁻¹
Clordano (Isômeros)	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Cloreto de Vinila	EPA - Method 5021A / 8260C	µg.L ⁻¹
Cloretos	Standard Methods 4500 Cl- B	mg.L ⁻¹
Clorimurom-etílico	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Clorito	EPA 300.0 e 300.1	mg.L ⁻¹
Cloro Residual Livre	Standard Methods 4500 Cl G	mg.L ⁻¹
Clorotalonil	EPA 8081- B	µg.L ⁻¹
Clorpirifós + Clorpirifós-oxon	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Cobre	Standard Methods 3111 B	mg.L ⁻¹
Coliformes Totais	Standard Methods 9223 B	P/A/100mL
Cor Aparente	Standard Methods 2120 B	uH
Cresoxim-metil	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Cromo Total	Standard Methods 3111 B	mg.L ⁻¹
DDT + DDD + DDE	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹

Continuação da tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros das Portarias 05/2017 e 320/2014.

Di (2-etilhexil) ftalato	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Diazinona	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Diclorometano	EPA - Method 5021A / 8260C	µg.L ⁻¹
Dieldrin	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Difenoconazole	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Diflubenzuron	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Dimetoato	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Ditianona	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Diuron	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Dureza Total	Standard Methods 2340 C	mg.L ⁻¹
Endossulfan (alfa, beta e sais)	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Endrin	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Epoxiconazol	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Estireno	EPA - Method 5021A / 8260C	µg.L ⁻¹
Etilbenzeno (T)	Standard Methods 6200 C	µg.L ⁻¹
Etoxisulfuron	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Fenitrotona	EPA 8081- B	µg.L ⁻¹
Fenoxaprop-p-etílico	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Fention	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Ferro Total	Standard Methods 3111 B	mg.L ⁻¹
Fipronil	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Fluoretos	Standard Methods 4500 F- C	mg.L ⁻¹
Flutriafol	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Folpet	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Fomesafem	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Gama-cialotrina	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Glifosato + AMPA	Standard Methods 6410	µg.L ⁻¹
Gosto	Standard Methods 2160 B	Intensidade
Hidrazida maleica	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Imazetapir	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Imidacloprido	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Indoxacarbe	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Iodosulfurom-metílico	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Ioxinil octanoato	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Lambda-cialotrina	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Lindano(y-BHC)	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Mancozebe	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Manganês	Standard Methods 3111 B	mg.L ⁻¹
Mercúrio	Standard Methods 3112 B	mg.L ⁻¹
Mesotriona	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹
Metacloro	EPA - Method 8270 D	µg.L ⁻¹

Continuação da tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros das Portarias 05/2017 e 320/2014.

Metalaxil-m (Mefenoxam)	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Metamidofós	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Metamitrona	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Metildationa	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Metiram + Mancozebe	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Metsulfurom metílico	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Microcistinas	Standard Methods 10200 F	org / mL
Molinato	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Monoclorobenzeno	Standard Methods 6200 C	mg.L^{-1}
Níquel	Standard Methods 3111 B	mg.L^{-1}
Nitratos	Standard Methods 4500 NO_3	mg.L^{-1}
Nitritos	Standard Methods 4500 NO_2 B	mg.L^{-1}
Odor	Standard Methods 2510 B	Intensidade
Parationa Metílica	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Pendimetalina	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Pentaclorofenol	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Permetrina	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Picoxistrobina	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Profenofós	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Radio 226	Standard Methods 7110	Bq.L^{-1}
Radio 228	Standard Methods 7110	Bq.L^{-1}
Saxitoxinas	Standard Methods 10200 F	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Selênio	Standard Methods 3120 B	mg.L^{-1}
Simazina	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Sódio	Standard Methods 3500 Na B	mg.L^{-1}
Sólidos Dissolvidos Totais	Standard Methods 2540 C	mg.L^{-1}
Sulfatos	Standard Methods 4500 SO_4	mg.L^{-1}
Sulfeto de Hidrogênio	Standard Methods S2- F	mg.L^{-1}
Surfactantes(c/ Azul de Metileno)	Standard Methods 5540 C	mg.L^{-1}
Tebuconazol	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tembotriona	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Terbufós	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tetracloroeto de Carbono	EPA - Method 5021A / 8260C	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tetracloroeteno	EPA - Method 5021A / 8260C	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tetraconazol	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tiametoxam	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tiodicarbe	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tiofano-metílico + Carbendazim + Benomil	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tolueno (T)	Standard Methods 6200 C	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Triciclazol	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$

Continuação da tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros das Portarias 05/2017 e 320/2014.

Triclorobenzeno	EPA - Method 5021A / 8260C	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Tricloroeteno	EPA - Method 5021A / 8260C	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Trifuralina	EPA - Method 8270 D	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Trihalometanos Totais (THM)	Standard Methods 6410	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Turbidez	Standard Methods 2130 B	NTU
Urânio	Standard Methods 3125 B	mg.L^{-1}
Xileno (T)	Standard Methods 6200 C	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Zinco Total	Standard Methods 3111 B	mg.L^{-1}

4.4 Identificação qualitativa dos compostos orgânicos presentes na água bruta do Rio Caí.

Para determinar os micropoluentes orgânicos emergentes foram definidos 04 pontos entre os 17, em função das condições experimentais e recursos financeiros para as análises. Os pontos foram determinados em consequência dos locais apresentarem sinais de ação antrópica em cada trecho do rio, sendo os pontos: P02 em São Francisco de Paula, P08 em Caxias do Sul, P11 em Montenegro e P15 em Nova Santa Rita.

4.4.1 Extração das amostras por Cartucho Strata-X - SPE

A extração das amostras foi realizada no laboratório Aquário. A extração foi realizada de acordo com o método utilizado na Central Analítica da Universidade Feevale. Os reagentes utilizados para a extração foram: água ultrapura, metanol P.A, ácido nítrico, diclorometano P.A, hexano P.A e solução diclorometano:hexano (1:1). Primeiramente realiza-se a filtração de 500 mL da amostra com membrana 0,45 μm 47 mm de celulose, posteriormente deve-se acidificar a amostra filtrada a pH 3, com ácido nítrico. Em seguida, ativa-se o cartucho Strata-X, através de 10 mL de diclorometano:hexano (1:1), com fluxo de 5 mL.min^{-1} e 10 mL de metanol P.A, com fluxo de 5 mL.min^{-1} . Por fim, lavar o cartucho com 20 mL de água ultrapura, com fluxo de 5 mL.min^{-1} . Logo após, adiciona-se a amostra acidificada ao sistema de extração SPE, conforme Figura 4.

Figura 4 - Sistema de Extração SPE.



Fonte: Autor (2019)

Finalizando a extração da amostra, seca-se o cartucho com gás nitrogênio. Para a eluição das amostras utiliza-se 10 mL da solução de diclorometano:hexano (1:1) para tubos de ensaio de vidro com tampa e, posteriormente, o sistema permanece no vácuo por 30 min. Por fim, evapora-se o extratos com gás nitrogênio em fluxo fraco até secar e após ressuspende-se o material seco com diclorometano P.A (CAPPELLARO, 2019).

4.4.2 Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas

Para a avaliação qualitativa dos compostos orgânicos, foi utilizado um sistema de Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas, usando o equipamento GC2010 Plus acoplada à espectrometria de massas GCMS-QP2010 Ultra marca Shimadzu com amostrador automático. Onde temos o volume de injeção de 1 µl de amostra, coluna cromatográfica SH-Rxi-1ms de 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, com modo de injeção Split, temperatura de injeção de 250°C. As condições de operação do cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas estão demonstradas na Tabela 11. Na Figura 5, apresenta-se o equipamento utilizado nesta

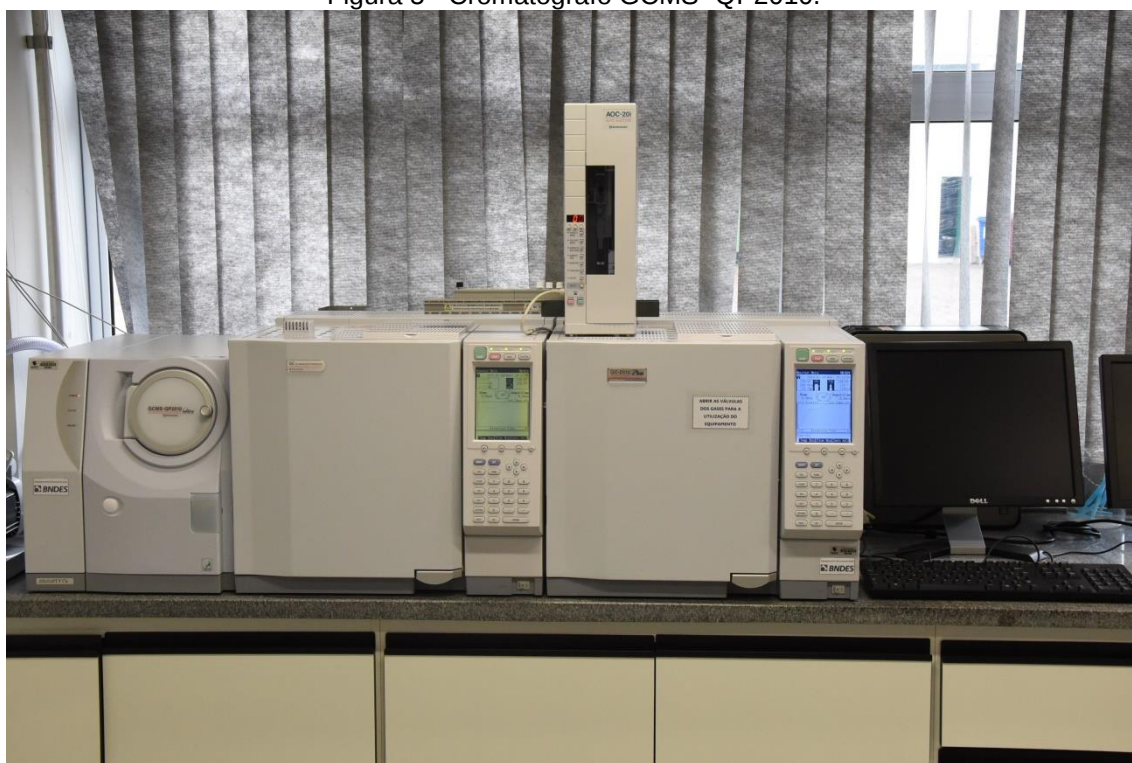
etapa. O método de detecção utilizado foi a ionização de elétrons (IE), através do monitoramento de varredura (SCAN). Foi injetado 1 µL de amostra.

Tabela 11 - Condições de operação do cromatógrafo

Condição	Valores
Volume de injeção	1µL
Temperatura de Injeção	250°C
Modo de Injeção	Split pulsado
Injeção	Automática
Temperatura Inicial	60 °C
Taxa de Aquecimento 1	18 °C.min ⁻¹
Temperatura Final 1	200 °C por 6 min
Taxa de Aquecimento 2	6 °C.min ⁻¹
Temperatura Final 2	280 °C por 15 min
Temperatura da Interface	250°C

Fonte: Laboratório de Central Analítica da Universidade Feevale

Figura 5 - Cromatógrafo GCMS- QP2010.



Fonte: Autor (2019)

4.5 Construção de mapas temáticos de uso e ocupação do solo.

Essa etapa consistiu no levantamento de informações referentes à área de estudo para a produção de mapas temáticos. Foi utilizado software ArcGIS, que agrupa diversos aplicativos para captura, edição, análise, tratamento, design, publicação e impressão de informações geográficas, e as bases de dados do IBGE para a formulação dos seguintes mapas:

- O mapa do uso e ocupação do solo foi construído a partir do arquivo disponibilizado pelo IBGE em formato vetorial, que apresenta os usos da terra na região da Serra, Vale do Caí e Região Metropolitana de Porto Alegre.
- O mapa com as manchas urbanas foi gerado a partir do arquivo base da região da Serra, Vale do Caí e Região Metropolitana de Porto Alegre disponibilizado pelo IBGE. Estas foram extraídas com o auxílio do limite dos municípios inseridos na Bacia.
- O mapa Salário Mínimo por Município da BHRC foi construído a partir do mapa com as manchas urbanas. No primeiro momento foi verificado o salário mínimo do Estado do Rio Grande do Sul no ano de 2018, e em seguida foi inserido a renda per capita de cada município.

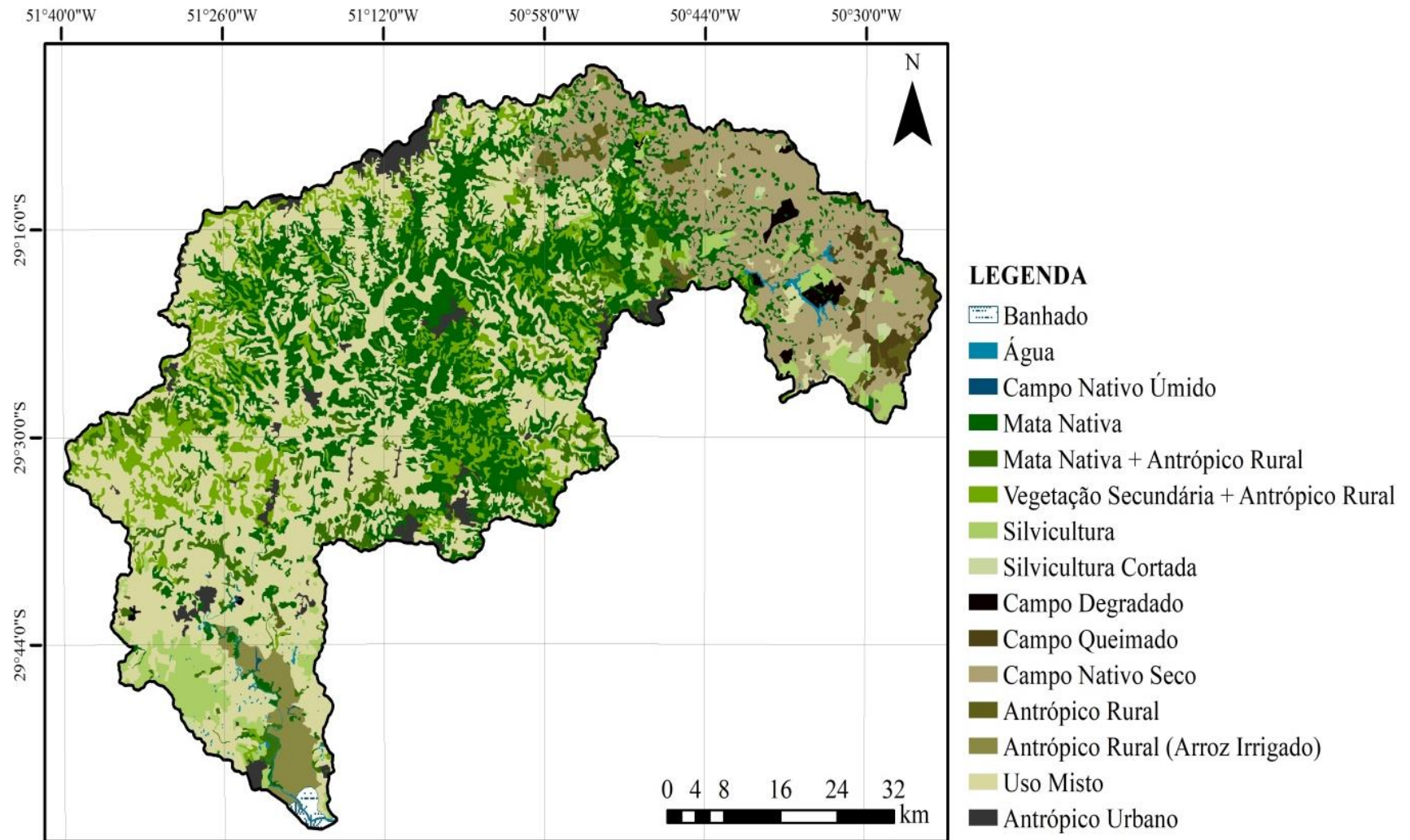
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapa de uso e ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caí

A Bacia Hidrográfica do Rio Caí tem a área contribuição de 5.027 km². A figura 6 apresenta a caracterização superficial do uso do solo, permite verificar a situação de degradação ambiental causada por ação antrópica, ocasionado por diversas atividades econômicas, como agroindústrias, lazer, turismo, barragens, rodovias e moradias.

Conforme Ritzel (2019), o uso do solo ao longo da BHRC é bem diferenciado em função das características geomorfológicas. A região do Alto Caí fomenta a criação de bovinos, produção de maçãs, batatas, hortaliças e atividade madeireira. As pequenas propriedades agrícolas localizam-se no Médio Caí, onde o cultivo é diversificado. Além dos maiores centros urbanos, como a cidade de Caxias do Sul, a qual contribui fortemente com o despejo inadequado de esgoto domiciliar. No Baixo Caí, o manejo do solo é vinculado à plantação de arroz e pecuária.

Figura 6 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caí



Fonte: Autor (2018)

A tabela 12 apresenta a caracterização superficial do uso do solo em percentual e km² de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caí, conforme a figura 6.

Tabela 12 - Uso e ocupação do solo

Uso e Ocupação do Solo	Área	
	%	Km ²
Antrópico Rural	1,36	68,24740156
Antrópico Rural - (arroz irrigado)	1,91	95,95692065
Água	0,46	23,18312462
Banhado	0,34	17,0832496
Campo degradado	0,61	30,77968617
Campo nativo seco	13,06	656,5452839
Campo queimado	0,89	44,91235073
Antrópico urbano	2,81	141,1234862
Mata nativa	23,07	1159,855297
Vegetação Secundária - Antrópico Rural	10,53	529,4732582
Mata nativa - Antrópico Rural	4,71	236,6062071
Silvicultura	4,97	249,9109392
Silvicultura cortada	0,31	15,80278732
Uso misto	34,96	1757,519525

Fonte: Autor (2018)

Como pode ser observado na tabela 12 apresenta os dados de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Destacam-se os dados de mata nativa, que registra 23,07% da área da bacia. Essa mata exerce função importante na qualidade do ar e da água, na regulação do clima e na conservação do solo. A área compreendida pela água é apenas 0,46%.

No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação, abastecimento, fins industriais, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer. Cada uso tem particularidades ligadas à quantidade ou à qualidade da água, e altera as condições naturais das águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2020).

Conforme o Comitê Caí (2015), para a gestão das águas é fundamental conhecer a quantidade de água disponível e como ela está sendo utilizada. A utilização de água na Bacia Hidrográfica do Rio Caí é de 12.800 L.s⁻¹, o que representa 23 % das águas da bacia. Os usos consultivos da água estão detalhados na tabela 13.

Tabela 13 - Uso das águas

Uso das águas	Quantidade (L.s ⁻¹)
Criação de animais	200
Irrigação	300
Abastecimento público	800
Irrigação de arroz	1.000
Abastecimento Indústria	2.500
Transposição	8.000

Fonte: Comitê Caí (2015)

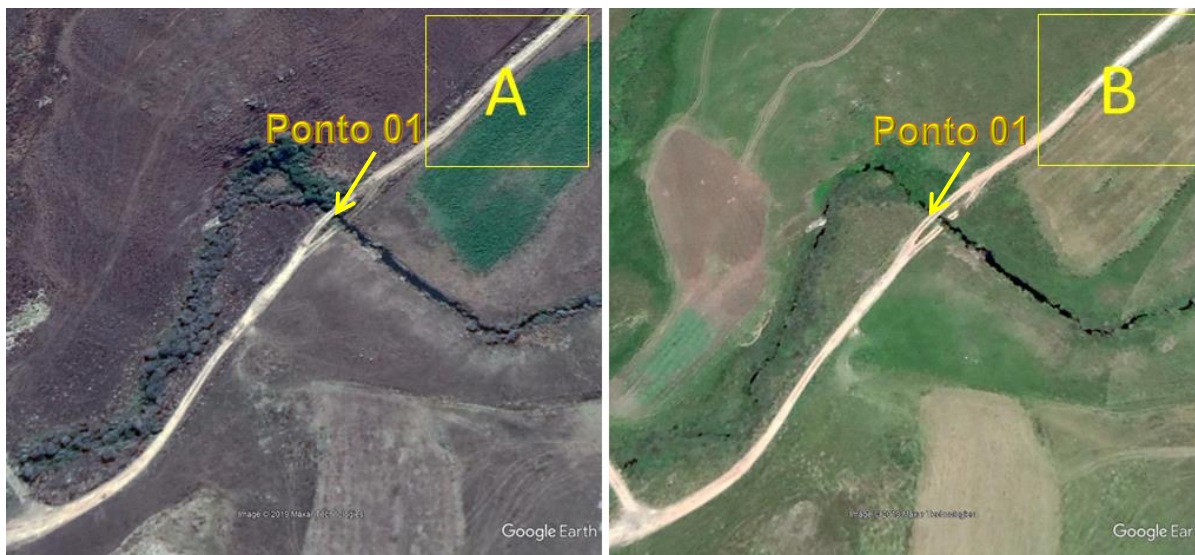
A utilização da água para abastecimento público representa 6,25% das águas consumidas, enquanto para a irrigação de arroz representa 7,81% das águas utilizadas. Conforme Suárez e Roman (2016), o método mais utilizado nas plantações de arroz é por inundações, devido às condições agronômicas criadas que favorecem a obtenção de maior produtividade, mas também a um maior consumo de água.

O abastecimento das Indústrias consomem 19,53% das águas, já a transposição das águas para a geração de energia representa o consumo de 62,50%. A transposição da água para a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos só é possível por causa da existência do sistema de barragens Salto, Blang e Divisa, que regulariza as vazões à jusante (COMITÊ CAÍ, 2015).

5.1.1 Uso e ocupação do solo nos pontos de monitoramento

O acesso até a nascente do Rio Caí é pela RS-020, da sede do município de São Francisco de Paula segue pela rodovia no sentido para Tainha, por 26,9 km, entra à esquerda em uma estrada vicinal sem pavimentação e logo em seguida entra no primeiro acesso à esquerda, seguindo por mais 4,1 km. Durante o percurso na estrada sem pavimentação é possível observar as plantações de eucaliptos, milho, feijão e hortaliças. O local apresentado na figura 7 é o ponto de coleta 01, apresentando um solo com rochas e argila, aonde o curso d'água apresenta pequena declividade. A medição do local apresentou a altitude de 890 m do nível do mar.

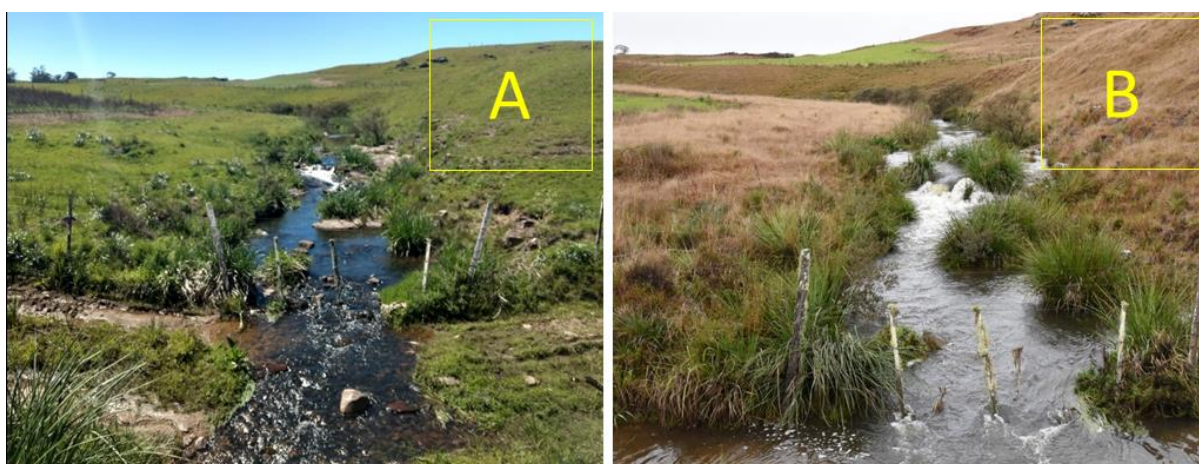
Figura 7 - Ponto de Coleta 01: A – em 2017, B – em 2019.



Fonte: Google Earth (2019)

A figura 8-A foi registrada em 15 de novembro de 2017, dia em que a vazão do Rio estava baixa, com nítida visualização das pedras e arames de uma cerca que delimita uma propriedade. No dia 14 de março de 2018, ao retornar ao ponto de coleta, verificou-se que a vazão do rio estava maior, conforme figura 8-B.

Figura 8 - Ponto de Coleta 01: A - vazão do rio em 2017, B - vazão do rio em 2018.



Fonte: Autor (2019)

A figura 09 apresenta o impacto antrópico causado pela plantação de feijão, estando presente nos dois lados do rio, onde matas ciliares foram removidas, apresentando características de uso de queimadas para a limpeza do solo. O local apresenta o predomínio de propriedades rurais, com baixa densidade populacional.

Nessa região é possível observar pouca diversidade da flora e da fauna, onde só foram visualizados equinos e bovinos, que são animais para fins agropecuários.

Figura 9 – Ação antrópica próximo da nascente do Rio Caí



Fonte: Autor (2017)

A seleção do local para ser o ponto de coleta 02 foi em consequência de a região apresentar plantações, principalmente de hortaliças (couve-flor, repolho, alface, cheiro-verde, etc) e batatas próximas ao leito do rio. O ponto é localizado no município de São Francisco de Paula. O acesso até o local é realizado pela RS-110, da sede do município de São Francisco de Paula e segue pela rodovia no sentido para Várzea do Cedro, por 19,1 km até a chegar à ponte. O local apresenta impacto antrópico de campo degradado e silvicultura, com baixa densidade populacional, predomínio de propriedades rurais com criações de animais e plantações de eucaliptos. Na figura 10, observa-se redução na área verde no período de 2017 a 2019.

Figura 10 - Ponto de Coleta 02: A – em 2017, B – em 2019.



Fonte: Google Earth (2019)

Nesse trecho o rio apresenta suave declínio, com solo arenoso e rochoso, ainda está preservada a mata ciliar, conforme a figura 11. Apesar do local selecionado para ser o ponto 02 estar próximo da ponte da RS-110, ele tem uma estrada cortando o rio, que é utilizado para passagem de máquinas agrícolas quando a vazão está baixa.

Figura 11 - Ponto de coleta 02.



Fonte: Autor (2017)

O ponto de coleta 03 fica localizado ao lado da barragem do Salto, apresentando uma mata nativa com antrópico rural e campo nativo seco, conforme figura 12. O acesso ao local é realizado pela RS-235, estando localizado a 22 Km de São Francisco de Paula e a 17 Km de Canela. Quando chega à entrada de acesso, segue por uma estrada vicinal sem pavimentação por 1,5 km até a barragem.

Figura 12 - ponto de coleta 03.



Fonte: Google Earth (2019)

Na figura 12, pode-se observar que em torno da Barragem do Salto apresenta propriedades rurais. Nesse trecho o rio apresenta suave declínio, com solo rochoso e arenoso.

Conforme a revista Usina da Cultura (2018), a Barragem do Salto foi inaugurada em 1951, pertence ao Sistema Energético Salto. Com 583 m de comprimento, acumula 14 milhões de m³ de água com até 12 m de profundidade

para a geração de energia na Usina de Bugres (CEEE, 2011). A água é conduzida até a usina por um túnel de aproximadamente 2 km de extensão, possuindo diâmetro superior a 2 m. A pequena barragem que se vê à jusante da barragem principal acumulava água para gerar energia nas primeiras décadas do século passado. Uma das finalidades do sistema Bugres é a redução na emissão de CO₂ com a geração de energia na hidroelétrica da CEEE. O sistema de geração de energia é composto por 15 usinas de pequeno, médio e grande portes, com capacidade instalada de 911,2 MW (CEEE, 2017).

Conforme o Grupo CEEE (2017), em média 8 m³/s são direcionados da Barragem do Salto na Bacia Hidrográfica do Rio Caí para o Rio Paranhana na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, isso corresponde a 10% da água da BHRC e 30% da BHRS.

A figura 13-A foi registrada em 15 de novembro de 2017, dia em que a vazão do Rio estava baixa, e o nível da água não estava passando pelo vertedouro. A figura 13-B foi registrada no dia 14 de março de 2018, retornando ao local para realização de coleta, quando pode-se verificar que a vazão do rio na barragem estava alta, e a água estava vertendo.

Figura 13 - Barragem do Salto: A – baixa vazão, B – alta vazão.



Fonte: Autor (2019)

Na figura 14 é apresentado o ponto de coleta 04. O acesso ao Passo do Inferno é pela RS-476, segue pela RS-235 até o acesso da RS-476, em seguida segue por 9 km até o local, estando a 18 km da sede do município de Canela. Durante o percurso na RS-476 é possível observar as plantações de eucaliptos e milho, como também, o descarte indevido de resíduos. O local apresenta impacto

antrópico, com baixa densidade populacional, predomínio de atividade de extração de madeira e atividades turísticas.

Figura 14 - Ponto de coleta 04.



Fonte: Google Earth (2019)

Da ponte do Passo do Inferno observa-se a cachoeira com aproximadamente 20 m de altura e o Parque da Cachoeira (instalado na reserva ecológica, aonde as seguintes atividades são realizadas: caminhadas, piqueniques, esportes de aventura, camping, etc), conforme figura 15. No Passo do Inferno fica localizada a Usina Hidroelétrica Passo do Inferno, sendo a primeira hidroelétrica projetada e construída pela CEEE em 1948, com carga instalada de 01 MW, sendo o suficiente para abastecer 2.500 unidades consumidoras residenciais (CEEE, 2017).

Figura 15 – Cachoeira no Passo do Inferno

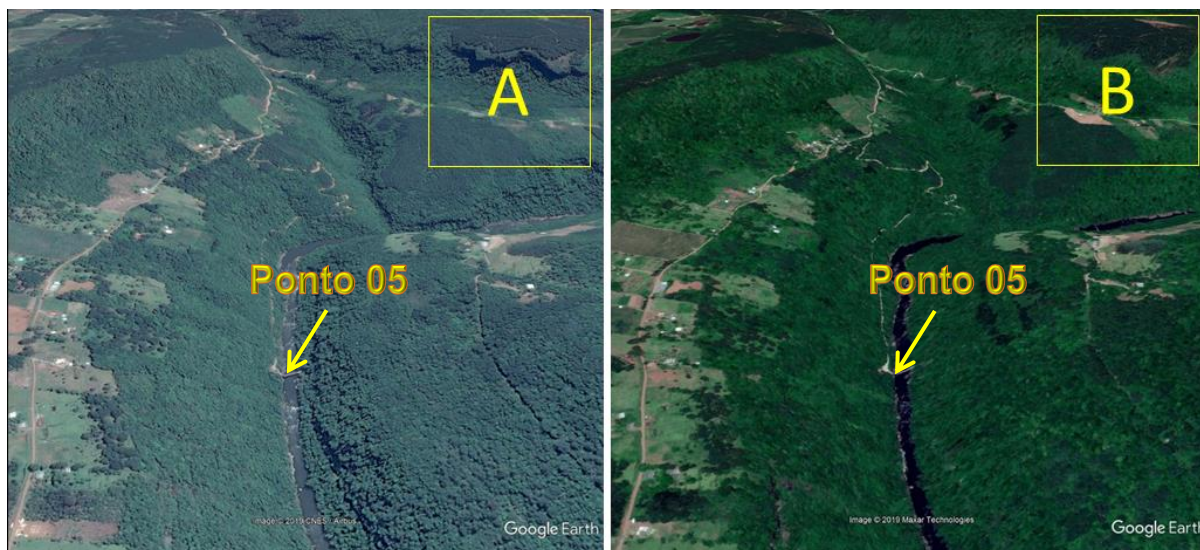


Fonte: Autor (2017)

O acesso ao ponto 05 na Ponte do Raposo é pela RS-466, da sede do município de Canela seguindo pela rodovia no sentido ao Parque do Caracol por 7 km, entrando à esquerda em uma estrada vicinal sem pavimentação por 7,7 km até o local. Durante o percurso na estrada sem pavimentação é possível observar as plantações de eucaliptos, milhos e hortaliças, e a criação de animais de pequeno porte.

O ponto de coleta 05 fica localizado na divisa territorial dos municípios de Gramado e Caxias do Sul. O local apresenta impacto antrópico, com baixa densidade populacional, conforme figura 16.

Figura 16 – Ponto de coleta 05: A – em 2017, B – em 2019.



Fonte: Google Earth (2019)

A ponte fica no trajeto dos tropeiros que vinham da região de Santo Antônio da Patrulha e Taquara, passando pela região das hortênsias e posteriormente onde fica hoje o Distrito de Vila Oliva (GUIAS DE CAXIAS DO SUL, 2018). O local foi selecionado para ser o ponto de coleta 05 em consequência de estar localizado após os parques temáticos no município de Canela, principalmente do Parque Estadual do Caracol (segundo ponto turístico mais visitado do sul do Brasil). O uso do solo constitui-se de mata nativa com antrópico rural, sendo observado o vale com florestas nativas e o curso d'água do Rio Caí, conforme figura 17.

Figura 17 - Ponte do Raposo



Fonte: Autor (2019)

O acesso até o ponto de coleta 06 é pela RS-235, da sede do município de Nova Petrópolis segue pela rodovia no sentido para Gramado por 14,4 km, entra à esquerda em uma estrada vicinal sem pavimentação seguindo por mais 5,6 km.

O local foi escolhido para ser ponto de coleta por apresentar áreas verdes. O rio tem matas ciliares, o solo é rochoso e arenoso, porém é possível observar o uso do solo de campo degradado, principalmente pela silvicultura, o local possui baixa densidade populacional, predomínio de propriedades rurais com criações de gado e galinhas, e plantações de eucaliptos e milho. A ponte é um marcador de nível, sendo possível observar a altura das águas do rio, conforme figura 18.

Figura 18 – Ponto de Coleta 06.



Fonte: Autor (2019)

O ponto de coleta 07 está identificado na figura 19. Ele fica localizado no município de Caxias do Sul, sob a ponte na BR-116. O acesso até o local é pela BR-

116, da sede do município de Nova Petrópolis segue pela rodovia no sentido para Caxias do Sul por 9,5 km, após a ponte entra à esquerda para ter acesso ao rio.

Figura 19 - Ponto de coleta 07.



Fonte: Google Earth (2019)

A figura 20 apresenta as margens do rio sob a ponte da BR-116, o local possui impacto antrópico de campo degradado, apresenta residências próximas, indústria têxtil e indústria de alimentos. A seleção do local para ser o ponto de coleta 07 foi em consequência de a região apresentar o desenvolvimento de atividades agrícolas, principalmente, plantações de arroz, milho e hortaliças, como também, criações de animais de médio porte, bovinos e suínos. Neste trecho o rio apresenta suave declínio, com solo argiloso e rochoso, a mata ciliar apresenta impacto antrópico.

Figura 20 - Margens do Rio Caí sob a ponte da BR-116



Fonte: Autor (2017)

A seleção do local para ser o ponto de coleta 08 foi em consequência de receber as águas do Rio Bello. A região apresentar plantações, principalmente de hortaliças (couve-flor, repolho, alface) próximas ao leito do rio. O ponto é localizado no município de Caxias do Sul. O acesso até o local é realizado pela RS-452, da sede do município de Nova Petrópolis segue pela BR-116 no sentido para Caxias do Sul, por 13,7 km, na rotatória entra o primeiro acesso à esquerda na RS-452, segue por 2 km até a chegar ao Hotel Fazenda Vale Real, conforme a figura 21.

Figura 21 - Ponto de Coleta 08.



Fonte: Google Eath (2019)

Nesse trecho o rio apresenta suave declínio, com solo rochoso e argiloso. A região apresenta impacto antrópico de campo degradado, com residências próximas e várias indústrias (Têxtil, aviária, agropecuária) próximas do leito do rio. As lagoas de tratamento de efluentes da Indústria têxtil ficam ao lado do leito do Rio Bello, que desagua no Rio Caí, conforme a figura 22.

Conforme Toniollo et al. (2015), os efluentes da indústria têxtil lançados em corpos d'água, tratados ou não, provocam alterações nas características do corpo receptor, podendo ser representativas ou não, dependendo da quantidade e concentração da carga lançada. Essa carga poluidora ocasiona problemas nos recursos hídricos relacionados a: contaminação microbiológica, variações nas qualidades dos mananciais, produtos químicos e inorgânicos causando alterações

em parâmetros físico-químicos e ocasionando o encarecimento do tratamento da água.

Figura 22 - Afluente desaguando no Rio Caí



Fonte: Autor e Google Maps (2018)

O ponto de coleta 09 fica localizado na área urbana do município de Vale Real. Ao chegar à cidade pela RS-476, entra na Travessa Sociedade e em seguida vira à esquerda na Rua Rio Branco, entra no primeiro acesso à direita, e segue até chegar à ponte sobre o Rio Caí, identificado na figura 23.

Figura 23 - Ponto de coleta 09.



Fonte: Google Earth (2019)

O município de Vale Real tem a população estimada em 5.842 pessoas, e apresentando 25,8% dos domicílios com esgotamento sanitário, onde 90,4% estão em área urbana (IBGE, 2018). Este ponto apresenta as margens do rio com a mata ciliar degradada e na margem esquerda no sentido jusante é possível observar assoreamento. Resíduos são encontrados ao longo do curso do Rio, caracterizando uma poluição exclusivamente antrópica, tais como, garrafas plásticas e recipientes utilizados para acondicionar produtos, todos flutuando na água, e sacolas plásticas e embalagens de alimentos presos nos galhos das árvores junto às margens do Rio. A poluição apresentada pelos galhos das árvores mostra o efeito das cheias do Rio seguido de períodos de baixa vazão. Diversos locais do trecho inferior apresentam resíduos sólidos presos nos galhos das árvores, conforme a figura 24.

Figura 24 – Ações antrópicas no leito do rio.



Fonte: Autor (2018)

Os demais pontos de coleta estão localizados no trecho inferior do Rio Caí. Neste trecho do Rio, até a foz no delta do Jacuí a declividade é mínima, é possível sentir odores exalados pela água.

Na figura 25 é o ponto de coleta 10, localizado sob a ponte da RS-240, ao lado da estação de captação de água da Companhia de Abastecimento para o município de Montenegro – RS.

Figura 25 - Ponto de coleta 10



Fonte: Google Earth (2019)

O município tem uma população estimada em 64.788 pessoas, onde 89,1% das residências têm coleta de esgoto, sendo 88,1% em área urbana (IBGE, 2018). Para o abastecimento d'água na cidade, a estação de tratamento de água – ETA 02 tem a capacidade de suprir 80% da demanda, o restante é complementado pela ETA 01 (CORSAN, 2018). Esse ponto está localizado a jusante da foz do Arroio Maratá, que contribuem ativamente para a qualidade da água. O local para amostragem pode ser alcançado por terra ou de barco, porém, o acesso terrestre até a margem do Rio fica comprometido conforme o volume de chuva, pois, a

margem é um barranco de aproximadamente 2 metros de altura, que no período de chuvas intensas fica submerso, conforme figura 26.

Figura 26 - Ponto de coleta 10.



Fonte: Autor (2019)

O Ponto de coleta 11 fica localizado na Rua Álvaro de Moraes, ao lado da estação de captação de água da Companhia de Abastecimento, na área urbana do município de Montenegro. Nesse local são descarregados ao lado da estação de bombeamento de água, parte dos esgotos da cidade sem tratamento, conforme figura 27.

Segundo Marçal e Silva (2017), entre os usos múltiplos dos corpos hídricos, o lançamento e a diluição de efluentes merecem atenção e acompanhamento adequado por parte dos órgãos gestores, por meio do monitoramento dos efluentes e do impacto na qualidade da água do corpo receptor. A capacidade de diluição de

um corpo receptor deve considerar as condições iniciais da qualidade da água e a variação do regime hidrológico, impedindo o lançamento de cargas poluidoras que ultrapassem a sua capacidade de autodepuração.

Figura 27 – Ponto de coleta 11.



Fonte: Autor (2018)

O Ponto de coleta 12 fica localizado ao lado de uma indústria de processamento de madeira na área urbana do município de Montenegro. Nesse local é descarregado efluente da indústria, conforme figura 28.

Os resíduos industriais de madeiras são oriundos do processamento mecânico das toras de madeiras sólidas. Durante o corte e descascamento, processo de desdobro, desengrosso, serragem e acabamento, há a geração de vários tipos de resíduos (FARIAS et al., 2019). No processamento beneficiamento da madeira é gerado efluente que pode ser capaz de contaminar os mananciais hídricos (OLIVEIRA, 2012).

Figura 28 – Ponto de coleta 12.



Fonte: Autor (2018)

Na figura 29 é apresentado o ponto de coleta 13, localizado no município de Nova Santa Rita, sob a ponte na BR-386. O local possui impacto antrópico de campo degradado, apresenta residências e indústrias. Nesse trecho o Rio é utilizado para navegação de embarcações de grande porte, com a finalidade de realizar o escoamento de produções de mineração, principalmente argila, areia e cascalho.

Figura 29 – Ponto de coleta 13.



Fonte: Autor (2018)

O ponto de coleta 14 está localizado no Arroio Paulista, município de Triunfo, o arroio passa ao lado das lagoas de estabilização da SITEL do Polo Petroquímico de Triunfo, conforme figuras 30 e 31. O Polo Petroquímico é um complexo industrial formado por seis empresas: Arlanxeo, Braskem, BRK Ambiental, Innova, Oxiten e

White Martins. Atualmente, conta com aproximadamente 6.300 funcionários distribuídos entre as empresas do Polo (POLO, 2018).

Efluentes de indústrias petroquímicas contêm compostos orgânicos de lenta degradação (recalcitrantes), como por exemplo, os polímeros que estão presentes nos lodos gerados nas ETE's, sendo transferidos para o meio ambiente (SANTOS, 2010).

Figura 30 – Ponto de coleta 14 no Arroio Paulista.



Fonte: Autor (2018)

Figura 31 - Lagoas de Estabilização ao lado do Arroio Paulista.



Fonte: Google Maps (2018)

A figura 32 foi registrada em setembro de 2018, onde é possível observar o Baixo Caí, entre os municípios de Nova Santa Rita e Triunfo. Merecem destaque o uso e ocupação do solo para agricultura, visualizando áreas degradadas, como também a localização das lagoas de tratamento do Polo Petroquímico.

Figura 32 - Uso e ocupação do solo no Baixo Caí.



Fonte: Autor (2018)

Na figura 33 é apresentado o ponto de coleta 15, que fica localizado no município de Nova Santa Rita, à jusante do Arroio Paulista e próximo da foz do Rio Caí no Rio Jacuí. O local possui impacto antrópico de campo degradado, áreas utilizadas para atividades de mineração e plantações, principalmente de arroz.

Figura 33 – Ponto de coleta 15.



Fonte: Autor (2018)

O ponto de coleta 16 fica localizado no Rio Jacuí, após a foz do Rio Caí, conforme a figura 34. O rio Jacuí possui cerca de 800 km de comprimento e sua vazão média na foz é na ordem de 1.900 m³/s. Na região próxima ao Polo Petroquímico o Rio recebe as águas do Rio dos Sinos e Rio Caí, encorpando ainda mais o volume de suas águas. Próximo à capital, Porto Alegre, o leito do Jacuí é muito utilizado para passeios e esportes náuticos (SEMA, 2019).

Figura 34 – Ponto de Coleta 16 no Rio Jacuí.



Fonte: Autor e Google maps (2018)

O Ponto de coleta 17 fica localizado na entrada do canal do Polo Petroquímico, no município de Triunfo. O Canal foi construído com a finalidade de escoar a produção do Polo no modal hidroviário, realizando a ligação com o Rio Jacuí, conforme figura 35.

Figura 35 - Ponto de coleta 17 entrada do Canal do Polo Petroquímico.



Fonte: Autor e Google maps (2018)

Considerando as saídas de campo para a realização das coletas nos dezessete pontos definidos para o trabalho, realizando uma prévia caracterização do curso do rio Caí, pode se observar o seguinte:

- No trecho superior com água cristalina junto à nascente já é passível de interferência devido, principalmente, à população rural da região; mesmo possuindo extensas áreas de matas;
- O trecho médio já sofre com a interferência da urbanização e da industrialização, principalmente devido aos arroios que desaguam no Rio;
- O trecho inferior é contaminado por ações antrópicas, principalmente o lançamento de efluentes dos centros urbanos.

5.2 Análise Econômica

Nos últimos anos a redução na renda média mensal dos responsáveis das famílias é visível, porém é importante levar em consideração todo contexto da situação econômica do país. O salário Mínimo (SM) aplicado em 2018 no Rio Grande do Sul era de R\$ 1.175,15, sendo menor que o SM dos Estados do Paraná (R\$ 1.247,40) e Rio de Janeiro (R\$ 1.193,36), mas é superior ao SM nacional (R\$ 954,00). Conforme Albuquerque et al. (2017), o salário mínimo e a inflação possuem uma forte correlação, enquanto o primeiro estabelece uma importante conquista dos brasileiros, o segundo está associado a perda do poder de compra. Dessa forma, mesmo que exista um aumento considerável no salário mínimo, necessariamente não existirá um aumento no poder de compra dos trabalhadores. O autor estabelece um estudo sobre o salário mínimo, o reajuste nominal, o Índice Nacional de Preços ao Consumidor – INPC, e a variação real. Segundo dados do IBGE (2018), a tabela 14 apresenta a projeção da renda per capita por município, que está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Caí.

Tabela 14 – Renda per capita por município inseridos na BHRC

Município	Renda per capita (R\$)
Alto Feliz	802,20
Barão	947,28
Bom Princípio	855,42
Brochier	720,21
Canela	787,78
Capela de Santana	533,88
Carlos Barbosa	1.446,56
Caxias do Sul	1.253,93
Dois Irmãos	921,37
Estância Velha	848,45
Farroupilha	1.045,05
Feliz	897,05
Gramado	1.045,52
Harmonia	840,55
Igrejinha	848,23
Ivoti	1.025,02
Lindolfo Collor	672,81
Linha Nova	857,79
Maratá	745,31
Montenegro	914,23

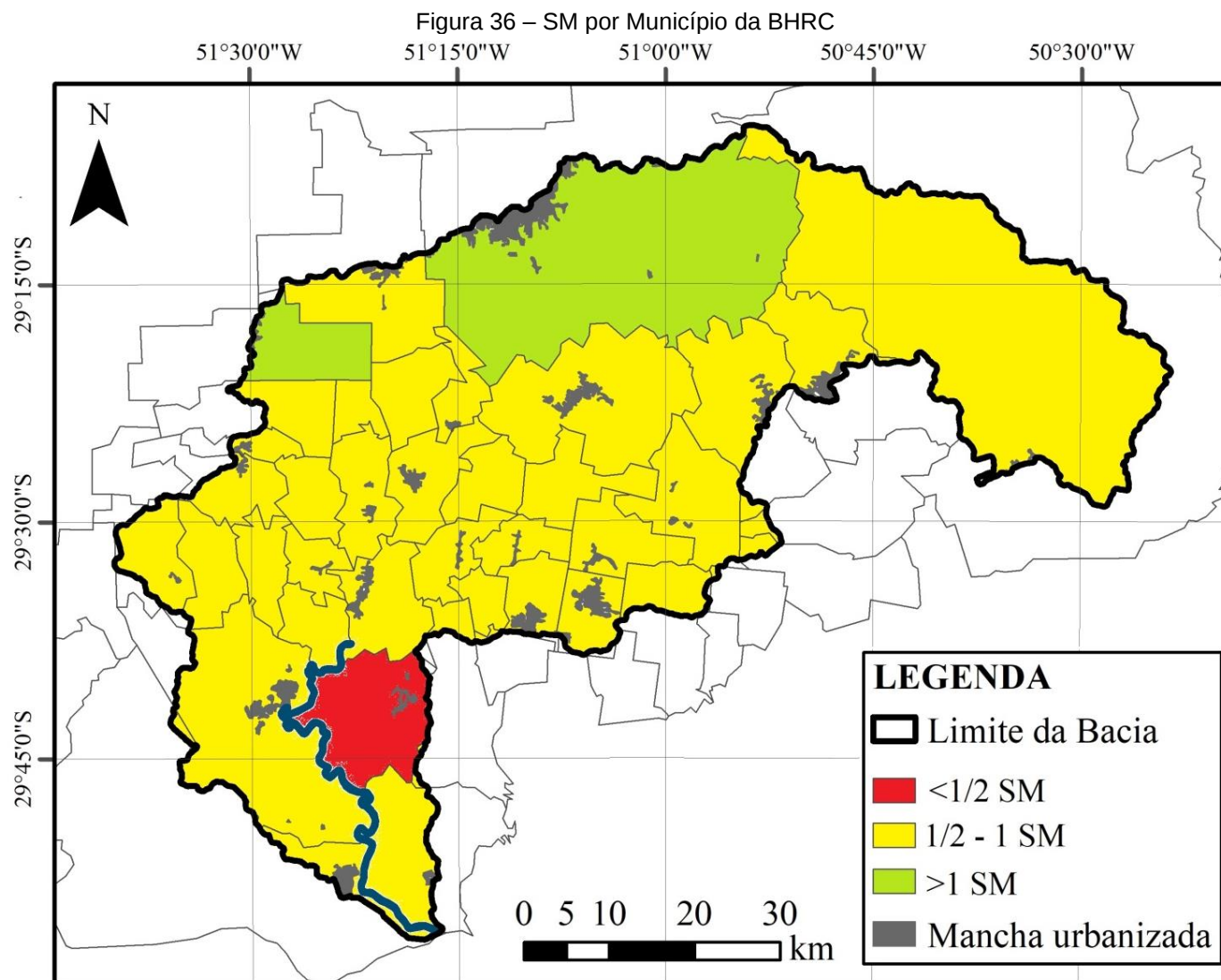
Continuação da tabela 14.

Tabela 14 - Renda per capita por município

Morro Reuter	767,55
Nova Hartz	600,00
Nova Petrópolis	994,67
Nova Santa Rita	686,87
Pareci Novo	788,66
Picada Café	792,06
Poço das Antas	810,09
Portão	729,01
Presidente Lucena	739,90
Salvador do Sul	852,02
Santa Maria do Herval	689,47
São Francisco de Paula	628,15
São José do Hortêncio	693,46
São José do Sul	989,48
São Pedro da Serra	842,22
São Sebastião do Caí	772,04
São Vendelino	814,28
Sapiranga	713,99
Três Coroas	799,41
Triunfo	695,08
Tupandi	808,39
Vale Real	795,41

Fonte: IBGE (2018).

Verificando a renda per capita por município da Bacia Hidrográfica do Rio Caí, é possível observar que apenas o município de Capela de Santana tem renda per capita inferior a meio salário mínimo do Estado do Rio Grande do Sul, que pode ser observado na Figura 36. O mapa apresenta que 92,8% dos municípios apresentam renda per capita superior a meio SM e inferior a um salário mínimo, e 4,7% dos municípios tem renda per capita superior a um salário mínimo do Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Autor (2019)

As informações referentes aos aspectos econômicos e de saneamento foram relacionados com a renda média dos municípios, a qual não estabelece nenhuma relação em ter esgoto tratado, ressaltando que todos os municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Caí estão longe de ter resultados ideais em relação aos aspectos ambientais, visto que, mesmo os municípios com uma renda per capita superior ao 1 SM apresentam problemas de saneamento ambiental.

5.3 Avaliação dos parâmetros físico-químicos do Rio Caí

Os dados apresentados na Tabela 15 são os valores relacionados com as quatro coletas realizadas no Rio Caí, desde a sua nascente (ponto 01) até a sua foz (ponto 15), como também dados do Rio Jacuí (ponto 16) e do canal do Polo petroquímico (ponto 17), conforme a figura 2 – mapa dos pontos de coleta de água. As atividades de coletas realizadas em agosto de 2018 foram afetadas pelas precipitações. Nos dias em que foram coletadas amostras de água a vazão do rio estava alta, resultando na alteração dos resultados de parâmetros, assim, o desvio padrão ficou acima dos valores médios na referida coleta.

Os dados mostram as condições do Rio Caí, onde cada ponto foi classificado segundo a Resolução do CONAMA 357/2005, conforme descrito no Anexo I, o qual classifica do uso da água bruta, de acordo com a classe que o corpo hídrico se enquadra.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 01						Ponto 02					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0134	0,0112	0,0044	0,02	0,0112	III	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	13250	13500	13022,42	25000	1000	-	10850	9200	11504,64	24000	1000	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	29,1725	28,49	3,586	33,65	26,06	-	26,995	26,225	4,349088	32,96	22,57	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	5	5	0	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	6,625	4,2	5,679	15	3,1	-	5,3	5,1	2,56125	7,9	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	6477,5	4805	7634,223	16000	300	IV	2000	950	2606,402	5800	300	III
Ferro	mg.L ⁻¹	0,67275	0,7035	0,156	0,825	0,459	III	0,59525	0,582	0,06676	0,683	0,534	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,05425	0,046	0,043	0,112	0,013	I	0,04625	0,0385	0,029022	0,085	0,023	I
Manganês	mg.L ⁻¹	0,0431	0,0431	0,000	0,0431	0,0431	I	0,0431	0,0431	0	0,0431	0,0431	I
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,02475	0,023	0,004	0,03	0,023	I	0,02475	0,023	0,0035	0,03	0,023	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	7,4875	7,415	1,112	8,59	6,53	I	7,08	6,805	0,783284	8,21	6,5	I
pH	-	7,1025	7,085	0,293	7,39	6,85	I	7,2775	7,28	0,142916	7,45	7,1	I
Sódio	mg.L ⁻¹	2,475	2,475	0,393	2,95	2	-	2,3	2,325	0,402078	2,75	1,8	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	77,375	52,75	71,992	183	21	I	39,85	40,25	32,83073	76	2,9	I
Turbidez	NTU	8,25075	3,985	9,134	21,933	3,1	I	6,5785	5,7235	4,117258	12,267	2,6	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	0,000	0,01	0,01	I	0,01	0,01	0	0,01	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 03						Ponto 04					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0209	0,0112	0,0194	0,05	0,0112	III	0,0209	0,0112	0,0194	0,05	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	14200,25	5400	21434,49	46000	1	-	46150	11800	76364,63	160000	1000	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	119,715	25,67	189,748	404,33	23,19	-	22,7825	21,39	6,401523	31,67	16,68	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	5	5	0	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	8,35	6,6	6,702	17,1	3,1	-	10,275	10,2	8,285882	17,6	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	970,25	340	1496,157	3200	1	II	4025	4100	2411,604	6900	1000	IV
Ferro	mg.L ⁻¹	0,6945	0,727	0,246	0,96	0,364	III	0,72875	0,593	0,354891	1,249	0,48	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,04325	0,0285	0,037	0,098	0,018	I	0,07425	0,081	0,027669	0,1	0,035	I
Manganês	mg.L ⁻¹	0,08705	0,05405	0,074	0,197	0,0431	I	0,126825	0,0431	0,16745	0,378	0,0431	III
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,02475	0,023	0,004	0,03	0,023	I	0,02475	0,023	0,0035	0,03	0,023	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	7,22	6,895	1,658	9,23	5,86	I	6,1425	6,68	1,277038	6,96	4,25	I
pH	-	6,055	7,025	2,032	7,16	3,01	I	7,2075	7,15	0,150194	7,43	7,1	I
Sódio	mg.L ⁻¹	1,95	2,05	0,238	2,1	1,6	-	1,925	1,75	0,531507	2,7	1,5	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	75	85,5	44,580	115	14	I	60,875	57,75	36,13487	108	20	I
Turbidez	NTU	6,4275	5,955	1,535	8,6	5,2	I	13,15	15,1	6,805629	18,4	4	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	0,000	0,01	0,01	I	0,01	0,01	0	0,01	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 05						Ponto 06					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0109	0,0112	0,0006	0,0112	0,01	III	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	32350	14200	46225,07	100000	1000	-	15250	15250	12374,37	24000	6500	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	32,78	32,305	7,048	41,7	24,81	-	35,865	35,865	11,43392	43,95	27,78	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	5	5	0	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	9,9	5,1	11,095	26,3	3,1	-	3,1	3,1	0	3,1	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	3575	3950	1851,801	5400	1000	III	3810	3810	4369,92	6900	720	III
Ferro	mg.L ⁻¹	0,744	0,8505	0,495	1,215	0,06	III	0,9385	0,9385	0,105359	1,013	0,864	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,151	0,082	0,139	0,36	0,08	III	0,05	0,05	0,038184	0,077	0,023	I
Manganês	mg.L ⁻¹	0,0431	0,0431	0,000	0,0431	0,0431	I	0,0431	0,0431	0	0,0431	0,0431	I
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,02475	0,023	0,004	0,03	0,023	I	0,0265	0,0265	0,00495	0,03	0,023	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	7,57	7,4	0,656	8,48	7	I	4,915	4,915	0,544472	5,3	4,53	II
pH	-	7,4925	7,3	0,483	8,21	7,16	I	7,24	7,24	0,155563	7,35	7,13	I
Sódio	mg.L ⁻¹	2,725	2,5	0,834	3,9	2	-	2,5	2,5	0,848528	3,1	1,9	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	87,875	90,75	24,449	114	56	I	82,5	82,5	65,05382	128,5	36,5	I
Turbidez	NTU	19	21,65	11,670	30,1	2,6	I	16,0085	16,0085	10,0289	23,1	8,917	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,01025	0,01	0,001	0,011	0,01	I	0,01	0,01	0	0,01	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 07						Ponto 08					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	6350	6350	3889,087	9100	3600	-	2800	2600	624,4998	3500	2300	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	49,33	49,33	11,483	57,45	41,21	-	77,88	71,18	11,99656	91,73	70,73	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	5	5	0	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	3,1	3,1	0,000	3,1	3,1	-	3,1	3,1	0	3,1	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	695	695	403,051	980	410	II	590	630	173,4935	740	400	II
Ferro	mg.L ⁻¹	0,8165	0,8165	0,023	0,833	0,8	III	1,539333	0,81	1,264975	3	0,808	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,0775	0,0775	0,025	0,095	0,06	I	0,081	0,085	0,029206	0,108	0,05	I
Manganês	mg.L ⁻¹	0,0431	0,0431	0,000	0,0431	0,0431	I	0,059067	0,0431	0,027655	0,091	0,0431	I
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,0265	0,0265	0,005	0,03	0,023	I	0,025333	0,023	0,004041	0,03	0,023	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	5,945	5,945	0,785	6,5	5,39	I	7,69	6,92	2,46684	10,45	5,7	I
pH	-	7,285	7,285	0,262	7,47	7,1	I	6,26	7,07	1,490403	7,17	4,54	I
Sódio	mg.L ⁻¹	3,45	3,45	0,919	4,1	2,8	-	5,5	5,9	1,058301	6,3	4,3	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	84	84	41,012	113	55	I	139,8333	134,5	65,66265	208	77	I
Turbidez	NTU	13,617	13,617	2,758	15,567	11,667	I	20,77767	16,133	12,02566	34,433	11,767	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,01	0,01	0,000	0,01	0,01	I	0,015	0,01	0,00866	0,025	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 09						Ponto 10					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV	0,026067	0,0316	0,009584	0,0316	0,015	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	10766,67	8800	5519,36	17000	6500	-	17500	8700	16027,79	36000	7800	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	5938,387	90,79	10144,58	17652,33	72,04	-	3574,993	125,93	6004,766	10508,67	90,38	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0,00	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	5	5	0	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	3,1	3,1	0,000	3,1	3,1	-	3,1	3,1	0	3,1	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	890	850	193,132	1100	720	II	1930	2300	820,1829	2500	990	III
Ferro	mg.L ⁻¹	2,335667	0,924	2,459	5,175	0,908	III	3,323667	3,088	1,571807	5	1,883	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,168333	0,1	0,120	0,307	0,098	IV	0,204667	0,195	0,117798	0,327	0,092	IV
Manganês	mg.L ⁻¹	0,0894	0,0431	0,080	0,182	0,0431	I	0,194	0,178	0,117818	0,319	0,085	III
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,022	0,023	0,002	0,023	0,02	I	0,022	0,023	0,001732	0,023	0,02	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	7,193333	6,45	2,259	9,73	5,4	I	7,553333	7,7	2,483251	9,96	5	I
pH	-	5,136667	6,98	3,254	7,05	1,38	-	5,05	6,49	3,028663	7,09	1,57	-
Sódio	mg.L ⁻¹	4,766667	4,5	0,737	5,6	4,2	-	6,066667	5,7	1,680278	7,9	4,6	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	1451,833	176	2308,800	4117	62,5	IV	188,3333	184,5	25,4673	215,5	165	I
Turbidez	NTU	29,078	15,867	24,694	57,567	13,8	I	47,211	49,033	8,645216	54,8	37,8	II
Zinco	mg.L ⁻¹	0,011	0,01	0,002	0,013	0,01	I	0,019333	0,012	0,014468	0,036	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 11						Ponto 12					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV	0,025733	0,0316	0,010161	0,0316	0,014	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	14666,67	15000	4509,25	19000	10000	-	33556,67	18000	30474,74	68670	14000	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	162,41	138,67	93,576	265,57	82,99	-	148,3933	92,42	111,1475	276,4	76,36	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0,00	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	20	5	25,98076	50	5	IV
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	180,52	3,1	307,300	535,36	3,1	-	15,71333	3,1	21,84693	40,94	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	1433,333	1300	321,455	1800	1200	III	5860	850	8781,703	16000	730	IV
Ferro	mg.L ⁻¹	2,471	2,353	1,798	4,325	0,735	III	2,791667	2,725	0,702377	3,525	2,125	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,315	0,273	0,158	0,49	0,182	IV	0,280667	0,23	0,186243	0,487	0,125	IV
Manganês	mg.L ⁻¹	0,142	0,172	0,070	0,192	0,062	III	0,104667	0,079	0,049743	0,162	0,073	III
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,022	0,023	0,002	0,023	0,02	I	0,024333	0,023	0,005132	0,03	0,02	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	7,88	7,93	0,656	8,51	7,2	I	7,603333	7,01	1,106541	8,88	6,92	I
pH	-	6,663333	7,01	0,680	7,1	5,88	I	7,226667	7,32	0,206478	7,37	6,99	I
Sódio	mg.L ⁻¹	13,73333	8,9	10,702	26	6,3	-	9,5	5,8	7,74403	18,4	4,3	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	167,1667	142,5	58,072	233,5	125,5	I	179,1667	175	33,44523	214,5	148	I
Turbidez	NTU	28,75567	36,267	16,779	40,467	9,533	I	31,42233	36,9	16,32111	44,3	13,067	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,016667	0,01	0,012	0,03	0,01	I	0,04	0,01	0,051962	0,1	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 13						Ponto 14					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0112	0,0112	0,00	0,0112	0,0112	III	0,0112	0,0112	0,00	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0,00	0,0316	0,0316	IV	0,0316	0,0316	0,00	0,0316	0,0316	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	7500	7500	6363,961	12000	3000	-	13300	13300	16546,3	25000	1600	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	5054,16	5054,16	6937,905	9960	148,32	-	123,25	123,25	66,56703	170,32	76,18	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0,00	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	5	5	0,00	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	3,1	3,1	0,000	3,1	3,1	-	56,675	56,675	75,76649	110,25	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	830	830	42,426	860	800	II	510	510	14,14214	520	500	II
Ferro	mg.L ⁻¹	0,9	0,9	0,283	1,1	0,7	III	2,3425	2,3425	2,308704	3,975	0,71	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,1225	0,1225	0,004	0,125	0,12	III	0,1215	0,1215	0,026163	0,14	0,103	III
Manganês	mg.L ⁻¹	0,12105	0,12105	0,110	0,199	0,0431	III	0,139	0,139	0,089095	0,202	0,076	III
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,0215	0,0215	0,002	0,023	0,02	I	0,0215	0,0215	0,002121	0,023	0,02	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0,00	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	5,13	5,13	1,400	6,12	4,14	I	6,495	6,495	0,374767	6,76	6,23	I
pH	-	4,415	4,415	3,924	7,19	1,64	-	6,895	6,895	0,629325	7,34	6,45	I
Sódio	mg.L ⁻¹	12,3	12,3	12,162	20,9	3,7	-	15,45	15,45	14,77853	25,9	5	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	143,75	143,75	3,182	146	141,5	I	185	185	48,08326	219	151	I
Turbidez	NTU	12,7715	12,7715	6,875	17,633	7,91	I	20,99	20,99	21,51019	36,2	5,78	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,0245	0,0245	0,019	0,038	0,011	I	0,0215	0,0215	0,016263	0,033	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 15						Ponto 16					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe	Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0112	0,0112	0,00	0,0112	0,0112	III	0,0112	0,0112	0,00	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,027067	0,0316	0,007852	0,0316	0,018	IV	0,0316	0,0316	0,00	0,0316	0,0316	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	3540	3900	2757,68	6100	620	-	661,33	512	258	960	512	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	104,5667	101,2	30,002	136,11	76,39	-	60,22	59,84	0,66	6,99	59,84	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV	0,182	0,182	0,00	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II	5	5	0,00	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	78,43333	3,1	130,481	229,1	3,1	-	3,1	3,1	0,00	3,1	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	217	100	264,664	520	31	II	34,33	31	5,77	41	31	I
Ferro	mg.L ⁻¹	2,092333	2,204	1,131	3,163	0,91	III	1,83	1,78	0,098	1,95	1,78	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,102667	0,12	0,066	0,158	0,03	III	0,095	0,097	0,002	0,097	0,093	I
Manganês	mg.L ⁻¹	0,103367	0,106	0,059	0,161	0,0431	III	0,0431	0,0431	0,00	0,0431	0,0431	I
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,023	0,023	0,000	0,023	0,023	I	0,023	0,023	0,00	0,023	0,023	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV	0,031	0,031	0,00	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	5,666667	5,85	1,513	7,08	4,07	I	8,54	8,82	0,47	8,82	7,99	I
pH	-	6,943333	6,93	0,340	7,29	6,61	I	7,14	7,13	0,017	7,16	7,13	I
Sódio	mg.L ⁻¹	9,916667	7,8	6,537	17,25	4,7	-	3	3	0,00	3	3	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	147,5	134	24,693	176	132,5	I	106,66	128	36,95	128	64	I
Turbidez	NTU	36,051	41,43	28,159	61,133	5,59	II	34,36	32,8	2,71	37,5	32,8	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,011333	0,01	0,002	0,014	0,01	I	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	I

*LQ: Limite de Quantificação

Continuação Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização e classe dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Unidade	Ponto 17					
		Média	Mediana	D. Padrão	V. Max	V. Min	Classe
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0112	0,0112	0	0,0112	0,0112	III
Cobre*	mg.L ⁻¹	0,0316	0,0316	0	0,0316	0,0316	IV
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1106	959	254,61	1400	959	-
Condutividade	us.cm ⁻¹	119,76	118,22	2,66	122,84	118,22	-
Cromo Total*	mg.L ⁻¹	0,182	0,182	0,000	0,182	0,182	IV
DBO ₅	mg O ₂ .L ⁻¹	5	5	0,000	5	5	II
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	3,1	3,1	0,000	3,1	3,1	-
Coli Termotolerantes	NMP/100 mL	80,66	31	86,25	180	31	I
Ferro	mg.L ⁻¹	2,246	2,226	0,036	2,288	2,226	III
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,1106	0,115	0,008	0,115	0,102	III
Manganês	mg.L ⁻¹	0,058	0,0431	0,026	0,088	0,0431	I
Mercúrio	ug.L ⁻¹	0,023	0,023	0,000	0,023	0,023	I
Níquel*	mg.L ⁻¹	0,031	0,031	0,000	0,031	0,031	IV
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	8,04	8,12	0,127	8,12	7,9	I
pH	-	7,08	7,06	0,046	7,14	7,06	I
Sódio	mg.L ⁻¹	11,13	10,9	0,404	11,6	10,9	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	92,83	82	18,76	114,5	82	I
Turbidez	NTU	33,15	31,833	2,290	35,8	31,833	I
Zinco	mg.L ⁻¹	0,012	0,012	0,000	0,012	0,012	I

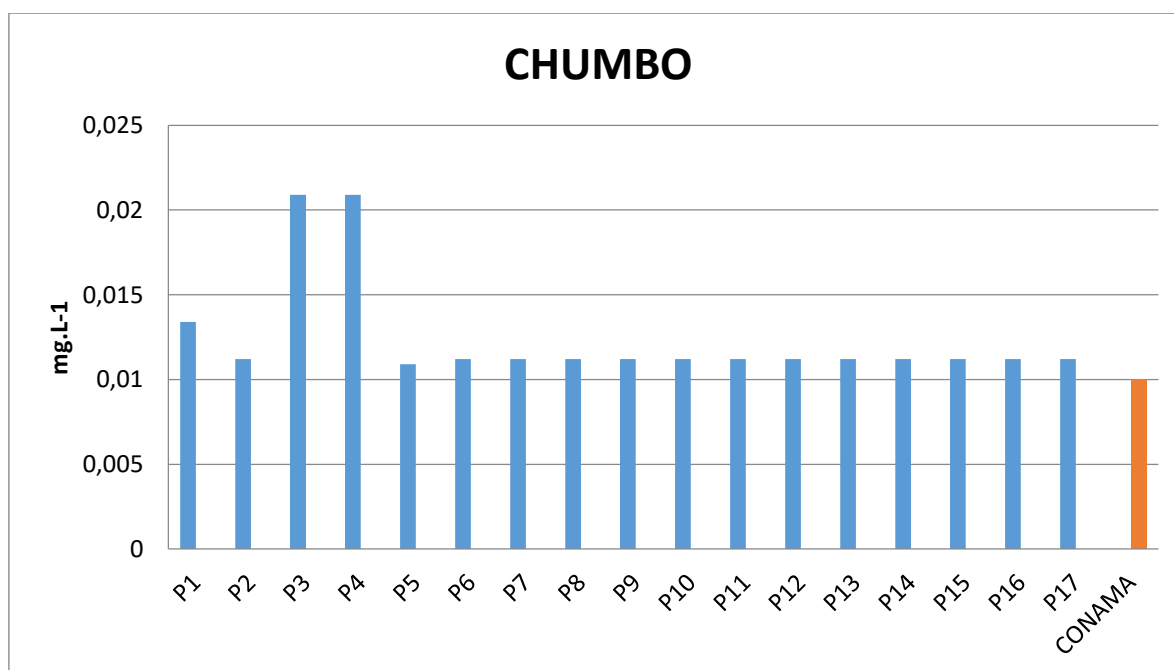
*LQ: Limite de Quantificação

A análise dos resultados de cada parâmetro foi comparada com a Resolução do CONAMA 357/2005, utilizando a classe II como referência.

5.3.1 – Resultados para Chumbo nos pontos amostrais do Rio Caí

Na figura 37, são apresentadas as concentrações de chumbo ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 37 - Concentração de Chumbo



Os valores detectados no estudo foram as concentrações de 0,0109 a 0,0209mg.L⁻¹. A concentração mínima de chumbo detectada classifica o rio em classe III, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

Em sistemas aquáticos, o comportamento dos compostos de chumbo é determinado principalmente pela hidrossolubilidade. Concentrações de chumbo acima de 0,1mg.L⁻¹ inibem a oxidação bioquímica de substâncias orgânicas e são prejudiciais para os organismos aquáticos inferiores. Esse metal é uma substância tóxica cumulativa e uma intoxicação crônica pode levar a uma doença denominada saturnismo (RIBEIRO, 2016).

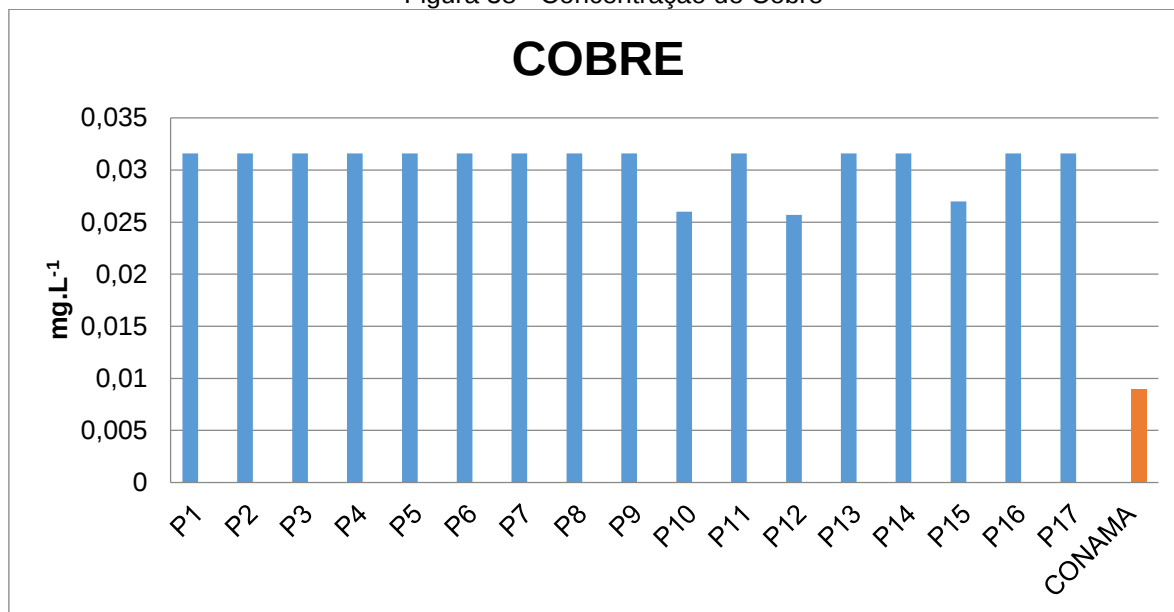
Conforme a figura 37, dois pontos apresentam valores de chumbo mais elevados (0,0209mg.L⁻¹), P3 na Barragem do Salto e P4 no Passo do Inferno, em São Francisco de Paula.

De acordo com a CEEE (2011), em torno do reservatório Salto da UHE Bugres a produção econômica está relacionada a atividades agrária e agroindustrial, onde se destaca a produção de batata inglesa, a bovinocultura, além da indústria madeireira. Conforme Campos (2012), insumos agrícolas ou subprodutos usados com finalidade corretiva ou nutricional na agricultura é fonte de contaminação com metais tóxicos. Adições globais de metais tóxicos ao solo por fertilizantes são da ordem de 30.000–250.000 kg ano⁻¹ de Cd, 50.000–580.000 kg ano⁻¹ de Cu, 30.000–380.000 kg ano⁻¹ de Cr, 200.000–550.000 kg ano⁻¹ de Ni, 420.000–2.300.000 kg ano⁻¹ de Pb e 260.000– 1.100.000 kg ano⁻¹ de Zn.

5.3.2 – Análise do Cobre nos 17 pontos amostrais

Na figura 38, são apresentadas as concentrações de cobre ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 38 - Concentração de Cobre



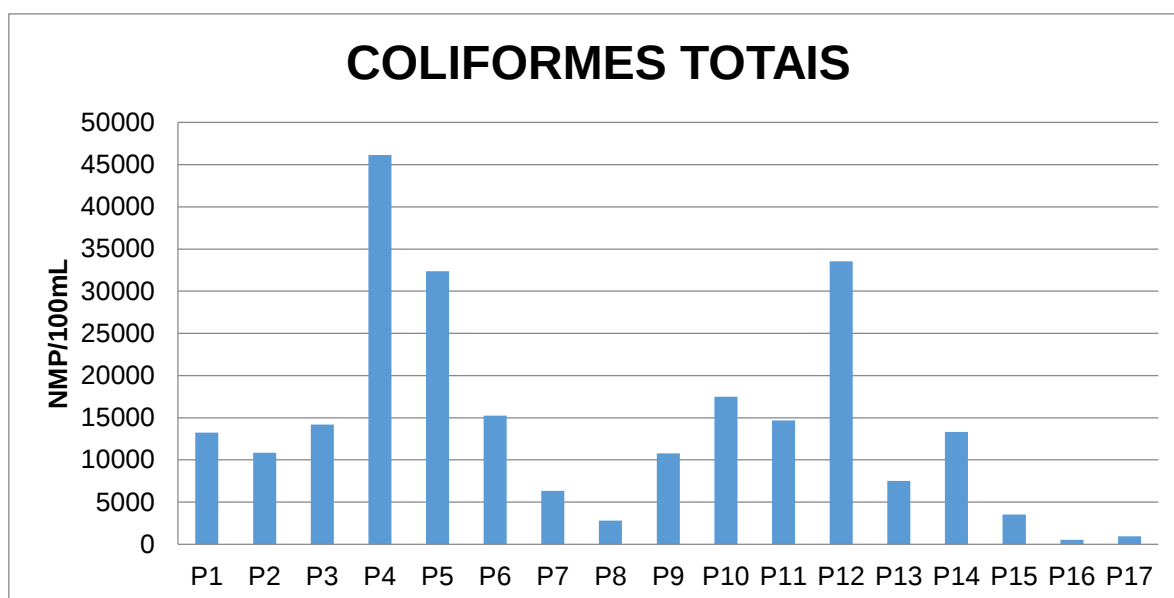
No estudo de Vargas et. al (2017) as concentrações de cobre nas águas do Rio Caí foram consideradas elemento traço. Os valores detectados nesta tese foram as concentrações de 0,0257 a 0,0316mg.L⁻¹. A concentração mínima de cobre detectada classifica o rio em classe IV, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Na figura 38, são indicados os valores obtidos para a concentração de cobre nos pontos amostrais, apresentando a menor concentração no ponto 12, de 0,0257mg.L⁻¹.

A disponibilização de cobre para o meio ambiente ocorre através da corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes industriais e de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais (RIBEIRO, 2016).

5.3.3 – Caracterização dos Coliformes Totais nos pontos amostrais

Na figura 39, são apresentadas as concentrações de coliformes totais ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 39 – Concentração de Coliformes Totais



No estudo de Oliveira (2017), as concentrações de Coliformes Totais (CT) ao longo do Rio Caí foram de 1.273 a 241.960 NMP/100mL. Os valores detectados no estudo foram de 512 a 46.150 NMP/100mL.

Conforme a figura 39, o local de maior contaminação por CT foi no ponto 04, na cachoeira do Passo do Inferno. O ponto está localizado próximo de um hotel fazenda e está localizado após o Parque do Caracol e o Parque da Ferradura, recebendo a contribuição das cargas poluidoras desses locais, que são explorados em atividades de turismo. Os coliformes totais têm a menor concentração no ponto 08, no Hotel Fazenda Vale Real, apresentando o valor de 2800 NMP/100mL. Os resultados obtidos para as análises de coliformes totais no Rio Caí foram elevados

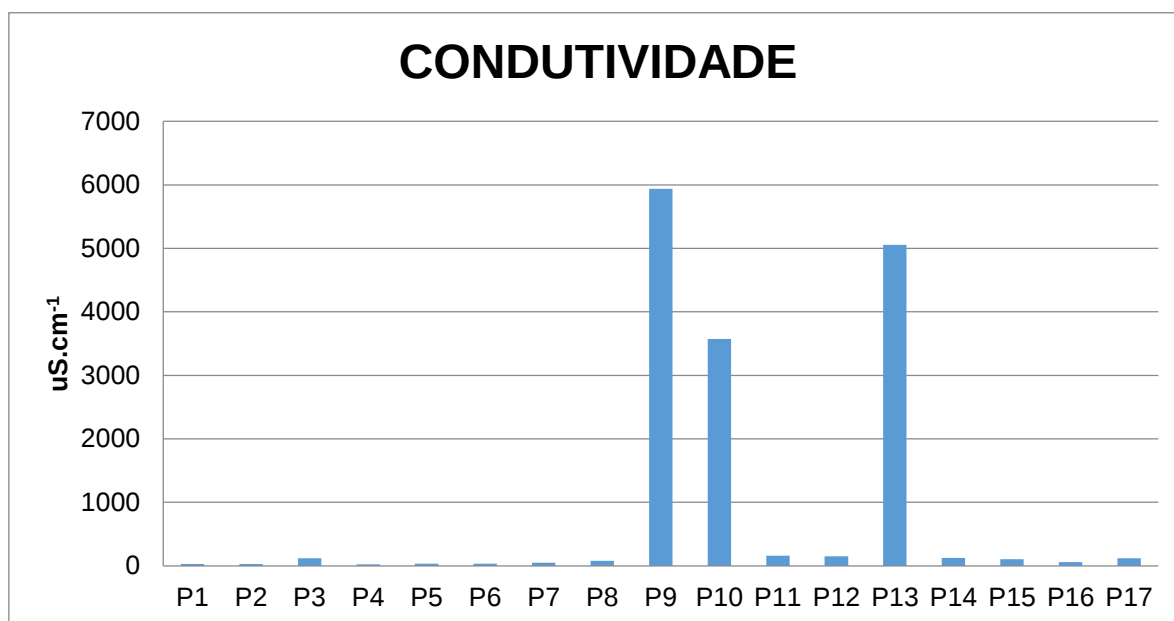
nos pontos 04, 05 e 12, na coleta realizada em agosto de 2018. A alta concentração detectada no mês comparada aos demais períodos monitorados pode estar associada ao aumento da precipitação que antecedeu a coleta.

A presença de coliformes totais nas águas não é uma indicação de contaminação fecal, pois este grupo inclui diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas como *Serratia* e *Aeromonas*. No entanto, a sua presença e número são indicativas da qualidade higiênico-sanitária de um produto. Em condições normais, os coliformes não são, por si só, patogênicos, porém algumas linhagens ou a proliferação destes microrganismos podem causar diarreias e infecções urinárias (OLIVEIRA, 2017).

5.3.4 – Condutividade no Rio Caí

Na figura 40, são apresentadas as concentrações de condutividade ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 40 - Concentração de Condutividade



Conforme a SEMA (2011), os valores de condutividade variaram nas águas do Rio Caí de 56,1 a 297 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Os valores de condutividade detectados nesta tese foram de 22,78 a 5.938 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Nos pontos 02 e 04 obteve-se os menores valores, de 26,99 e 22,78 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, e nos pontos 09 e 13, tem os valores mais elevados, sendo 5.938 e 5054 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, respectivamente. Nos municípios de Vale

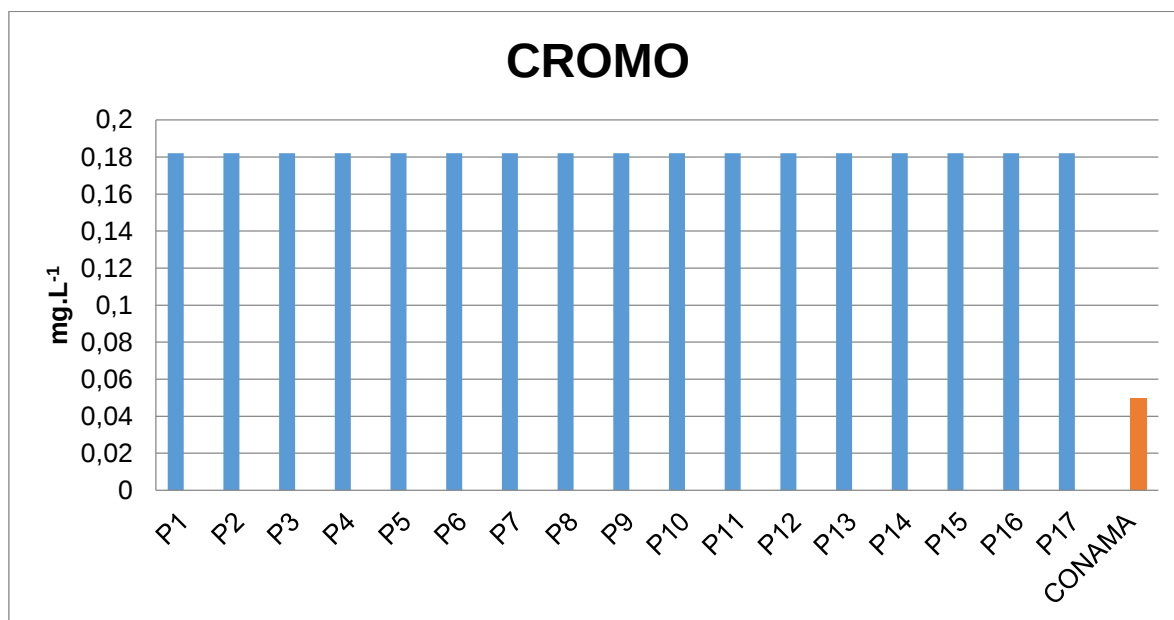
Real, São Sebastião do Caí e Montenegro, o lançamento dos esgotos é realizado diretamente no rio, e no ponto 13 está próximo a atividades de mineração.

Conforme Steffens et al (2015), o resultado da condutividade está relacionado à presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior a condutividade elétrica da água. A condutividade elétrica não fornece informações sobre quais íons específicos estão presentes em uma amostra de água, mas é uma indicação da quantidade total de íons na amostra. O parâmetro indica possíveis impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, causados pela descarga de resíduos industriais e de mineração e outros efluentes. Os resultados mostram condutividade aumentando da nascente para a foz, indicando possível contaminação pela descarga de efluentes.

5.3.5 – Concentração de Cromo nos 17 pontos amostrais

Na figura 41, são apresentadas as concentrações de cromo ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 41 - Concentração de Cromo



No estudo de Vargas et. al (2017) as concentrações de cromo nas águas do Rio Caí foram consideradas elemento traço. Os valores detectados na pesquisa foram de 0,182 mg.L⁻¹, em consequência dos valores serem referência do limite de quantificação. A concentração de cromo detectada classifica o rio em classe IV, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

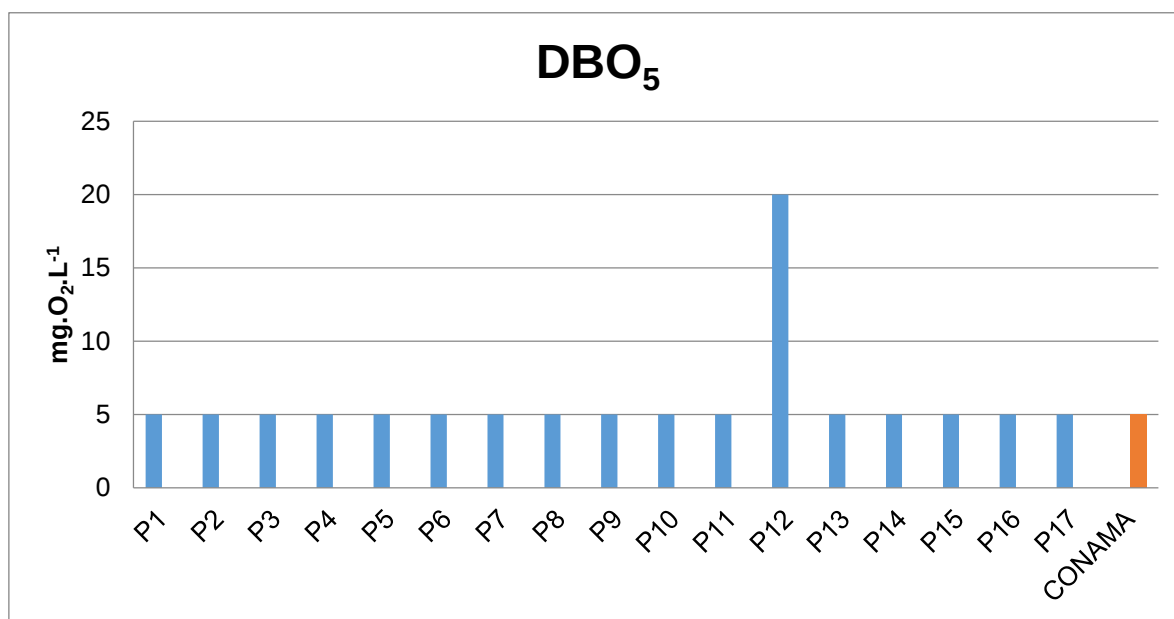
O cromo está presente nas águas nas formas tri (III) e hexavalente (VI). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Já na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Os organismos aquáticos inferiores podem ser prejudicados por concentrações de cromo acima de $0,1\text{mg.L}^{-1}$, enquanto o crescimento de algas começa a ser inibido no âmbito de concentrações de cromo entre $0,03$ e $0,032\text{mg.L}^{-1}$. O cromo, como outros metais, acumula-se nos sedimentos (RIBEIRO, 2016).

Rodrigues et. al. (2009), avaliou os fluxos de rios contaminados com cromo oriundos de atividades de curtumes, e constataram uma exportação do metal do rio Feitoria para o rio Cadeia e deste para o Rio Caí.

5.3.6 – Resultado de DBO_5 nos 17 pontos amostrais

Na figura 42, são apresentadas as concentrações de DBO_5 ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 42 - Concentração de DBO_5



Os valores detectados na pesquisa foram de 5 a $20\text{mgO}_2\text{.L}^{-1}$. A concentração de DBO_5 detectada para o ponto 12 classifica o rio em classe IV, nos demais pontos o rio fica em classe II, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

A DBO_5 é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, em 05 dias. Esta análise avalia a quantidade de O.D., em $\text{mgO}_2\text{.L}^{-1}$, que será consumida pelos organismos ao

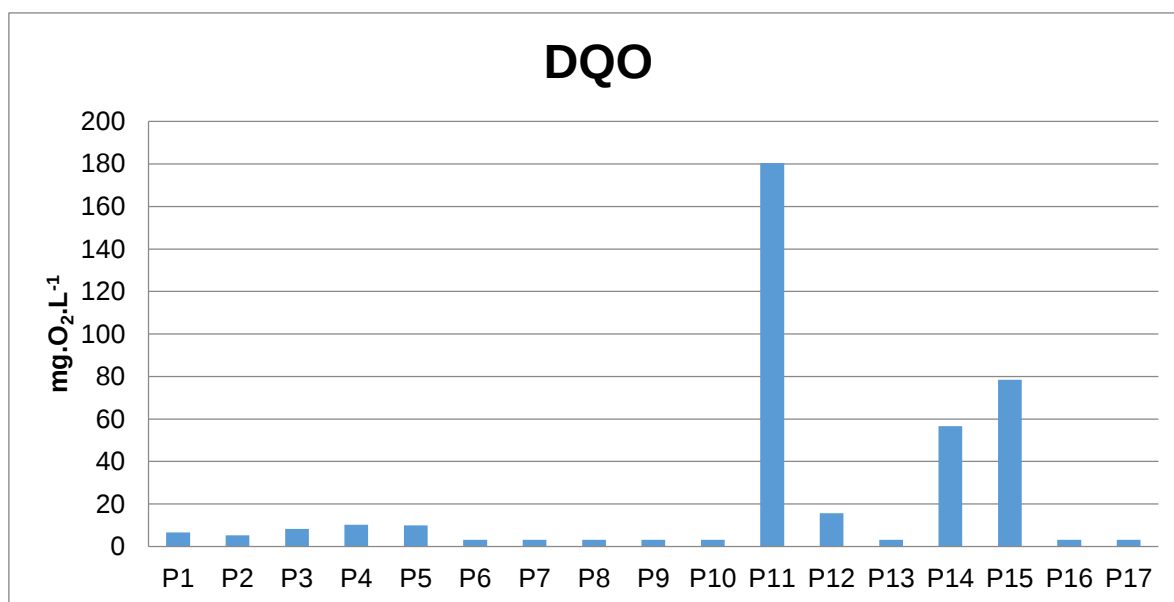
degradarem a matéria orgânica. Os maiores aumentos em termos de DBO_5 , num corpo de água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica em um recurso superficial de água pode induzir à completa extinção do O.D. no ambiente, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (RIBEIRO, 2016).

Conforme a figura 42, o ponto 12 em Montenegro apresenta a maior concentração de DBO_5 , em consequência da existência de um sistema de drenagem da Indústria de processamento de madeira para o rio. A Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA (2019) realizou os monitoramentos com intuito de avaliarem as cargas poluidoras na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, e detectaram que o trecho Superior apresentava enquadramento Classe II, sendo verificado que DBO_5 está na classe II, igual ao verificado no presente estudo.

5.3.7 – Análise de DQO no Rio Caí

Na figura 43, são apresentadas as concentrações de DQO ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 43 - Concentração de DQO



Os valores da DQO detectados nas águas do Rio Caí foram as concentrações de 3,1 a 180,5 $\text{mg.O}_2.\text{L}^{-1}$.

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico. A análise da DQO é útil para detectar a presença de

substâncias resistentes à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo de água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

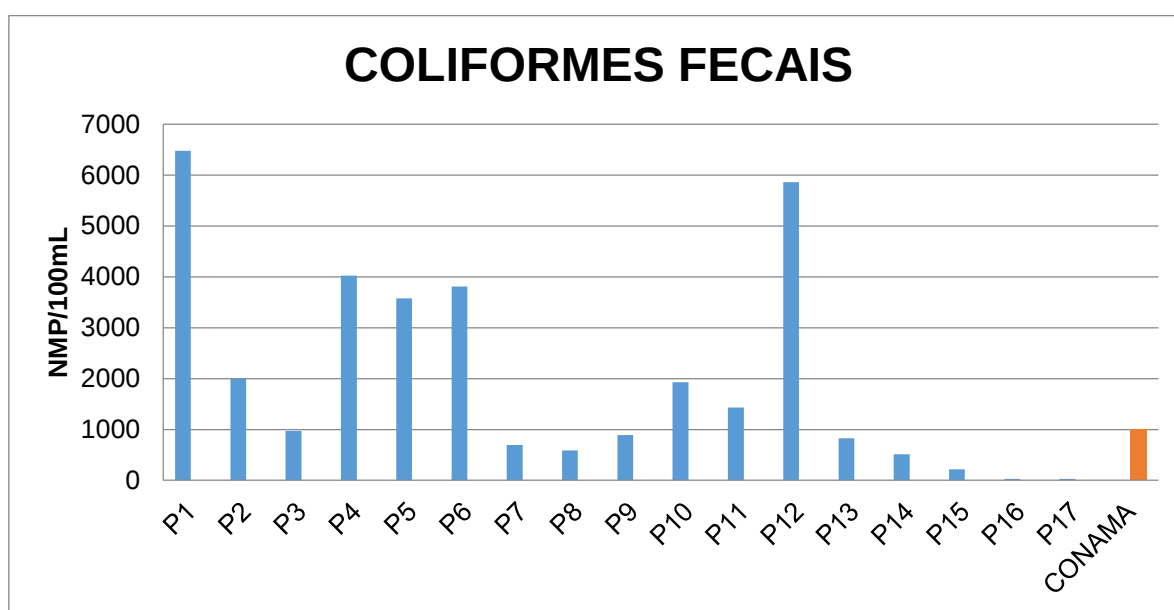
Com isso, destaca-se que os valores encontrados no ponto 11 em Montenegro, os quais podem estar relacionados a existência de um sistema de drenagem da cidade para o rio. O ponto 15, segundo ponto com maior concentração de DQO é ponto de contribuição, para Ritzel (2019) ponto de contribuição como aquele localizado na foz do rio, recebendo todo material poluente da bacia, problema recorrente no ponto.

Embora a resolução CONAMA 357/05 não faça referência ao parâmetro DQO na classificação dos corpos d'água e nos padrões de lançamento de efluentes líquidos, no Rio Grande do Sul a Resolução CONSEMA nº 355/2017 estabelece limites máximos para este parâmetro em seus padrões de lançamento. Verificando os resultados obtidos nas coletas, os valores atendem a resolução, por apresentarem concentrações inferiores ao lançamento diário da resolução (CONSEMA 355, 2017).

5.3.8 – Resultados de Coliformes Fecais nos 17 pontos amostrais

Na figura 44, são apresentadas as concentrações de coliformes fecais ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 44 - Concentração de Coliformes Fecais



No estudo de Oliveira (2017), as concentrações de Coliformes Fecais nas águas do rio Caí foram de 10 a 54.710 NMP/100mL. Os valores de Coliformes Fecais detectados nas águas do rio Caí nesta tese variaram de 31 a 6477 NMP/100mL.

Conforme a figura 44, os resultados obtidos nas análises de coliformes fecais no Rio Caí foram superiores a 4000 NMP/100mL nos pontos 01, 04 e 12, valores elevados ao estabelecidos pela resolução CONAMA n.º 357/2005, e classifica o rio Caí nesses pontos em classe IV. A alta concentração detectada na coleta realizada no mês de agosto comparada aos demais períodos monitorados pode estar associada ao aumento da precipitação no período da coleta.

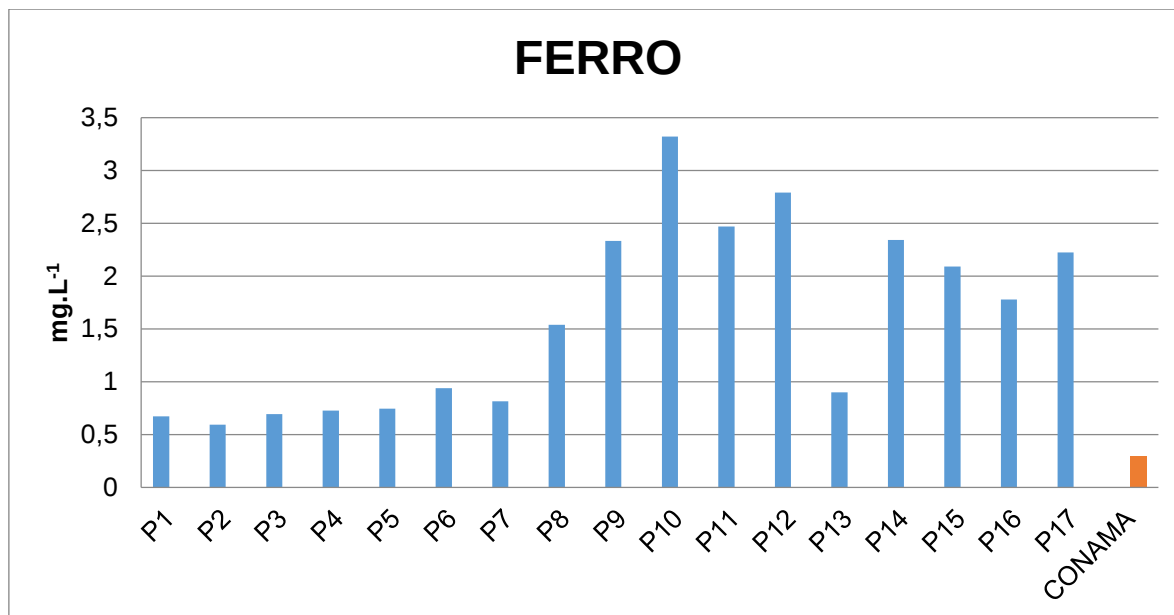
O ponto 11 que apresentou a quantidade de 1433,33 NMP.100 mL⁻¹, foi observado a realização de atividades de pesca, passeios de barcos, como também a captação de água 01 da CORSAN, para abastecimento da cidade de Montenegro. Conforme Oliveira (2015) e a CONAMA 357/2005, para fins de enquadramento do Rio, o valor de coliformes fecais, não pode ultrapassar 4.000 NMP.100 mL⁻¹ para ser classificado como Classe III e por sua vez permitir o uso da água para abastecimento público após tratamento.

No estudo de Oliveira (2017), no trecho inferior do Rio Caí, no período entre junho de 2016 a março de 2017, foram encontrados para Coliformes Fecais valores acima de 2.500 NMP/100 ml, sendo assim classificadas as águas desse trecho no período como classe III. Segundo Ribeiro (2016), as bactérias do grupo coliforme são indicadores de contaminações fecais, originadas do trato intestinal humano e de outros animais. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

5.3.9 – Resultado do Ferro no Rio Caí

Na figura 45, são apresentadas as concentrações de ferro ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 45 - Concentração de Ferro



Os valores de Ferro detectados nesse estudo foram de 0,59 a 3,32mg.L⁻¹. Para a concentração de ferro, na legislação, temos 0,3mg.L⁻¹, onde o menor valor detectado no ponto 02 foi de 0,59 mg.L⁻¹, indicando que ela apresenta Classe III para o parâmetro avaliado, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. O maior valor detectado foi no ponto 10 de 3,32mg.L⁻¹.

O ferro aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. Em quantidade adequada, este metal é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, em grandes quantidades, tornar-se nocivo, dando sabor e cor desagradáveis à água, além de elevar a dureza, tornando-a inadequada ao uso doméstico e industrial (RIBEIRO, 2016).

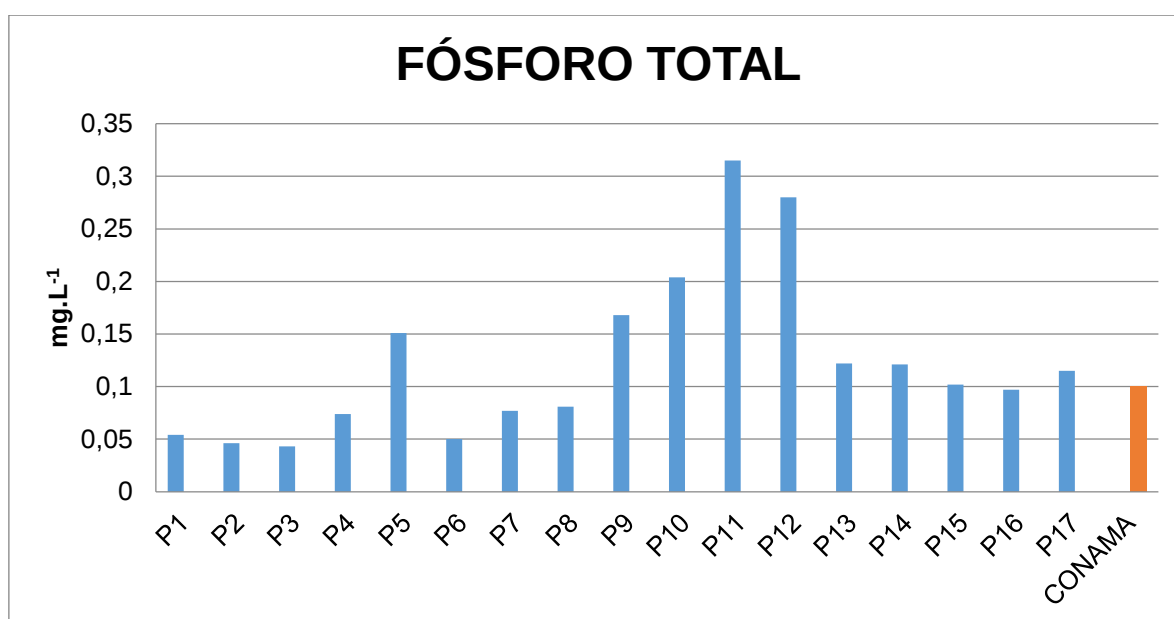
Conforme a figura 45, entre os pontos 07 e 10 há um aumento na quantidade desse parâmetro na água do rio Caí. Nesse trecho, o rio recebe as águas de arroios, destacando Arroio do Ouro, Salvador, Bello e Cadeia, drenando poluentes para o rio. O ferro, apesar de não se constituir em um metal tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a

contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de $0,3\text{mg.L}^{-1}$.

5.3.10 – Análise de Fósforo Total nos pontos amostrais

Na figura 46, são apresentadas as concentrações de fósforo total ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 46 - Concentração de Fósforo Total



Os valores de Fósforo total detectados nesse estudo foram de $0,043$ a $0,315\text{mg.L}^{-1}$. A concentração de Fósforo total detectada para os pontos classifica o rio em classe III e IV, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

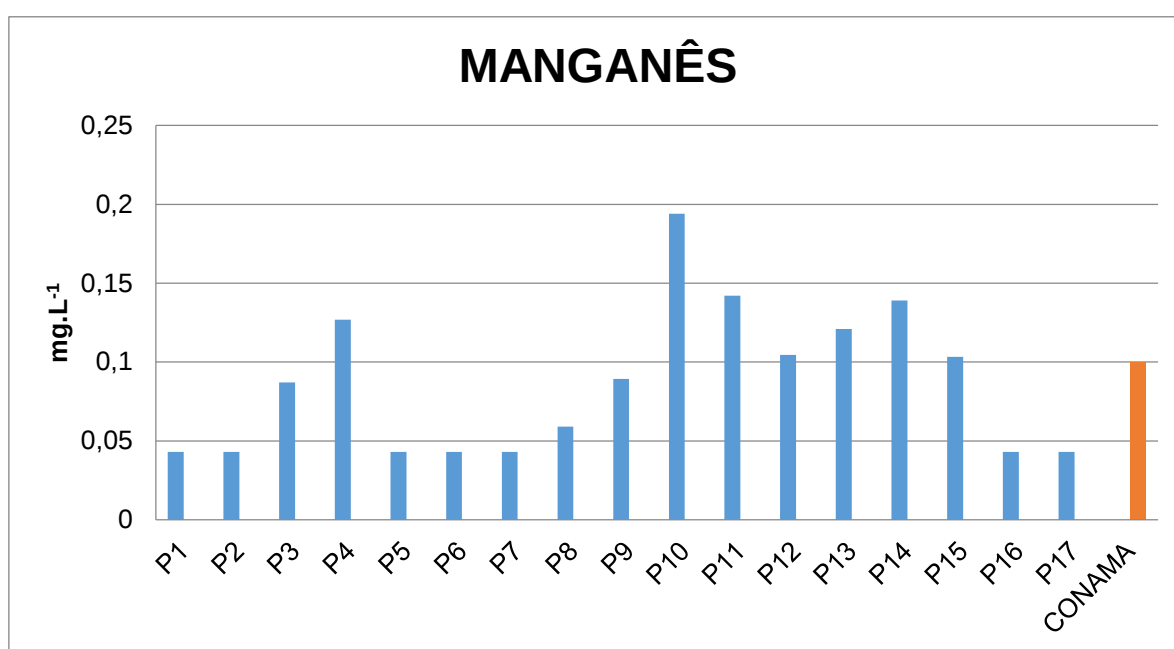
O fósforo é um macronutriente essencial às plantas e aos animais. O principal efeito do aumento da concentração de fósforo nas águas superficiais é a eutrofização, responsável pelo aparecimento de cianotoxinas (microcistinas). As microcistinas constituem um risco para a saúde pública, havendo então a necessidade de evitar a contaminação das águas com fósforo. Os fosfatos presentes na água podem ter origem natural, resultando da decomposição da matéria biológica e lixiviação de minerais (rochas fosfatadas); e ter origem antropogénica, resultando de escorrências de terras agrícolas fertilizadas e de falhas no tratamento de águas residuais (RIBEIRO, 2016).

Conforme a figura 46, os resultados obtidos nas análises de fósforo total no Rio Caí foram maiores a $0,315 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 11 em Montenegro, classificando-o em classe IV. Já o ponto 3 em São Francisco de Paula foram obtidos os menores resultado.

5.3.11 – Resultado de Manganês nos 17 pontos amostrais

Na figura 47, são apresentadas as concentrações de manganês ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 47 - Concentração de Manganês



Os valores de Manganês detectados nas águas do rio Caí foram de $0,0431$ a $0,194 \text{ mg.L}^{-1}$. Conforme a figura 47, os resultados obtidos nas análises de manganês no Rio Caí foram maiores a $0,194 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 10 em Montenegro, classificando o rio em classe III, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Os valores encontrados para os demais pontos estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

O manganês é um metal abundante que ocorre na forma de mineral. É também um importante elemento para vida animal e vegetal, mas o consumo ou a exposição elevada pode causar problemas graves. O excesso de manganês acumulado no fígado e no sistema nervoso central decorrente das exposições prolongadas por inalação, provoca sintomas do tipo “*Parkinson*” (doença

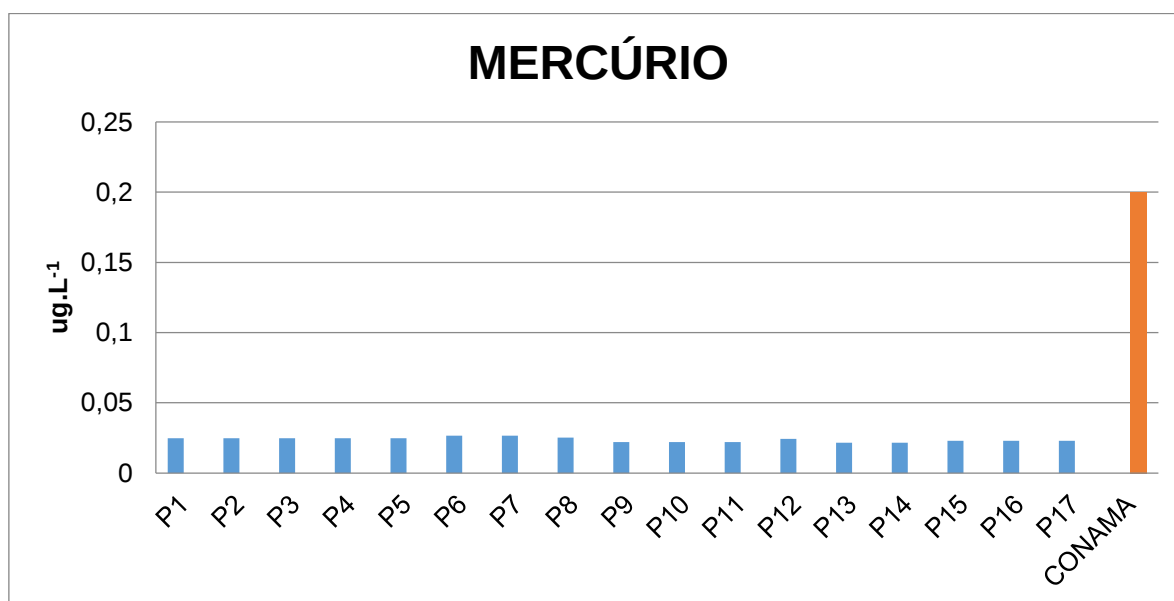
degenerativa), por esses e outros efeitos prejudiciais é que o manganês é considerado um metal tóxico (SOUZA, 2019).

O manganês desenvolve coloração negra na água, A sua concentração menor que 0,05 mg.L⁻¹ geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. Foram encontrados valores acima de 0,05 mg.L⁻¹ de manganês. Gonçalves et. al. (2011) afirmam que os solos do Rio Grande do Sul são oriundos de diferentes materiais de origem (basalto, arenito, siltito, e granito), os quais contribuem para variações nos teores totais de ferro e de manganês.

5.3.12 – Análise de Mercúrio no Rio Caí

Na figura 48, são apresentadas as concentrações de mercúrio ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 48 - Concentração de Mercúrio



Os valores de Mercúrio detectados nesse estudo foram de 0,022 a 0,0265 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Conforme a figura 48, os resultados obtidos nas análises de mercúrio no Rio Caí foram maiores a 0,0265 $\mu\text{g.L}^{-1}$ nos pontos 6 em Nova Petrópolis e 7 em Caxias do Sul, classificando o rio em classe I, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

O aporte antrópico ocorre através de indústrias que queimam combustíveis fósseis, produção eletrolítica de cloro-soda, produção de acetaldeído, incineradores

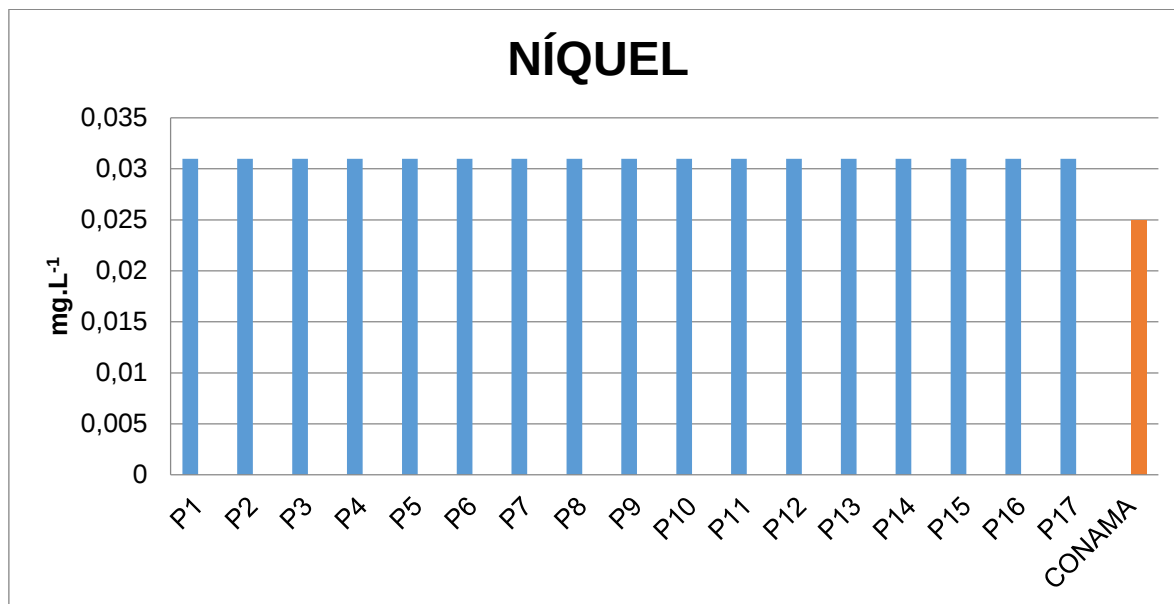
de lixo, polpa de papel, tintas, pesticidas, fungicidas, lâmpadas de vapor de mercúrio, baterias, produtos odontológicos, amalgamação de mercúrio em extração de ouro, entre outros (AMÉRICO et al., 2012).

Conforme Rocha (2009), os pesticidas agrícolas apresentam em sua composição o mercúrio, que acabam depositados no solo e com as chuvas são escoados para os mananciais.

5.3.13 – Resultado de níquel no Rio Caí

Na figura 49, são apresentadas as concentrações de níquel ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 49 - Concentração de Níquel



Os valores de níquel detectados nesse estudo foram de 0,031mg.L⁻¹, em consequência dos valores serem referência do limite de quantificação. Os resultados obtidos nas análises de níquel no Rio Caí classifica-o em classe IV, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

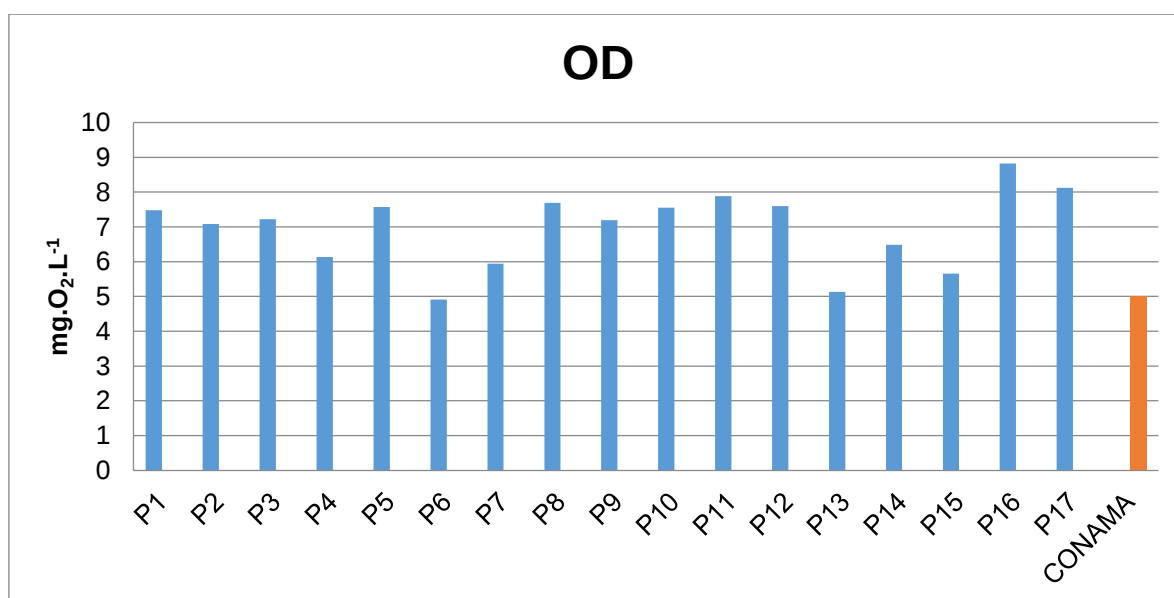
As maiores contribuições de níquel para o meio ambiente são a queima de combustíveis fósseis, as atividades de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e as fontes secundárias como a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes, sorvetes aromatizados. O níquel acumula-se no sedimento, em musgos e plantas aquáticas superiores.

As águas classificadas em todos os pontos de coleta estão na classe IV, segundo a CONAMA 357/2005 não deveriam mais ser utilizadas para abastecimento, portanto, são necessárias tecnologias mais eficientes para que a potabilidade da água seja atingida. Para o nível atual de poluição da água do Rio, o tratamento convencional não está adequado, frente ao nível de poluição da água.

5.3.14 – Análise de OD nos pontos amostrais

Na figura 50, são apresentadas as concentrações de OD ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 50 - Concentração de OD



Os valores de OD detectados nesta tese foram de 4,91 a 8,82mg.O₂.L⁻¹. A concentração de OD detectada para o ponto 06 classifica o rio em classe II, nos outros pontos a concentração de OD classifica o rio em classe I, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

Oxigênio dissolvido é a concentração de oxigênio (O₂) contido na água, sendo essencial para todas as formas de vida aquática. Os sistemas aquáticos produzem e consomem o oxigênio, o qual é retirado da atmosfera na interface água - ar e também é obtido como resultado de atividades fotossintéticas de algas e plantas. A quantidade de oxigênio presente na água em condições normais depende da temperatura, da quantidade de sais presentes e da pressão atmosférica. A solubilidade dos gases aumenta com a diminuição da temperatura e aumento da salinidade. Portanto, águas mais frias retêm maior quantidade de oxigênio e águas

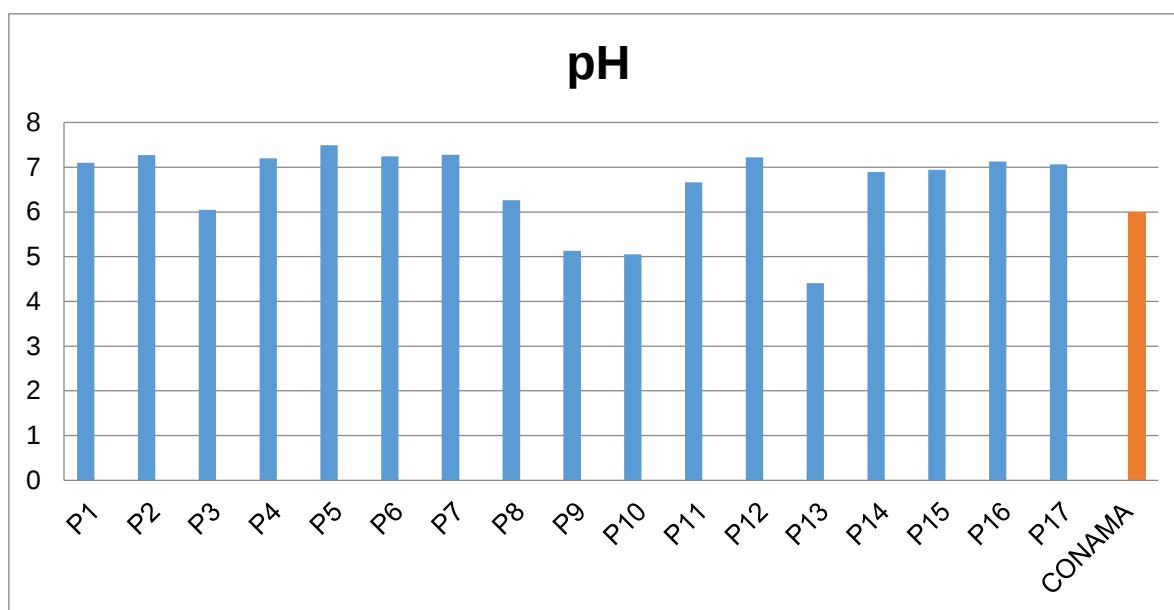
salinas contêm menos oxigênio. A pressão relativa do ar e o grau de saturação do oxigênio alteram com a altitude, sendo que o oxigênio contido na água diminui com o aumento da altitude devido ao decréscimo da pressão relativa.

Conforme a figura 50, apenas três pontos de coleta encontram-se com valores de OD inferiores a $6,0 \text{ mg.O}_2\text{.L}^{-1}$, P6 em Nova Petrópolis, P13 e P15 em Nova Santa Rita. Os valores encontrados para os pontos estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005.

5.3.15 – Análise do pH nos 17 pontos amostrais

Na figura 51, são apresentadas as concentrações de pH ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 51 - Concentração de pH



Os valores de pH detectados nesse estudo variaram de 4,41 a 7,49. O pH detectado para os pontos 9, 10 e 13 ficaram abaixo de 6,0, não sendo enquadrados na resolução CONAMA nº 357/2005.

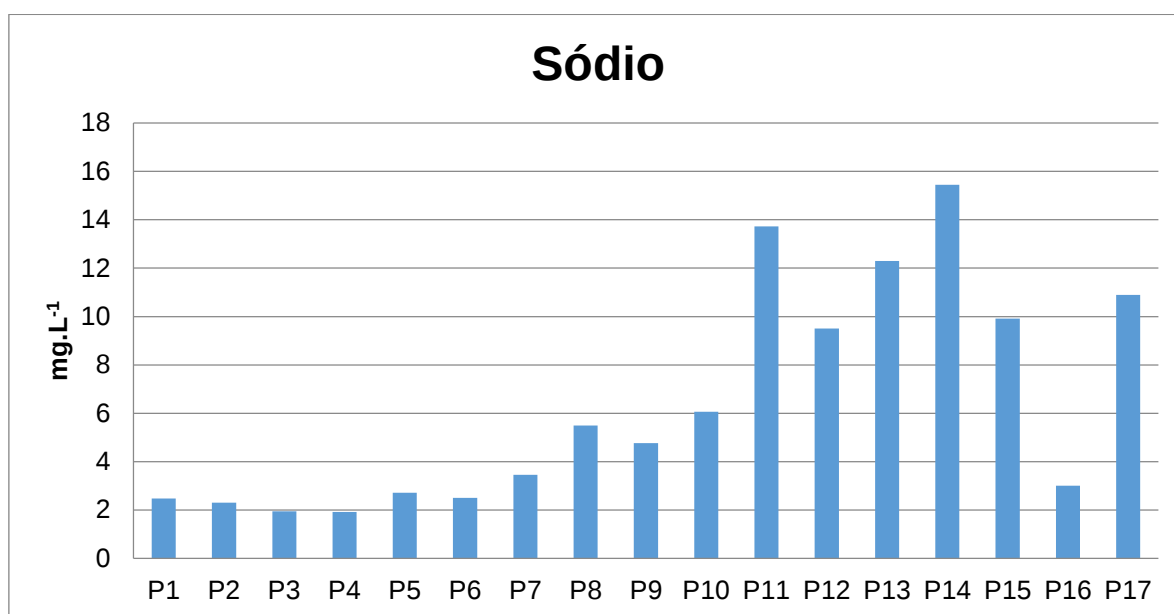
O potencial hidrogeniônico (pH) define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução aquosa. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem resultar no desaparecimento de determinados organismos. O pH ácido ocasiona a redução de oxigênio na água, que é essencial para a vida aquática (CETESB, 2020).

Conforme figura 51, os pontos de coletas 9, 10 e 13 encontram-se no limite máximo de pH, sendo levemente ácido. Essa acidez encontrada provavelmente indica uma poluição nas águas. Essa variação de acidez, também pode ser prejudicial para o ambiente no momento que solubiliza metais tóxicos para a água e, assim, aumentando a concentração desses na água, causando danos para o ambiente.

5.3.16 –Resultado de Sódio no Rio Caí

Na figura 52, são apresentadas as concentrações de sódio ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 52 - Concentração de Sódio



Os valores do Sódio detectados nesse estudo foram de 1,92 a 15,45 mg.L⁻¹. Conforme a figura 52, os resultados obtidos nas análises de sódio no Rio Caí chegaram a uma concentração de 15,45 mg.L⁻¹ no ponto 14 em Triunfo. Nesse ponto o rio recebe as águas do arroio Paulista, e no ponto 04 apresentou o menor valor. Segundo a CETESB (2019), as concentrações de sódio em águas superficiais variam de 1 a 10 mg.L⁻¹ consideravelmente por fatores como a geologia do local, as descargas de efluentes, o uso sazonal de sais nas rodovias e o uso de fertilizantes na agricultura.

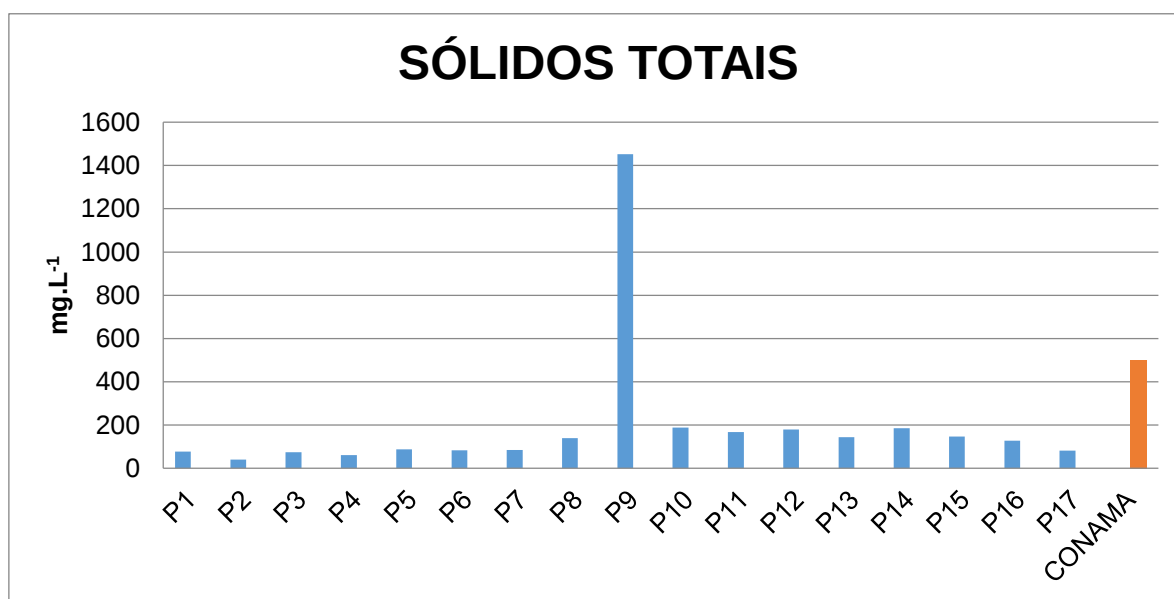
O sódio é um dos elementos encontrado em maior abundância na Terra, sendo solúvel em água. Ele pode entrar nos corpos d'água por fontes naturais ou

antrópicas. No primeiro caso pode ser por lixiviação das rochas e no segundo caso por esgotos sanitários, efluentes industriais e/ou atividades agrícolas.

5.3.17 – Comparativo dos resultados para Sólidos Totais nos 17 pontos amostrais

Na figura 53, são apresentadas as concentrações de sólidos totais ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 53 - Concentração de Sólidos Totais



Os valores de Sólidos Totais detectados nesse estudo foram de 35,85 a 1.451,83mg.L⁻¹. Conforme a figura 53, os resultados obtidos nas análises de sólidos totais no Rio Caí foram maiores a 1.451,83 mg.L⁻¹ no ponto 9 em Vale Real classificando o rio em classe IV, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Os valores encontrados para os demais pontos estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

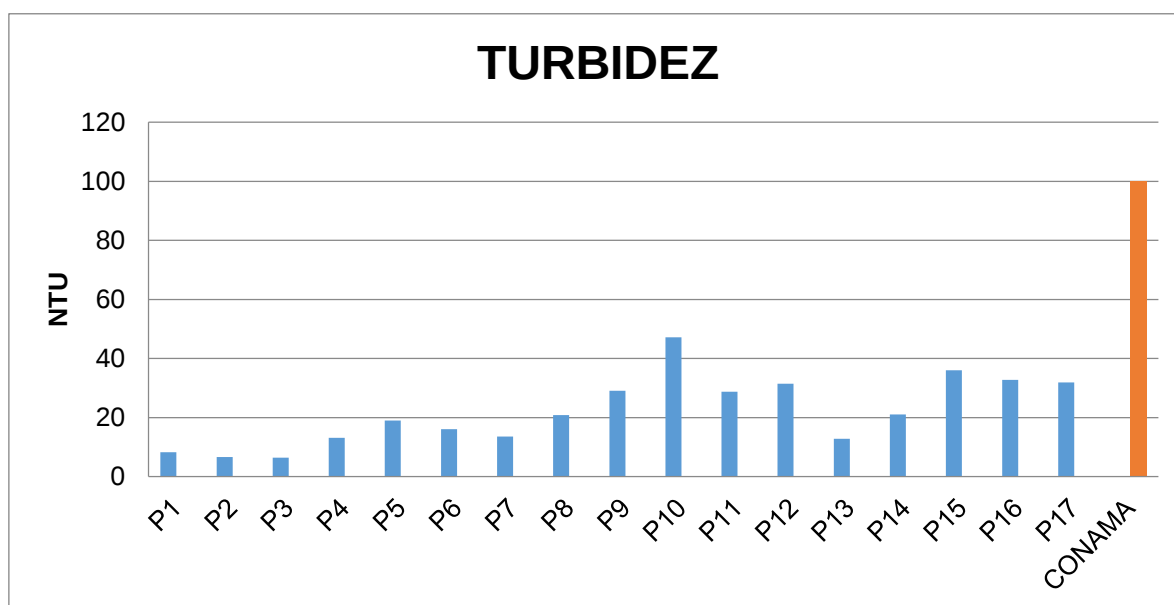
Segundo Conceição et. al. (2015), o aumento desse parâmetro ocasiona a redução da qualidade da água, em consequência de impurezas presentes nele. Em águas naturais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Altos teores de sais

minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor para as águas.

5.3.18 – Análise da Turbidez nos 17 pontos amostrais

Na figura 54, são apresentadas as concentrações de sólidos totais ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 54 - Concentração de turbidez



Os valores de Turbidez detectados nesse estudo foram de 6,57 a 47,21 NTU. Conforme a figura 54, os resultados obtidos nas análises de turbidez no Rio Caí foram maiores a 47,21 NTU no ponto 10 em Montenegro classificando o rio em classe II, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

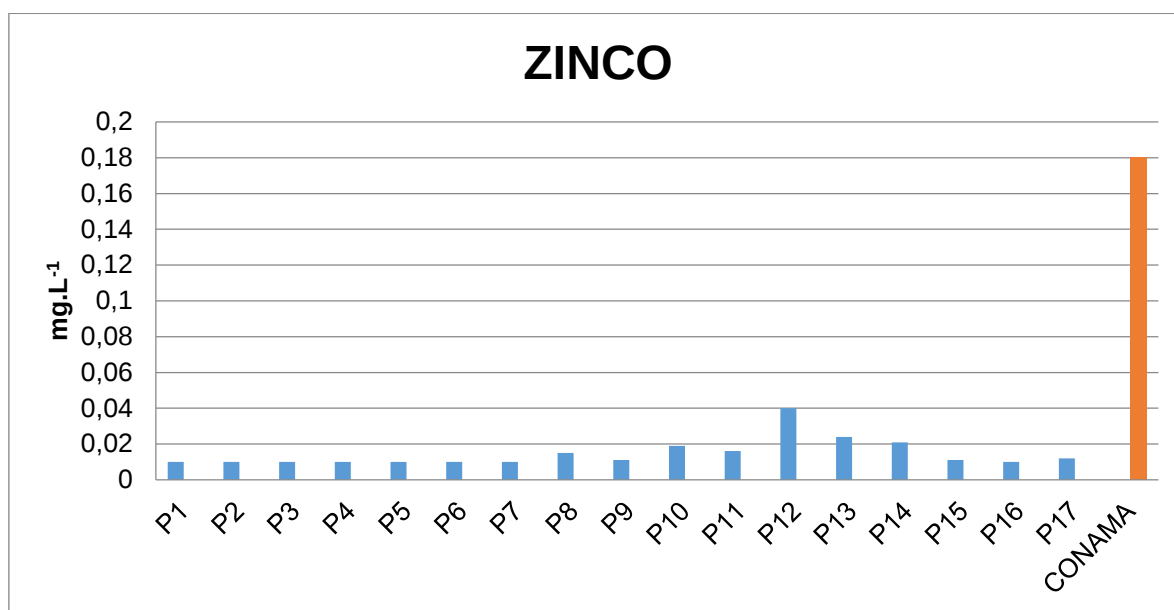
A turbidez obteve maior valor de 47,21 NTU, no ponto 10, esse resultado pode ser consequência da deságua do arroio Marata que deságua com certa turbulência próxima ao ponto. Ela é a alteração de penetração da luz em função da presença de material em suspensão. Assim sendo, se o material suspenso estiver finamente dividido, a turbidez será alta e o teor de sólidos suspensos baixo. A presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas geram elevação de turbidez. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua

vez, reduzir a produção de O_2 no interior da água. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.

5.3.19 – Resultados de Zinco nos pontos amostrais

Na figura 55, são apresentadas as concentrações de zinco ao longo do rio Caí, conforme a tabela 15.

Figura 55 - Concentração de Zinco



Os valores de Zinco detectados nesse estudo foram de 0,01 a 0,04 mg.L⁻¹. Conforme a figura 55, os resultados obtidos nas análises de zinco no Rio Caí foram maiores a 0,04 mg.L⁻¹ no ponto 12 em Montenegro classificando o rio em classe I, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Os valores encontrados para os pontos estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, levando a perturbações do trato gastrointestinal (COSTA, 2018).

As altas concentrações no ponto 13 em Nova Santa Rita podem ser caracterizadas como sendo provenientes de áreas industriais no entorno do ponto

amostral. As concentrações de zinco e níquel indicam uma grande quantidade de atividade industrial ao longo dos Arroios e do Rio.

5.3.20 – Avaliação dos parâmetros analisados

Nos 17 pontos de coleta, a pesquisa analisou 19 parâmetros de cada ponto coletado e, de acordo com a classificação da resolução CONAMA 357/05, apresentam poucas alterações da classe de enquadramento ao longo do Rio do Caí, conforme observado nos resultados da tabela 16. O rol de parâmetros da resolução CONAMA 357/05, não contempla: coliformes totais, condutividade, demanda química de oxigênio e sódio.

Tabela 16 – Classificação dos parâmetros analisados conforme classe de enquadramento da CONAMA 357/2005

Parâmetros	Pontos																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Chumbo	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Cobre	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Coliformes Totais																	
Condutividade																	
Cromo Total	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
DBO ₅	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV	III	III	III	III	III
DQO																	
Coli	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Termotolerantes	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Ferro	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Fósforo Total	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Manganês	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Mercúrio	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Níquel	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
OD	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
pH	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Sódio																	
Sólidos Totais	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Turbidez	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Zinco	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

Classe I II III IV

A ausência de sistema sanitário para captação e tratamento de esgoto contribui para a presença desses poluentes, demonstrando que, desde a nascente,

o Rio Caí sofre com as consequências das ações antrópicas, mesmo em áreas com baixa ocupação urbana. Uma das ações antrópicas observadas ao longo do curso do Rio Caí é a plantação de várias culturas, com destaque para a cultura do arroz, principalmente nas áreas de inundação.

A expansão do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Caí reflete na qualidade do Rio Caí, onde os lançamentos de efluentes domiciliares e indústrias, como também os insumos químicos utilizados na agricultura que são escoados para o leito do Rio, são fatores que reduzem a qualidade da água. Conforme a resolução CONAMA 357/2005, nos pontos que os parâmetros apresentaram classe IV, as águas devem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Conforme a tabela 16, os parâmetros foram detectados em todos os pontos e em todas as coletas, e apresentaram-se ora em concentrações mais baixas, ora em concentrações mais elevadas. Isto sugere que as possíveis fontes de contaminação destes sejam pontuais. Conforme Costa et al. (2016) as emissões de fontes pontuais (tratamento de efluentes industriais, redes de esgoto domiciliares e áreas de mineração), são mais facilmente detectadas e controladas e, geralmente, resultam em descargas diretas dos contaminantes nos corpos d'água.

A ação antrópica no meio ambiente e o impacto gerado por esses processos causam danos aos recursos naturais principalmente quando se refere aos recursos hídricos, bem indispensável à sobrevivência dos seres vivos, que faz com que o estudo e o monitoramento desse recurso sejam de vital significância. As pesquisas já realizadas na área identificaram que grande parte dos efluentes tanto domiciliares, como também industriais, são destinados aos corpos hídricos, onde serão diluídos de forma inadequada ocasionando desequilíbrio ambiental (PEREIRA, 2012).

5.4 Análise de água bruta e tratada conforme a portaria de consolidação 05/2017

A potabilidade de água para consumo humano após tratamento deve estar em conformidade com o padrão de substâncias expressos no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde. Para verificar o padrão de potabilidade no Rio Caí, foram coletadas de amostras de água bruta nas captações I e II, e água tratada, ambas no município de Montenegro. A captação I fica localizada na área urbana do município de Montenegro, na Rua Álvaro de Moraes, onde a

cinco metros de distância existe uma tubulação de descarregamento de esgoto da cidade, sendo visivelmente perceptível essa descarga. A captação II fica localização na entrada da cidade (figura 56). O local recebe contribuição do arroio Maratá, que tem carga orgânica elevada em consequência da criação de animais, principalmente porcos (CORSAN, 2013).

Figura 56 - Captação II



Foram analisados 139 parâmetros, para verificar os níveis de contaminação nas águas do rio, comparando com a água tratada pela companhia de abastecimento do município. Após análises dos resultados, foi observado alterações nos parâmetros: turbidez, coliformes totais e fecais, e ferro. Os resultados ratificam Nascimento (2014), o qual relata que o tratamento convencional de água no Brasil está voltado para eliminação de bactéria e coliformes. Embora técnicas avançadas de tratamento possibilitem a purificação de águas contaminadas com diferentes componentes, essas tecnologias tem elevado custo de instalação.

Na tabela 17, são apresentados os parâmetros do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde e portaria 320/2014 da Secretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul, a qual estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Tabela 17- Caracterização da água

Parâmetro	Método	Unidade	LQ	Captação I	Captação II	Tratada
<i>Escherichia coli</i>	Standard Methods 9223 B	NMP/100mL	0	110	120	Ausente
1,1-Dicloroetano	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
1,2-Diclorobenzeno	Standard Methods 6200 C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
1,2-Dicloroetano	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
1,2-Dicloroetano (cis + trans)	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
1,4-Diclorobenzeno	Standard Methods 6200 C	mg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
2,4 D + 2,4,5 T	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56
2,4,6 Triclorofenol	EPA 8316	µg/L	0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Abamectina	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Acefato + Metamidofós	EPA - Method 8270 D	µg/L	4,8	< 4,8	< 4,8	< 4,8
Ácidos Haloacéticos Totais	EPA - Method 552.2	µg/L	80	< 80	< 80	< 80
Acrilamida	EPA 8316	µg/L	0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12
Alaclor	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Aldrin	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,0019	< 0,0019	< 0,0019	< 0,0019
Alicarbe+Aldicarbesulfona+Aldicarbesufóxido	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alumínio	Standard Methods 3500 Al B	mg/L Al	0,01	0,03	<0,01	<0,01
Amônia	NBR 10560	mg/L NH ₃	0,02	7,3	1	0,05
Antimônio	Standard Methods 3120 B	mg/L Sb	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsênio	Standard Methods 3120 B	mg/L As	0,01	0,01	<0,01	<0,01
Atrazina	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52
Bário	Standard Methods 3111 D	mg/L Ba	0,01	0,03	0,03	0,03
Benzeno (T)	Standard Methods 6200 C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Benzo(a)pireno	USEPA SW 846 - 8270C- GC/MS	µg/L	0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,012
Bifentrina	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Bromato	EPA 300.0 e 300.1	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cádmio	Standard Methods 3111 B	mg/L Cd	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Carbaril	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Carbendazim + Benomil	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,41	< 0,41	< 0,41	< 0,41
Carbofurano	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo	Standard Methods 3111 B	mg/L Pb	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cianamida	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Cianeto Total	Standard Methods 4500 CN- D	mg/L CN	0,005	< 0,005	0,009	<0,005
Cipermetrina	EPA - Method 8270 D	µg/L	25	< 25	< 25	< 25
Ciproconazol	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Cletodim	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Cloraminas	Standard Methods 4500 Cl G	mg/L	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Continuação da tabela 17.

Tabela 17 – Caracterização da Água

Clordano (Isômeros)	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,0019	< 0,0019	< 0,0019	< 0,0019
Cloreto de Vinila	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloretos	Standard Methods 4500 Cl- B	mg/L Cl-	3	19,2	3,4	7,2
Clorimurom-etílico	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Clorito	EPA 300.0 e 300.1	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloro Residual Livre	Standard Methods 4500 Cl G	mg/L	0,01	0,13	< 0,01	< 0,01
Clorotalonil	EPA 8081- B	µg/L	0,033	< 0,033	< 0,033	< 0,033
Clorpirifós + Clorpirifós-oxon	EPA - Method 8270 D	µg/L	5,3	< 5,3	< 5,3	< 5,3
Cobre	Standard Methods 3111 B	mg/L Cu	0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
Coliformes Totais	Standard Methods 9223 B	P/A/100mL	0	350	280	Ausente
Cor Aparente	Standard Methods 2120 B	uH	5	10	15	< 5
Cresoxim-metil	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Cromo Total	Standard Methods 3111 B	mg/L Cr	0,127	< 0,127	< 0,127	< 0,127
DDT + DDD + DDE	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,0019	< 0,0019	< 0,0019	< 0,0019
Di (2-etilhexil) ftalato	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Diazinona	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37
Diclorometano	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Dieldrin	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,0019	< 0,0019	< 0,0019	< 0,0019
Difenoconazole	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Diflubenzuron	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Dimetoato	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Ditianona	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Diuron	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,29	< 0,29	< 0,29	< 0,29
Dureza Total	Standard Methods 2340 C	mg/L CaCO ₃	5,9	64,7	47,1	41,2
Endossulfan (alfa, beta e sais)	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,0019	< 0,0019	< 0,0019	< 0,0019
Endrin	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Epoxiconazol	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Estireno	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Etilbenzeno (T)	Standard Methods 6200 C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Etoxisulfuron	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Fenitrotiona	EPA 8081- B	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Fenoxaprop-p-etílico	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Fention	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Ferro Total	Standard Methods 3111 B	mg/L	0,25	2,2	2,9	0,26
Fipronil	EPA - Method 8270 D	µg/L	1	< 1	< 1	< 1
Fluoretos	Standard Methods 4500 F- C	mg/L F-	0,1	0,15	< 0,1	1,02

Continuação da tabela 17.

Tabela 17 – Caracterização da Água

Flutriafol	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Folpet	EPA - Method 8270 D	µg/L	10	< 10	< 10	< 10
Fomesafem	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Gama-cialotrina	EPA - Method 8270 D	µg/L	6	< 6	< 6	< 6
Glifosato + AMPA	Standard Methods 6410	µg/L	10	< 10	< 10	< 10
Gosto	Standard Methods 2160 B	Intensidade	1	< 1	< 1	< 1
Hidrazida maleica	EPA - Method 8270 D	µg/L	1800	< 1.800,0	< 1.800,0	< 1.800,0
Imazetapir	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Imidacloprido	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Indoxacarbe	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Iodosulfurom-metilico	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Ioxinil octanoato	EPA - Method 8270 D	µg/L	1	< 1	< 1	< 1
Lambda-cialotrina	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Lindano(γ-BHC)	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,0019	< 0,0019	< 0,0019	< 0,0019
Mancozebe	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Manganês	Standard Methods 3111 B	mg/L Mn	0,021	0,19	0,054	<0,021
Mercúrio	Standard Methods 3112 B	mg/L Hg	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Mesotriona	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Metacloro	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Metalaxil-m (Mefenoxam)	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Metamidofós	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Metamitrona	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Metildationa	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Metiram + Mancozebe	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Metsulfurom metílico	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Microcistinas	Standard Methods 10200 F	org / mL	1	< 1	< 1	< 1
Molinato	EPA - Method 8270 D	µg/L	1,31	< 1,31	< 1,31	< 1,31
Monoclorobenzeno	Standard Methods 6200 C	mg/L	0,0015	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
Níquel	Standard Methods 3111 B	mg/L Ni	0,288	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitratos	Standard Methods 4500 NO ₃	mg/L N	0,2	1,5	1,8	1,3
Nitritos	Standard Methods 4500 NO ₂ B	mg/L N	0,01	0,41	0,05	< 0,01
Odor	Standard Methods 2510 B	Intensidade	1	< 1	< 1	< 1
Parationa Metílica	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,04	0,04	< 0,04	< 0,04
Pendimetalina	EPA - Method 8270 D	µg/L	9,87	< 9,87	< 9,87	< 9,87
Pentaclorofenol	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8

Continuação da tabela 17.

Tabela 17 – Caracterização da Água

Permetrina	EPA - Method 8270 D	µg/L	1,2	< 1,2	< 1,2	< 1,2
Picoxistrobina	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Profenofós	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53
Radio 226	Standard Methods 7110	Bq/L	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Radio 228	Standard Methods 7110	Bq/L	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Saxitoxinas	Standard Methods 10200 F	µg/L	1	< 1	< 1	< 1
Selênio	Standard Methods 3120 B	mg/L Se	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Simazina	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,59	< 0,59	< 0,59	< 0,59
Sódio	Standard Methods 3500 Na B	mg/L Na	1	29	5	6
Sólidos Dissolvidos Totais	Standard Methods 2540 C	mg/L	1	95	44	51
Sulfatos	Standard Methods 4500 SO ₄	mg/L SO ₄	0,7	15,8	13,1	15,9
Sulfeto de Hidrogênio	Standard Methods S ₂ -F	mg/L S ₂ -	0,1	0,1	0,1	0,3
Surfactantes(c/ Azul de Metileno)	Standard Methods 5540 C	mg/L MBAS	0,034	< 0,034	< 0,034	0,065
Tebuconazol	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,29	< 0,29	< 0,29	< 0,29
Tembotriona	EPA - Method 8270 D	µg/L	1	< 1	< 1	< 1
Terbufós	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,64	< 0,64	< 0,64	< 0,64
Tetracloreto de Carbono	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Tetracloreteno	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Tetraconazol	EPA - Method 8270 D	µg/L	2	< 2	< 2	< 2
Tiametoxam	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Tiodicarbe	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Tiofano-metílico + Carbendazim + Benomil	EPA - Method 8270 D	µg/L	120	< 120	< 120	< 120
Tolueno (T)	Standard Methods 6200 C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Triciclazol	EPA - Method 8270 D	µg/L	5	< 5	< 5	< 5
Triclorobenzeno	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	11	< 11	< 11	< 11
Tricloroeteno	EPA - Method 5021A / 8260C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Trifuralina	EPA - Method 8270 D	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Trihalometanos Totais (THM)	Standard Methods 6410	µg/L	8	< 8	< 8	< 8
Turbidez	Standard Methods 2130 B	NTU	0,76	5,23	18	< 0,76
Urânio	Standard Methods 3125 B	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Xileno (T)	Standard Methods 6200 C	µg/L	1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Zinco Total	Standard Methods 3111 B	mg/L Zn	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Fonte: Autor (2018)

Conforme a tabela 17, os resultados obtidos nas análises dos parâmetros de água bruta e de água tratada do Rio Caí no município de Montenegro/RS, estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Dos 139 parâmetros analisados, 117 parâmetros apresentaram valores detectados inferiores ao limite de quantificação (LQ).

Os valores de chumbo foram de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ e mostraram-se dentro do padrão permitido pela legislação, mas estando no limite do valor máximo permitido (VMP) de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017. O chumbo é um dos metais mais perigosos, em condições naturais, apenas traços desse elemento são encontrados na água. Em geral, sua origem vem da poluição por efluentes industriais, da ação corrosiva sobre tubulações e acessórios com base no chumbo (SOUZA; GASTADINI, 2014).

Os valores de cromo foram de $0,127 \text{ mg.L}^{-1}$ os quais estão acima do valor máximo permitido (VMP) de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017. O Cromo é comumente utilizado em aplicações industriais, na produção de ligas metálicas, como na produção de aço inoxidável, tintas, pigmentos, possíveis atividades localizadas a jusante desse ponto. Na forma trivalente, o Cr é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno e, portanto, os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do Cr hexavalente (SOUZA; GASTADINI, 2014).

Para o parâmetro ferro, após o tratamento houve redução no valor desse parâmetro. Os resultados obtidos nas análises foram de $2,2 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de $2,9 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de $0,26 \text{ mg.L}^{-1}$ na água tratada. Os valores encontrados da água bruta para esse parâmetro classifica o rio em classe III, sendo que após o tratamento a água do rio passa a ser classificada em classe I, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Para a concentração de ferro, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 é determinado o valor máximo permitido de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$, estando o parâmetro dentro do padrão permitido pela legislação.

Os resultados obtidos da turbidez nas análises foram de 5,23 NTU na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 18 NTU na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 0,76 NTU na água tratada. Os valores elevados da turbidez na captação 02 provavelmente ocorre em consequência das águas do arroio Maratá que entram no Rio Caí com turbulência. Os valores encontrados da água bruta para

esse parâmetro classifica o rio em classe I, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Para o valor da turbidez no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 é determinado o valor máximo permitido de 5 NTU, estando o parâmetro dentro do padrão permitido pela legislação.

Os resultados obtidos dos coliformes termotolerantes nas análises foram de 110 NMP/100mL na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 120 NMP/100mL na Captação 02 sob a ponte da RS-240, não sendo detectados na água tratada. Os valores encontrados da água bruta para esse parâmetro classifica o rio em classe I, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Para o valor dos coliformes fecais no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que eles sejam ausentes, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação.

Os resultados obtidos dos coliformes totais nas análises foram de 350 NMP/100mL na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 280 NMP/100mL na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de ausente na água tratada. Para o valor dos coliformes totais no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina o valor máximo permitido seja ausente, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação.

Os resultados obtidos para o parâmetro amônia nas análises foram de 7,3 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 1 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 0,5 mg.L⁻¹ na água tratada. Para o valor de amônia, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo permitido seja 1,5mg.L⁻¹, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação. A amônia é um composto resultante do catabolismo de proteínas, que em quantidade elevada podem influenciar fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido. Concentração superior a 0,01 mg.L⁻¹ podem ser tóxica a biota aquática (CETESB, 2020).

Para o parâmetro dureza total, após o tratamento apresentou redução no valor. Os resultados obtidos nas análises foram de 64,7 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 47,1 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 41,2 mg.L⁻¹ na água tratada. Para a dureza total, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo permitido de 500 mg.L⁻¹, estando o parâmetro dentro do padrão permitido pela legislação. Dureza total é a concentração total de íons alcalino-terrosos na água, particularmente de cálcio

(Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), cujas concentrações são muito superiores às dos demais íons alcalinoterrosos encontrados em águas naturais. A dureza é normalmente expressa como número de equivalente de mg.L^{-1} de carbonato de cálcio (CaCO_3). Tal característica imprime à água a dificuldade em dissolver sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como ferro, manganês, cobre, bário, etc (ABDALLA et al, 2010). Atribui-se um efeito laxativo e sabor desagradável à água de elevada dureza. Por sua vez, quando enquadrada na classe de água dura, esta apresenta restrições de uso industrial (abastecimento de geradores de vapor, por exemplo), sendo então necessário o seu tratamento para a retirada de Ca^{2+} e Mg^{2+} , técnica esta conhecida por abrandamento, o qual pode ser realizado de duas maneiras: Abrandamento por Precipitação Química e Abrandamento por Troca Iônica (ABDALLA et al, 2010).

Os resultados obtidos de cloreto nas análises foram de $19,2 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de $3,4 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de $7,2 \text{ mg.L}^{-1}$ na água tratada. Para o valor de cloreto, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 é determinado que o valor máximo permitido seja 250 mg.L^{-1} , estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação. A concentração de cloretos na água é indicador de uma possível contaminação por esgotos, devido sua presença na urina ou por despejos industriais, como consequência pode ocasionar alteração do sabor da água (FERNANDES et al, 2011).

Os resultados obtidos para o parâmetro alumínio nas análises foram de $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ na água tratada. Para o valor de alumínio, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo permitido seja $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação. A concentração de alumínio está associada com o período de chuvas, que também pode apresentar concentrações significativas desse devido à lavagem da atmosfera, pois esse elemento é particularmente de poeira derivada de solos e de partículas originadas da combustão de carvão (CETESB, 2019).

Os valores de arsênio foram iguais nas três amostras, correspondendo a $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$, o qual estava dentro do padrão permitido pela legislação, mas estando no limite do valor máximo permitido (VMP) de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017. Conforme Silva et al (2017), a toxicidade do arsênio e suas

formas de ocorrência na natureza, estão associadas, por exemplo, ao contato entre a água de rios com rochas detentoras de alta concentração deste elemento, ou ainda, através da interferência do homem no meio. O arsênio se apresenta na natureza (solo, alimentos, água) em mais de vinte formas diferentes, algumas mais e outras menos tóxicas aos seres humanos, outros animais e até plantas. Dependendo da forma e da quantidade ingerida pela pessoa o arsênio pode causar sérios danos ao organismo como o câncer, causado pelo arsenito, uma das formas de arsênio. Por outro lado, existem formas que, se ingeridas em grandes quantidades, não causam danos ao organismo humano como, por exemplo, a arsenobetaína, comumente encontrada em alimentos marinhos como o camarão (PIVETTI, 2019).

Os resultados obtidos de cloro residual livre nas análises foram de $0,13 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ na água tratada. Para o valor de cloro residual livre, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo permitido seja 5 mg.L^{-1} , estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação. O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são os principais responsáveis pela oxidação da matéria orgânica indesejada e a soma de suas concentrações é conhecida como cloro residual livre, que varia com a temperatura e pH da água, sendo de importância vital na inibição do crescimento bacteriano. A água de abastecimento deve ser distribuída com o menor teor de cloro residual livre possível, atendendo o mínimo de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ porém, a água tratada apresentou valor abaixo dessa indicação em qualquer ponto da rede e obedecendo os critérios na saída da distribuição, onde devem ser considerados parâmetros como tempo de contato, temperatura, residual livre de cloro e o pH da água (SOARES et al, 2016).

Os valores de cor aparente foram de 10 uH na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 15 uH na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 5 uH na água tratada, mostraram-se dentro do padrão permitido pela legislação, o valor máximo permitido (VMP) de 15 uH conforme o anexo XX da portaria de consolidação 05/2017. Os parâmetros cor e turbidez são indicativos da presença de sólidos dissolvidos em suspensão ou material em estado coloidal, sejam eles orgânicos ou inorgânicos (areia, argila); porém muitas vezes eles podem estar relacionados com a elevada concentração de ferro (SCORSAFAVA et al, 2010).

Os resultados obtidos para o parâmetro fluoreto nas análises foram de 0,15 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 0,1 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 1,02 mg.L⁻¹ na água tratada. Para o valor de fluoreto, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo permitido seja 1,5 mg.L⁻¹, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação. A fluoretação das águas na estação de tratamento é obrigatória no Brasil desde 1974, conforme a Lei Federal 6.050. A concentração de fluoreto é um parâmetro relevante para avaliação da qualidade nas águas de consumo, seja pela possibilidade de prevenção da cárie dentária, quando presente em níveis adequados, seja pelo potencial de provocar fluorose dentária, quando em níveis elevados. Estabelecer níveis de segurança para o fluoreto em águas de consumo é uma medida imprescindível de proteção à saúde humana (FRAZÃO et al, 2011).

Os valores de manganês foram de 0,19 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 0,054 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 0,021 mg.L⁻¹ na água tratada, valores que estiveram dentro do padrão permitido pela legislação, o valor máximo permitido (VMP) de 0,1 mg.L⁻¹ do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017.

Os valores de nitratos foram de 1,5 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 1,8 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 1,3 mg.L⁻¹ na água tratada, mostraram-se dentro do padrão permitido pela legislação, o valor máximo permitido (VMP) de 10 mg.L⁻¹ do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017. O nitrato é tóxico aos seres humanos e se ingerido em excesso pode provocar a metahemoglobinemia infantil mais conhecida por doença do “sangue azul” dos bebês, onde é reduzido no organismo a nitrito, que por sua vez compete com o ferro pelo oxigênio livre na corrente sanguínea. A atmosfera pode ser uma fonte de nitrogênio (como nitrato/nitrito/amônia) em função da biofixação desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio em seus tecidos. Nas áreas agrícolas, pode haver escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados, e, nas áreas urbanas, as águas pluviais podem carregar alguma fonte de nitrogênio relacionada à deficiência de limpeza pública (SCORSAFAVA et al, 2010).

Os valores de nitritos foram de 0,41 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 0,05 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 0,01 mg.L⁻¹ na água tratada, mostraram-se dentro do padrão permitido pela legislação, o valor máximo permitido (VMP) de 1 mg.L⁻¹ do anexo XX da portaria de consolidação

05/2017. O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em pequenas quantidades nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica. O nitrito, quando presente na água de consumo humano, tem um efeito mais rápido e severo do que o nitrato (KINDLEIN, 2010).

Os resultados obtidos de sólidos dissolvidos totais nas análises foram de 95 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 44 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 51 mg.L⁻¹ na água tratada. Para o valor de sólidos dissolvidos totais, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo permitido seja 1000 mg.L⁻¹, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação.

Os resultados obtidos de sódio nas análises foram de 29 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 5 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 6 mg.L⁻¹ na água tratada. Para o valor de sódio, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo permitido seja 200mg.L⁻¹, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação.

Os valores de sulfeto de hidrogênio foram de 0,1 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 0,1 mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 0,3 mg.L⁻¹ na água tratada. A água tratada está com valor superior ao limite permitido pela legislação, o valor máximo permitido (VMP) de 0,1 mg.L⁻¹ do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017. Conforme Mainier; Viola (2005), o sulfeto de hidrogênio (H₂S) é um gás incolor, de odor desagradável, extremamente tóxico e mais denso do que o ar. É bastante inflamável e sua temperatura de auto-ignição é de 260°C, enquanto o limite de baixa explosividade é da ordem de 4,3% no ar (em volume). O sulfeto de hidrogênio pode ter origem na natureza e nos segmentos industriais. Nos segmentos industriais a procedência do H₂S é conhecida, geralmente, é oriunda de processos de remoção química e/ou de lavagens de gases ácidos, de sistemas de tratamento de efluentes, de fermentações, de decapagens ácidas.

Os resultados obtidos de surfactantes nas análises foram de 0,034 mg.L⁻¹ na Captação 01 na área urbana de Montenegro, de 0,034mg.L⁻¹ na Captação 02 sob a ponte da RS-240, e de 0,065 mg.L⁻¹ na água tratada. Para o valor de surfactantes, no anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 determina que o valor máximo

permitido seja 0,5 mg.L⁻¹, estando a água tratada dentro do padrão permitido pela legislação. Conforme Carraschi et al. (2012), os surfactantes fazem parte dos componentes inertes das formulações dos herbicidas. Essas substâncias são moléculas anfipáticas que melhoram a aderência dos herbicidas e facilitam a penetração do ingrediente ativo nas plantas. Essas substâncias causam danos nos componentes lipídicos das membranas celulares e a diminuição da tensão superficial da água, reduz a hifrofobicidade dos lipídeos da célula, causando uma superidratação. Em altas concentrações pode ocorrer supressão dos processos metabólitos evoluindo a necrose celular.

A estação de tratamento de água para abastecimento do município de Montenegro cumpriu as determinações da legislação brasileira referente à água tratada para o consumo humano.

5.5 Avaliação de Agrotóxicos

Na tabela 18, são apresentados os resultados dos parâmetros do anexo XX da portaria de consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde e portaria 320/2014 da Secretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul, referente a avaliação dos agrotóxicos nas águas do Rio Caí nos pontos 02, 08, 11 e 15.

Tabela 18 - análise de agrotóxicos conforme o anexo 7 do anexo XX da portaria de consolidação nº 05/2017 e da portaria 320/2014

Parâmetros	Unidade	LQ	Ponto 2	Ponto 8	Ponto 11	Ponto 15
2,4 D + 2,4,5 T	ug.L ⁻¹	0,56	<0,56	<0,56	<0,56	<0,56
Alaclor	ug.L ⁻¹	0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
Aldicarbe + Aldicarbessulfona	ug.L ⁻¹	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
+Aldicarbessulfóxido						
Aldrin + Dieldrin	ug.L ⁻¹	0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019
Atrazina	ug.L ⁻¹	0,52	<0,52	<0,52	<0,52	<0,52
Carbendazim + benomil	ug.L ⁻¹	0,41	<0,41	<0,41	<0,41	<0,41
Carbofurano	ug.L ⁻¹	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Clordano	ug.L ⁻¹	0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	ug.L ⁻¹	5,3	<5,3	<5,3	<5,3	<5,3
DDT+DDD+DDE	ug.L ⁻¹	0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019
Diuron	ug.L ⁻¹	0,29	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
Endossulfan (a b e sais)	ug.L ⁻¹	0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019

Continuação tabela 18.

Tabela 18 - análise de agrotóxicos conforme o anexo 7 do anexo XX da portaria de consolidação nº 05/2017 e da portaria 320/2014

Endrin	ug.L ⁻¹	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Glifosato + AMPA	ug.L ⁻¹	10	<10	<10	<10	<10
Lindano (gama HCH)	ug.L ⁻¹	0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019
Mancozebe	ug.L ⁻¹	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Metamidofós	ug.L ⁻¹	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metolacoloro	ug.L ⁻¹	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Molinato	ug.L ⁻¹	1,31	<1,31	<1,31	<1,31	<1,31
Parationa Metílica	ug.L ⁻¹	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Pendimentalina	ug.L ⁻¹	9,87	<9,87	<9,87	<9,87	<9,87
Permetrina	ug.L ⁻¹	1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
Profenofós	ug.L ⁻¹	0,53	<0,53	<0,53	<0,53	<0,53
Simazina	ug.L ⁻¹	0,59	<0,59	<0,59	<0,59	<0,59
Tebuconazol	ug.L ⁻¹	0,29	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
Terbufós	ug.L ⁻¹	0,64	<0,64	<0,64	<0,64	<0,64
Trifluralina	ug.L ⁻¹	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

LQ: Limite de Quantificação

Conforme a tabela 18, os resultados obtidos nas análises de agrotóxicos nas águas do Rio Caí estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Todos os parâmetros analisados apresentaram valores detectados inferiores ao limite de quantificação (LQ).

Os agrotóxicos, mesmo sendo detectados em valores baixos, a sua presença nas águas do Rio Caí podem ocasionar dificuldades para o tratamento da água em consequência da eventual necessidade de tecnologias mais complexas do que aquelas normalmente usadas para a potabilização. Conforme a CETESB (2020), a contaminação de ambientes aquáticos por agrotóxicos, como organoclorados (DDT), organofosforados e carbamatos, pode ser considerada como grave, devido a sua multiplicidade de formas e às extensões abrangidas. Em geral, os agrotóxicos atingem as águas devido ao manuseio incorreto dos produtos, por transporte aéreo (pulverização), lixiviação ou por sua disposição inadequada. Ao entrar em contato com a comunidade aquática, essas substâncias podem ser bioacumuladas, produzir efeitos sub-letais ou ainda efeitos letais, dependendo do tipo de substância e da dose.

Para Montagner et. al. (2017), os poluentes emergentes mesmo em baixas concentrações são prejudiciais à biota aquática e podem causar efeitos crônicos na

saúde humana. O estabelecimento do padrão de potabilidade para substâncias químicas (agrotóxicos) que representam risco à saúde é conduzido a partir da avaliação quantitativa do risco. Conforme Fernandes Neto (2010), a maioria dos contaminantes químicos presentes em águas subterrâneas e superficiais está relacionada às fontes industriais e agrícolas. A variedade é enorme, com destaque para os agrotóxicos, compostos orgânicos voláteis e metais. Sua presença nos mananciais pode trazer dificuldades para o tratamento da água em consequência da eventual necessidade de tecnologias mais complexas do que aquelas normalmente usadas para a potabilização.

Os agrotóxicos são usados na agricultura, a fim de proteger as plantas contra doenças, plantas daninhas e insetos nocivos à agricultura. Porém, deve-se lembrar de que esses produtos químicos deixam resíduos nos alimentos, gerando problemas na população que os consome e no meio ambiente (PEREIRA, 2012). O ser humano pode estar exposto, ao mesmo tempo, a mais de uma substância ou à mistura desses agentes químicos. Os efeitos dessa exposição múltipla podem ser distintos, de acordo com tipo e concentração do agente, via de exposição e características do indivíduo, como sexo, idade, dieta, estilo de vida, entre outros. Os efeitos sobre a saúde decorrente do consumo de água contaminada por agrotóxicos variam segundo o princípio ativo envolvido. Dentre os problemas já identificados e publicados pela literatura internacional especializada, destacam-se: (I) problemas no fígado e no sistema nervoso central, como dores de cabeça, tonturas, irritabilidade, movimentos musculares involuntários; (II) problemas com os sistemas cardiovascular e reprodutivo, com algumas evidências de desregulação endócrina e (III) problemas nos olhos, rins, baço, anemia e aumento do risco de desenvolver câncer (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2019; AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2019).

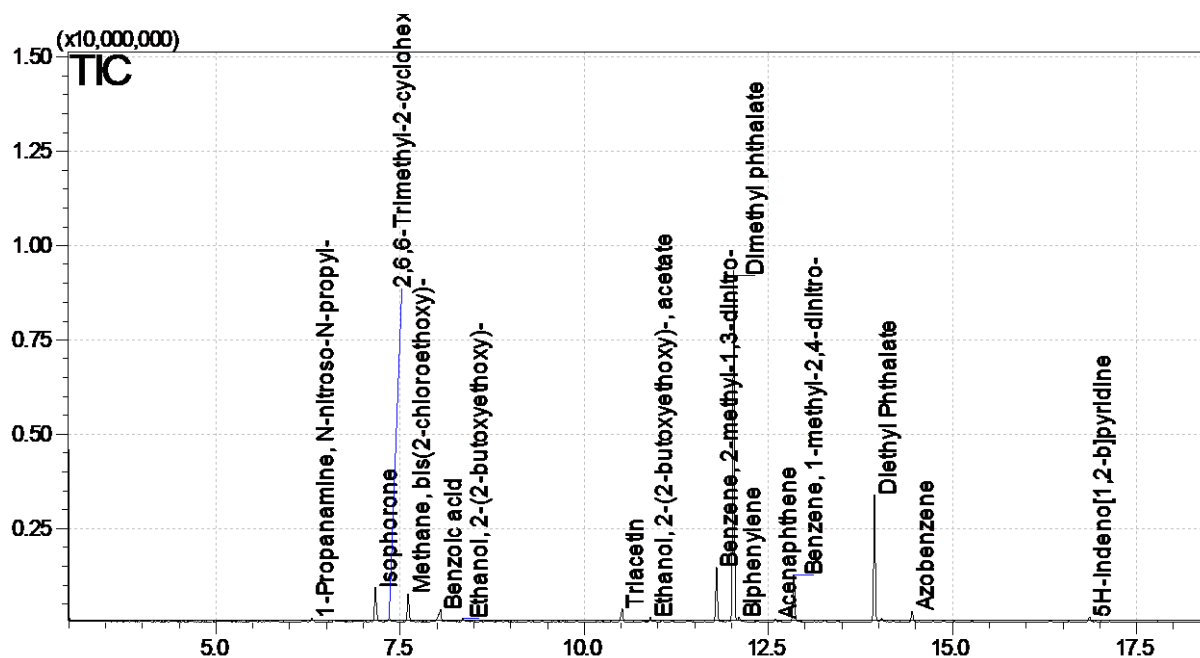
5.6 Avaliação dos Micropoluentes Emergentes

A detecção dos micropoluentes emergentes foi realizada com a concentração da água e análise em Cromatografia Gasosa. Para cada ponto foi realizado a injeção com 45 minutos de duração.

A figura 57 apresenta o cromatograma com os picos de detecção dos micropoluentes emergentes da amostra de água do ponto 02. Na figura, os

compostos apresentam sinal cromatográfico muito baixo, os picos analíticos com pouca intensidade, próximos da linha de base, mesmo realizando o processo de concentração da água.

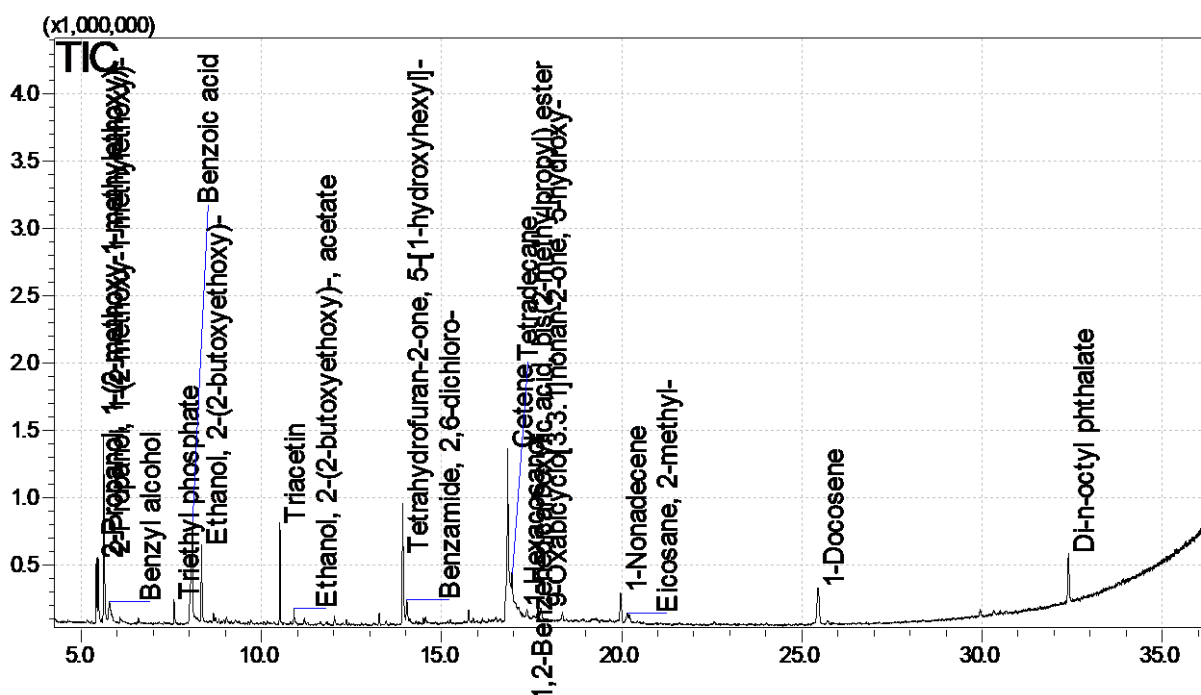
Figura 57 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 02



Fonte: Autor (2019)

Na figura 58, os compostos apresentam sinal cromatográfico baixo, os picos analíticos apresentam pouca intensidade.

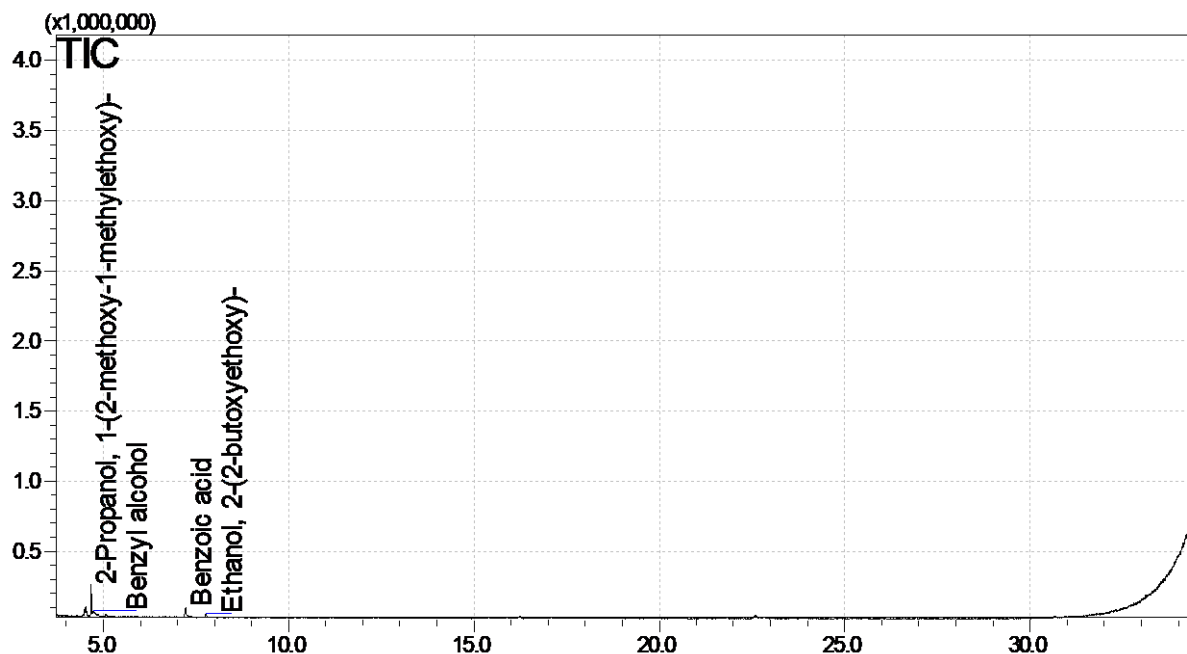
Figura 58 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 08



Fonte: Autor (2019)

A figura 59, a linha de base segue baixa durante o cromatograma e os picos aparecem com pouca definição, os compostos são detectados no início do processo.

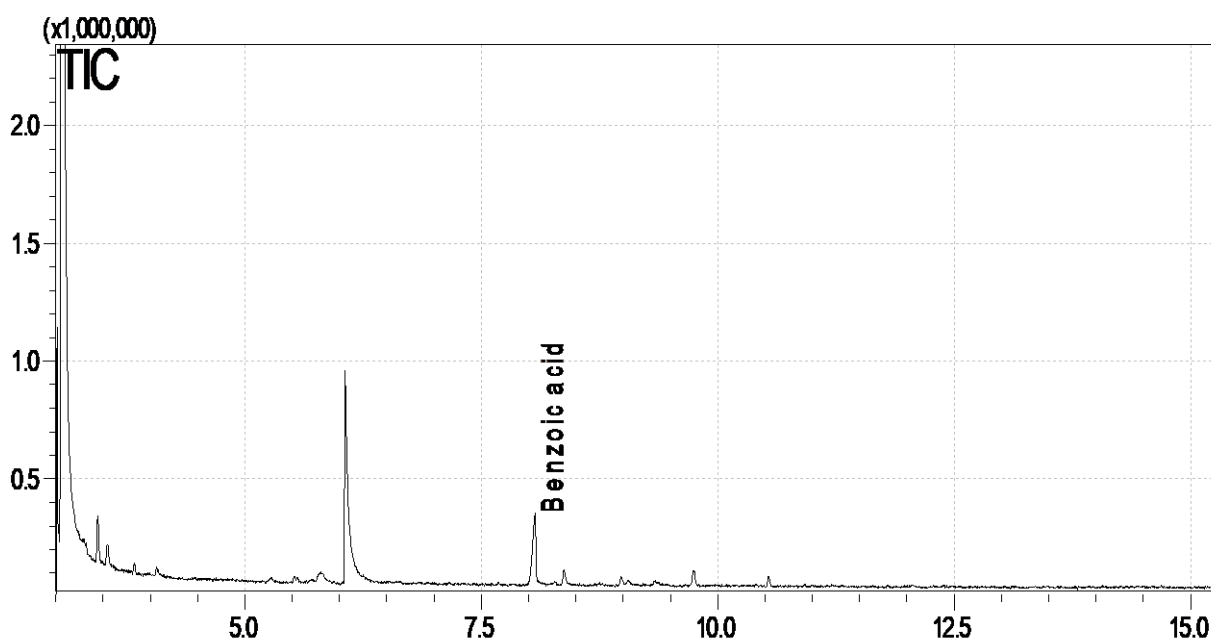
Figura 59 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 11



Fonte: Autor (2019)

Na figura 60, a linha de base permanece baixa durante todo o cromatograma e os picos aparecem com pouca definição.

Figura 60 - Cromatograma de detecção dos micropoluentes emergentes de amostra do ponto 15



Fonte: Autor (2019)

Os resultados das análises qualitativas referente ao Micropoluentes Emergentes dos cromatogramas das figuras 57, 58, 59 e 60 que apresentaram picos com similaridades nos compostos superiores a 90%, são apresentados na tabela 19.

Tabela 19 – análise de micropoluentes emergentes

Parâmetros	Ponto 2	Ponto 8	Ponto 11	Ponto 15
ácido benzoico	X	X	X	X
Pirrolidina	X	X	-	-
Triacetina	X	X	-	-
Pentadecano	-	X	-	-
Anidrido Ftálico	X	-	-	-

Nos pontos 02 e 08 foram detectados micropoluentes que a origem pode estar relacionada com o setor agropecuário. A região que está localizada o ponto de coleta 02 é utilizada para a plantação de diversas culturas, como também a criação de animais ruminantes. O ponto de coleta 08 está localizado próximo de indústrias do setor têxtil e agropecuário, e plantações de diversas culturas.

Os pontos 11 e 15 foram detectados micropoluentes que a origem pode estar relacionada com lançamento de esgotos domiciliares. O ponto de coleta 11 está localizado na área urbana do município de Montenegro. O ponto de coleta 15 fica localizado próximo ao Polo Petroquímico e áreas de inundação utilizadas na agricultura para a cultura do arroz, a partir das análises não foram detectados a presença de parâmetros que sejam provenientes das atividades desses setores comerciais.

Segundo Rodrigues (2019), a pirrolidina, também conhecida como tetrahidropirrole, é um composto orgânico com fórmula molecular $(CH_2)_4NH$. Essa substância encontra-se presente em diversos produtos alimentícios, como pão, leite, queijo, cenouras, café, caviar, peixes gordos e bebidas alcoólicas. Na maioria dos casos, a pirrolidina presente nos alimentos provém da descarboxilação da prolina, realizada por bactérias. Muitos derivados da pirrolidina são encontrados na natureza e na indústria química. A estrutura do anel pirrolidina encontra-se presente em diversos alcalóides, como a nicotina (presente nas folhas do tabaco) e a higrina (presente nas folhas da coca). A pirrolidina é um líquido altamente inflamável, corrosivo e prejudicial para a saúde (possivelmente mutagénico). De acordo com o estudo de Silva (2017), as pirrolidinas são N-heterociclos de cinco membros

largamente difundidos em produtos naturais, especialmente em alcaloides, isolados de plantas e microrganismos. Ela é uma droga utilizada no tratamento de diabetes, câncer e infecções virais, além de ser um potente agente para o combate da replicação do vírus HIV.

O Anidrido Ftálico é um importante produto utilizado na síntese de resinas e corantes. Para a sua produção há dois métodos: a partir da oxidação de o-xileno ou a partir da oxidação de naftaleno (este chamado de Processo de Gibbs), ambos em presença de catalisadores. Essa substância é utilizada na indústria na produção de corantes, inseticidas, plastificantes, fármacos, e em química analítica (VILLANOVA et al, 2010).

Conforme Cardoso (2019), o ácido benzoico é muito utilizado pela indústria alimentícia para conservação de alimentos e pela indústria farmacêutica na produção de cosméticos e medicamentos, principalmente de antifúngicos. Há outros processos em que esse ácido é aplicado como a síntese de corantes, produção de resinas alquílicas, produtos plastificantes, componente de cremes dentais.

De acordo com Sepúlveda et al (2015), nas plantas, o ácido benzóico desempenha papel importante no metabolismo, regulando o crescimento e a modificação química da rizosfera como parte dos exsudatos radicais que aumentam a capacidade de captura de minerais. Quando se acumula em alta concentração no solo, o ácido benzóico funciona como um aleloquímico. É também um mediador das respostas ao estresse, quando incorporado em vários metabólitos secundários associados a interações planta-herbívoro ou planta-patógeno, como: ésteres de glucosinolato em *Arabidopsis thaliana*; salicina, o principal glicósido fenólico do salgueiro (*Salix*); xantonas em *Hypericum androsaemum*; cocaína em *Erythroxylum* e taxol em *Taxus cuspidate*. Muitos desses compostos também são importantes agentes farmacológicos. Conforme dados da DSSTox o ácido benzoico apresenta característica de genotoxicidade e risco ao meio ambiental (USEPA, 2020).

A triacetina é um importante acetato não tóxico utilizado como aditivo de combustível. Esse composto é usado nas cadeias produtivas do biodiesel, diminuindo sua viscosidade e melhorando sua propriedade de fluxo à frio. Na gasolina, a triacetina atua como um importante agente antidetonante (PEREIRA, 2018). Nos estudos de Mota; Pestana (2011), a triacetina é utilizada como

emulsificantes na indústria alimentícia, cosmética, farmacêutica, tabaco e como aditivo para o biodiesel.

Conforme Pfeuffer e Jaudzus (2016), ácido pentadecano é um ácido graxo essenciais na gordura de ruminantes. Suas concentrações no leite de vaca produzido convencionalmente são em média 1,2%. A presença desse ácido em ambiente é um indicador de uso de gordura de leite, como também de produtos laticínios. Conforme a Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão (2020), o Rio Grande do Sul é o segundo produtor nacional respondendo por cerca de 13% da produção nacional. A região da Serra gaúcha apresenta uma produção superior a 30.000 litros por ano.

Apesar de todos os riscos a saúde, a legislação brasileira em vigor não dispõe de valores limites sobre resíduos de fármacos. A presença de poluentes em águas destinadas ao consumo humano reforça a assertiva de que o processo de revisão da legislação nacional contemple uma avaliação criteriosa que inclua, dentre outros, o diagnóstico dos princípios ativos mais utilizados e o perfil de uso dessas substâncias, pois podem ter seu uso centralizado em culturas e regiões específicas. Esse levantamento torna-se especialmente relevante ao se considerarem as características intrínsecas às substâncias (como persistência no ambiente, lixiviação e potencial para bioacumulação, dentre outras) e especificidades inerentes aos compartimentos ambientais (tipo de solo, pH e temperatura do solo e da água, dentre outras). Além disso, as técnicas necessárias à remoção de contaminantes orgânicos em água correspondem a tecnologias pouco comuns à maioria das Estações de Tratamento de Água (ETA) convencionais, como adsorção em carvão ativado e filtração por membranas (osmose reversa e nanofiltração), o que evidencia o risco de que tais substâncias podem passar incólumes pelos processos de tratamento, colocando em risco as populações consumidoras (FERNANDES NETO; 2010).

CONCLUSÃO

O presente estudo apresentou resultados obtidos por meio de análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do Rio Caí durante o período de 2017 a 2019. Além disso, possibilitou a geração de novas informações a partir da determinação dos poluentes emergentes presentes na água do Rio Caí. Essas informações podem auxiliar no planejamento ambiental e na gestão de recursos hídricos em nível local, por poderem embasar tomadas de decisões técnicas relativas a proposição de ações na Bacia Hidrográfica do Rio Caí.

Conforme os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, constatou-se que, apesar da maioria dos parâmetros serem classificados em Classe I, para águas, temos parâmetros importantes como coliformes fecais, elevaram os limites atribuídos pela resolução CONAMA n.º 357/2005, comprometendo, assim, a qualidade do corpo hídrico. Ainda devemos destacar a falta de ações efetivas para melhoria da qualidade da água ao longo do rio. Ou seja, a falta de fiscalização e de medidas mitigadoras com os esgotos domiciliares, industriais e agrícolas lançados ao longo do rio.

Na análise dos poluentes emergentes, é possível inferir que a água do Rio, apresenta contaminação apesar de estar em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação. Foram identificados na água do Rio Caí os compostos: ácido benzoico; pirrolidina; triacetina; pentadecano e anidrido ftálico. Além desses compostos, foram detectados agrotóxicos, que são prejudiciais a biota aquática e podem causar efeitos crônicos na saúde humana.

Por fim, é possível concluir que a qualidade da água do Rio Caí é reflexo das condições ambientais em que a Bacia Hidrográfica do Rio Caí se encontra. Na medida em que a interferência antrópica aumenta, reduz a qualidade de sua água.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 9898: 1987. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** <www.abntcatalogo.com.br>. Acessado em: 30 out 2017.

ABDALLA, K. V. P.; CAVALCANTE, P. R. S.; COSTA NETO, J. P.; BARBIERI, R.; MESQUITA NETO, M. C. Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-MA. **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 2010.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile information sheet. Department of health and human services.** Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov>. Acesso em: 10 set 2019.

AGUIAR JUNIOR, C. A. S.; SILVA, N. T. M.; SOARES, D. F.; FARIA, A. M. Extração em fase sólida de resíduos de agrotóxicos de água superficial, empregando um sorvente de menor retenção. **Quim. Nova**, Vol. 41, No. 6, 641-647, 2018.

AMÉRICO, J. H. P.; MESSIAS, T. G.; TORRES, N. H.; AMÉRICO, G. H. P. Desreguladores endócrinos no ambiente e seus efeitos na biota e saúde humana. **Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente**, Curitiba, v. 22, p. 17-34, jan./dez. 2012.

AMÓRTEGUI, J. C. E.; DALLOS, J. A. G. Practical Aspects in Gas Chromatography-Mass Spectrometry for The Analysis of Pesticide Residues in Exotic Fruits. **Food Chem.**, n. 182, p. 14-22, 2015.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Indicadores de Qualidade – Índice de qualidade da água bruta para fins de abastecimento público (IAP)**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-qualidade-bruta.aspx>> Acessado em 28 abr 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF. 1997. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>> Acessado em: 20 nov 2018.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Usos da água**. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/usos-da-agua>> Acessado em 28 abr 2020.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22.ed. Washington DC: APHA, 2012.

ARGENTON, A. **Conceitos Fundamentais de Cromatografia a líquido de Alto Desempenho (HPLC)**. Conselho Regional de Química – IV Região (SP). São José do Rio Preto-SP, 2010.

ARIAS, D. G. **Contaminantes emergentes, seus efeitos no meio ambiente e desafios para novos mecanismos de purificação de água**. BE310 Ciências do ambiente – UNICAMP. 2013.

BATEMAN, I. J., HARWOOD, A. R., MACE, G. M., WATSON, R. T., ABSON, D. J., ANDREWS, B., BINNER, A., CROWE, A., DAY, B. H., DUGDALE, S., FODEN, J., HAINES-YOUNG, R., HULMR, M., KONTOLEON, A., LOVETT, A. A., MUNDAY, P., PASCUAL, U., PATERSON, J., PERINO, G., SEN, A., SIRIWARDENA, G., SOEST, D. V., TERMANSEN, M. Bringing ecosystem services into economic decision-making: Land use in the United Kingdom. **Science**, v. 341, p. 45-50, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017 - Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Disponível em: <<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>> acesso em: 10 jun 2019.

BÖGER, B.; AMARAL, B.; ESTEVÃO, P. L. S.; WAGNER, R.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; GOMES, E. C. Determination of carbamazepine and diazepam by SPE-HPLC-DAD in Belém River water, Curitiba-PR/Brazil. **Rev. Ambient. Água**. vol.13 no.2 Taubaté 2018 Epub 16-Abr-2018

CAMACHO, L. R. N. **Avaliação da Qualidade de um Córrego Urbano com Relação às Espécies Metálicas e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)**. Dissertação. UFSCAR. São Carlos-SP, 2012.

CAMPOS, A. P. S. **A presença de metais e compostos químicos orgânicos nas águas superficiais e nos sedimentos do Rio Tietê**. Tese. USP. São Paulo-SP, 2012.

CAPPELLARO, G. **Procedimento nº PT.GC 004 – extração de amostras de águas e efluentes por SPE (Cartucho Strata-X)**. Central Analítica. Universidade Feevale. Novo Hamburgo, RS, 2019.

CARDOSO, M. **Ácido Benzoico**. InfoEscola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/acido-benzoico/>> acesso em: 20 set 2019

CARRASCHI, S. P.; LUNA, L. A. V.; NETO, A. N.; GÍRIO, A. C. F.; CRUZ, C.; PITELLI, R. A. Toxicidade aguda e risco ambiental de surfactantes agrícolas para o guaru *Phalloceros caudimaculatus* (Pices: Poeciliidae). **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, v. 7, n. 1, 2012.

CEEE - Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica. **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório Salto da UHE Bugres**, 2011. Disponível em: <www.ceee.com.br> acesso em: 15 abr 2019.

CEEE - Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica. **Inspeção Bugres**, 2017. Disponível em: <www.ceee.com.br> acesso em: 23 set 2018.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas Interiores: Programa de Monitoramento**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/programa-de-monitoramento/>> acesso em: 17 jan 2018.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índices de Qualidade da Água**, 2017. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>> acesso em: 24 jun 2018.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Mortandade de Peixes**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisica-e-quimicas/>> acesso em: 24 mai 2020.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Website**. 2019. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso: 07 set. 2019.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 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. Brasília, DF, 2005.

CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; GODOY, L. H.; FERNANDES, A. M.; PEDRAZZI, F. J. M. Influência sazonal no transporte específico de metais totais e dissolvidos nas águas fluviais da Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Geochimica Brasiliensis** 29(1): 23-34, 2015.

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. **Uso das Água**, 2013. Disponível em: <www.corsan.com.br> acesso em: 10 set 2017.

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. **Fontes d'águas**, 2018. Disponível em: <www.corsan.com.br> acesso em: 11 abr 2018.

COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. I. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Quim. Nova**. Vol. 31, No. 7, 1820- 1830, 2016.

COSTA, L. A. **Análise das concentrações de metais pesados na água e sedimento do Rio Sergipe (SE)**. 2018. Monografia (Graduação de Bacharelado em Geologia). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Universidade Federal de Sergipe (UFS). São Cristovão/SE, 2018.

DIAS, D. X. **Impacto ambiental e métodos de tratamento de micropoluentes para a minimização de efeitos nocivos ao ecossistema**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Bioquímica). Lorena, São Paulo. 46 f.. 2012.

DUPASA, R.; DELMASC, M.; DORIOZD, J. M.; GARNIERE, J.; MOATARF, F.; GASCUEL-ODOUXA, C. (2015). Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407

DURIGAN, M. A. B.; VAZ, S. R.; ZAMORA, P. P. Degradação de poluentes emergentes por processos fenton e foto-fenton. **Quim. Nova**, Vol. 35, No. 7, 1381-1387, 2012.

DUTRA, J. M. M.; OLIVEIRA, F. C.; SCHNEIDER, T.; FISCHOEDER, R. G.; ROHNELT, N. M. S.; SILVA, L. G. A.; HECK, T. M. S.; ALMEIDA, S. E. M. **Deteção do adenovírus humano tipo c nas águas provenientes da bacia hidrográfica do rio Caí no Estado do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2016.

FARIAS, T.; SILVA, R. A. F.; CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T. Análise da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma empresa madeireira do município de Santa Cecília. **Revista Extensão em Foco** | v.7 | n.1 | p. 160-164 | 2019.

FENGLER, F. H.; MORAES, J. F. L.; RIBEIRO, A. I.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M.; MEDEIROS, G. A. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia

Hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim entre 1972 e 2013. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol.19 no.4 Campina Grande abr. 2015.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Caí.** Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br> acesso em: 01 set 2017.

FERNANDES NETO, M. L. **Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco.** Tese (Doutorado em Ciências). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2010.

FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M. B.; RAMOS, G. M.; GASPAR, A.; MOURA, M. R. Influência do uso do solo na qualidade de água da Microbacia Glória, Macaé – RJ. **Rev Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 105-116, abr./jun. 2011.

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Rev Saúde Pública** 2011;45(5):964-73

FREIBERGER, J. M. **EFEITOS GENOTÓXICOS E QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA REGIÃO DO TRECHO MÉDIO DA BACIA DO RIO CAÍ, RS, BRASIL, SOBRE *Astyanax fasciatus*, *Leporinus obtusidens* E *Allium cepa*.** 2012. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, RS, 2012.

GONÇALVES, G. K.; MEURER, E. J.; BORTOLON, L.; GONÇALVES, D. R. N. Relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solo do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:1633-1639, 2011.

Guias de Caxias do Sul. **Ponte do Raposo.** Disponível em: <<https://www.guiadecaxiasdosul.com/turismo/categorias/vila-oliva/ponte-do-raposo-663>> acesso em: 23 set 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br> acesso em: 06 set 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Município de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul**, 2017. Disponível em: <www.ibge.gov.br> acesso em: 23 set 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Montenegro**, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/montenegro>> acesso em: 12 abr 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vale Real**, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/vale-real>> acesso em: 12 abr 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Complete list of agents evaluated and their classification**. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr>>. Acesso em: 12 set. 2019.

JESUS, J.; SANTOS, S.; RODRIGUES, A. L. Metais pesados na água. **Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária**, 2011.

KINDLEIN, C. P. **Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de abastecimento do município de Nova Santa Rita**. 2010. Monografia (Bacharel em Química). Unilasalle, Canoas, RS, 2010.

KOÇER, M. A. T.; SEVGILI, H. (2014). Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. *Ecological Indicators*, v. 36, p. 672-681.

LOPES, M. P.; MATOS, C.T.; PEREIRA, V.J.; BENODIEL, M.J.; VALÉRIO, M.E.; BUCHA, L.B.; RODRIGUES, A.; PENETRA, A.I.; FERREIRA, E.; CARDOSO, V.V.; REIS, M.A.M.; CRESPO, J.G. Production of drinking water using a multi-barrier integrating nanofiltration: a pilot scale study. **Separation Purification Technology**, v. 119, p. 112-122, 2013.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Eng. Sanit. Ambient.** vol.22 no.4 Rio de Janeiro July/Aug. 2017.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** v.21 n.3. 2016.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Quim. Nova**, Vol. 40, No. 9, 1094-1110, 2017.

MOTA, C. J. A.; PESTANA, C. F. M. Co-produtos da Produção de Biodiesel. **Rev. Virtual Quim.**, 2011.

NASCIMENTO, C. A. **Uma proposta de índice de qualidade de água como ferramenta de apoio a gestão de estações de água para consumo humano.** Tese (Doutorado em Qualidade Ambiental). Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2014.

Newman, M. E.; Maclaren, K. P.; Wilson, B. S. Assessing deforestation and fragmentation in a tropical moist forest over 68 years; the impact of roads and legal protection in the Cockpit Country, Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v.315, p.138-152, 2014.

OLIVEIRA, C. R. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio dos Sinos.** Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental). Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2015.

OLIVEIRA, F. C. **Avaliação microbiológica das águas superficiais e sedimentos de borda provenientes do terço inferior da bacia hidrográfica do rio Caí/RS.** Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental). Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2017.

OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.21 n.3. 2016.

OLIVEIRA, L. J. G. G. **Avaliação preliminar da toxicidade de efluentes gerados na indústria madeireira utilizando bioensaios**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Curitiba/SC, 2012.

PASSOS, G. A. Bioindicadores de qualidade da água: uma ferramenta para perícia ambiental criminal. **Acta de Ciências e Saúde**, v 1, nº 5, 2016.

PEDROLLO, M. C. R.; GERMANO, A. O.; SOTÉRIO, P.; RODRIGUES, E.; MADUELL, J. C. Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Caí. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Repositório Institucional de Geociências**. 2011. Disponível em: < <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1052>> acesso em: 11 set 2017.

PEREIRA, D. C. A. Resíduos de agrotóxicos e metais pesados em água para consumo humano em Centro Novo-MA. **RBGA** (Pombal – PB – Brasil) v.6, n.1, 2012.

PEREIRA, V. M. S. **Estudo de processos para a obtenção de Triacetina a partir de Glicerol**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, São Paulo, 2018.

PFEUFFER, M.; JAUDSZUS, A. Pentadecanoic and Heptadecanoic Acids: Multifaceted Odd-Chain Fatty Acids. **American Society for Nutrition**. Adv Nutr 2016.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L.; GROVE, J. M.; BOONE, C. G.; GROFFMAN, P. M.; IRWIN, E.; KAUSHAL, S. S.; MARSHALL, V.; MCGRATH, B. P.; NILON, C. H.; POUYAT, R. V.; SZLAVECZ, K.; TROY, A.; WARREN, P. (2011).

Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 331-362.

PIVELI, R. P. **Águas e poluição: aspectos físico-químicos**: aula 8 ferro, manganês e metais pesados em águas. Universidade de São Paulo. Disponível em: < <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%208%20-%20Ferro%20e%20Manganes%20e%20Metais%20Pesados.pdf>> acesso em: 04 jul 2020.

PIVETTI, F. **Estudo detecta nível expressivo de arsênio em arroz**. Disponível em: < <http://www.usp.br/agen/?p=136979>> Acesso em: 10 set 2019.

Polo Petroquímico do Sul. **O que é o Polo**. Disponível em: <www.falecomopolo.com.br> acesso em: 28 out 2018.

REZENDE, G. G.; SILVA, E. D.; OLIVEIRA, R. D.; BINOTTO, R. B.; VIERO, A. C.; PEDROLLO, M. C. R. Determinação de altitudes ortométricas de estações fluviométricas para geração de manchas de inundação do Sistema de Alerta da Bacia do rio Caí. **Repositório Institucional de Geociências**. 2016. Disponível em: < <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/77?offset=40>> acesso em: 23 nov 2017.

Revista Usina da Cultura. **Barragem do Salto – São Francisco de Paula/RS**. Disponível em: < <http://www.usinadacultura.com/>> acesso em: 23 set 2018.

Revista Usina da Cultura. **Passo do Inferno – São Francisco de Paula/RS**. Disponível em: < <http://www.usinadacultura.com/>> acesso em: 23 set 2018.

RIBEIRO, A. G. **A qualidade ambiental do Rio dos Sinos: poluentes orgânicos, metais tóxicos, parâmetros físico-químicos e oxidação no sedimento e águas superficiais**. 2016. 238 f. Tese (Doutorado em Qualidade Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2016.

RIEGEL, R. P. **Modelagem dinâmica espacial: instrumento para planejamento urbano ambiental**. 2019. Tese (Doutorado em Qualidade Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2019.

RIO GRANDE DO SUL, Secretaria Estadual da Saúde. **Portaria RS/SES nº 320, de 24 de abril de 2014 – Potabilidade da Água**. Disponível em: <<https://cevs.rs.gov.br/>> acesso em: 22 set 2018.

RIO GRANDE DO SUL, Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Caí. 2015. **Revista da fase C**. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0Byn_B-4Lg7RGY1BqSlh1TXZaa2M/view> acesso em: 12 abr 2019

RIO GRANDE DO SUL, Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA. **Resolução nº 355 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. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/resolucoes>>>. Acesso em: 09 jan 2019.

RIO GRANDE DO SUL, Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Leite, o RS é o segundo maior produto de leite do Brasil**. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/leite> acesso em: 13 fev 2020.

RIO GRANDE DO SUL, Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMA. **G030 – Bacia Hidrográfica do Rio Caí**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/g030-bacia-hidrografica-do-rio-cai>> acesso em: 09 jan 2019.

RIO GRANDE DO SUL, Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMA. **G070 – Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/g070-bacia-hidrografica-do-baixo-jacui>> acesso em: 09 jan 2019.

RITZEL, R. G. F. **Análise de Viabilidade Viral e parâmetros Físico-químicos do sedimento das margens do rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2019. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2019.

ROCHA, A. F., **Cadmium, Lead, Mercury** – The issue of these metals in Public Health?. Monografia. FCNAUP, Porto, 2009.

RODRIGUES, J. **Pirrolidina**. Disponível em: < www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> acesso em: 20 set 2019.

RODRIGUES, M. L. K.; KOLLER, D. K.; GUERRA, T.; FORMOSO, L. L. Avaliação do risco toxicológico à saúde humana associado ao incremento do fluxo de cromo antrópico em segmentos fluviais afetados por curtumes. **Pesquisas em Geociências**. Porto Alegre, RS. Vol. 36, n. 2 (mai/ago. 2009), p. 149-164

ROTHWELL, J. J.; DISE, N. B.; TAYLOR, K. G.; ALLOTT, T. E. H.; SHCOLEFIELD, P.; DAVIES, H.; NEAL, C. (2010). A special and seasonal assessment of river water chemistry across North West England. **Sciences of the Total Environment**, v. 408, p. 841-855.

SANTOS, V. P. **Modificações de solo e plantas após duas décadas da aplicação de lodo provenientes da ETE do SITEL do Polo Petroquímico (Triunfo, RS)**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre/RS, 2010.

SCORSAFAVA, M. A.; SOUZA, A.; STOFER, M.; NUNES, C. A.; MILANEZ, T. V. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. **Rev. Inst. Adolfo Lutz** (Impr.) vol.69 no.2 São Paulo, 2010.

SEBUSIANI, H. R. V., BETTINE, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Ver. Bras. de Ges. e Desen.** Reg. v. 7, n. 1, p. 256-285, 2011.

SEPÚLVEDA, L. V.; GONZÁLEZ-MORALES, S.; MENDOZA, A. B. Ácido benzoico: biosíntesis, modificación y función en plantas. **Rev. Mex. Cienc. Agríc** vol.6 no.7 Texcoco sep./nov. 2015.

SILVA, E. C. **Estudos visando à síntese de pirrolidinas e piperidinas com potencial atividade inibidora de alfa-glicosidases**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2017.

SILVA, M. T. P. **Avaliação da toxicidade e caracterização de hidrocarbonetos presentes em águas de rios impactados por efluente de indústria petroquímica**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2013.

SILVA, R. A.; CORDEIRO, J.; BERNANDIS, C. D.; ALVARENGA, C. A.; CORDEIRO, J. L.; CALAZANS, G. M. Perception of the population of city of Santa Bárbara (MG) about the minerary activity and contamination of soil and water by arsenic. **Research, Society and Development**, v. 5, n. 3, p. 225-244, jul. 2017

SILVA, R. F.; SILVA, G. L.; SILVA, P. T. S.; SILVA, V. L. Identificação e Quantificação de Contaminantes Emergentes em Estações de Tratamento de Esgoto. **Rev. Virtual Quim.**, 8 (3), 702-715. 2016.

SIQUEIRA, R. R. **Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de poluentes orgânicos persistentes na água do rio dos sinos**. Dissertação de Mestrado. FEEVALE, Novo Hamburgo, RS, 2012.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Esgotamento Sanitário – 2018**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>> acesso em: 20 mai 2019.

SOARES, A. F. S.; LEÃO, M. M. D. Contaminação dos mananciais por micropoluentes e a precária remoção desses contaminantes nos tratamentos convencionais de água para potabilização. **Revista Jurídica De Júri**. ISSN 1809-8487, v. 14, n. 24, p. 36-85, jan./jun. 2015.

SOARES, S. S.; ARRUDA, P. N.; LOBÓN, G. S.; SCALIZE, P. S. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 119-130, jan./jun. 2016.

SOUZA, L. A. **Contaminação por Manganês**; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/contaminacao-manganes.htm>>. Acesso em 16 abr 2019.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Eng Sanit Ambient** | v.19 n.3 | jul/set 2014 | 263-274

STEFFENS, C.; KLAUCK, C. R.; BENVENUTI, T.; RODRIGUES, M. A S. **Water quality assessment of the Sinos River – RS, Brazil**. Braz. J. Biol. vol.75 no.4 supl.2 São Carlos dez. 2015 Epub 27-Nov-2015. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01613suppl>

SUÁREZ, D. F. P.; ROMÁN, R. M. S. Consumo de água em arroz irrigado por inundação em sistema de multiplas entradas. **Irriga, Botucatu**, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 78-95, 2016.

TONIOLLO, M.; ZANCAN, N. P.; WÜST, C. Indústria Têxtil: sustentabilidade, impactos e minimização. **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Porto Alegre, 2015.

VARGAS, V. M. F.; TERRA, N. R.; SOUZA, G.D.; MARTINS, I. J. H. B.; TROVISCAL, B. P.; RODRIGUES, M. L. K.; CANIZARES, E. M. P. N.; CASTRO, J. N.; ROSA, M. E. S.; FACHEL, J.; FACCINI, L. S.; TUCCI, C. E.; HARTMAN, A.; THIESEN, F. V.; MALABARBA, L. R. Técnicas ecotoxicológicas avançadas para análise de risco em áreas de impacto ambiental. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. São Paulo, 2017.

USEPA. Distributed Structure-Searchable Toxicity (DSSTox) Database. Disponível em: .<<https://www.epa.gov/chemical-research/distributed-structure-searchable-toxicity-dsstox-database>> Acesso em: 04 jul 2020.

VETTORELLO, G.; BRANDT, V.; DALLAZEN, M. D.; KUNH, D.; ETGETON, H. P.; SPELLMEYER, J. G.; CARLESSO, W. M.; HOERNE, L. Micropoluentes em água – o novo desafio emergente. **Revista Caderno Pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, 2017. ISSN 1983-0882.

VILLANOVA, J. C. O.; ORÉFICE, R. L.; CUNHA, A. S. Aplicações farmacêuticas de polímeros. Polímeros: **Ciência e Tecnologia**, vol. 20, núm. 1, 2010, pp. 51-64

ZAMORA, P. P.; CRUZ, L. H.; HENNING, F. G.; SANTOS, A. B. Degradação fotocatalítica de sulfametoxazol, trimetoprima e diclofenaco em solução aquosa. **Quim. Nova**, Vol. 33, No. 6, 1270-1274, 2010.

ZUCCHETTI, R. **Monitoramento do Rio Caí**, 2015. FEPAM. Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br> acesso em: 10 set 2017.

ANEXO I**Classes de Enquadramento Conforme usos para a Categoria de Águas Doces**

CLASSIFICAÇÃO	DESTINAÇÃO
I – Classe Especial	• Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; • Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral.
II – Classe I	• Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; • Proteção de comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; • Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; • Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
III – Classe II	• Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme resolução CONAMA nº 274/2000; • Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; • Aquicultura e à atividade de pesca.
IV – Classe III	• Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; • Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • Pesca amadora; • Recreação de contato secundário; • Dessedentação de animais.
V – Classe IV	• Navegação; • Harmonia paisagística.

Fonte: adaptado do CONAMA 357 (2005).

ANEXO II

Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, anexo 7 do anexo XX da portaria de consolidação nº 05/2017.

Parâmetro	CAS (1)	Unidade	VMP (2)
INORGÂNICOS			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03
ORGÂNICOS			
Acrilamida	79-06-1	µg/L	0,5
Benzeno	71-43-2	µg/L	5
Benzo[a]pireno	50-32-8	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	75-01-4	µg/L	2
1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	75-35-4	µg/L	30
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	156-59-2 (cis) 156-60-5 (trans)	µg/L	50
Diclorometano	75-09-2	µg/L	20
Di(2-etilhexil) ftalato	117-81-7	µg/L	8
Estireno	100-42-5	µg/L	20
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/L	9
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	µg/L	4
Tetracloroetano	127-18-4	µg/L	40
Triclorobenzenos	1,2,4-TCB (120-82-1)	µg/L	20

	1,3,5-TCB (108-70-3) 1,2,3- TCB (87-61-6)		
Tricloroeteno	79-01-6	µg/L	20
AGROTÓXICOS			
2,4 D + 2,4,5 T	94-75-7 (2,4 D) 93-76-5 (2,4,5 T)	µg/L	30
Alaclor	15972-60-8	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona +Aldicarbesulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbesulfona) 1646- 87-3 (aldicarbe sulfóxido)	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (aldrin) 60-57-1 (dieldrin)	µg/L	0,03
Atrazina	1912-24-9	µg/L	2
Carbendazim + benomil	10605-21-7 (carbendazim) 17804-35- 2 (benomil)	µg/L	120
Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	2921-88-2 (clorpirifós) 5598-15-2 (clorpirifós- oxon)	µg/L	30
DDT+DDD+DDE	p,p'-DDT (50-29-3) p,p'- DDD (72-54-8) p,p'-DDE (72-55-9)	µg/L	1
Diuron	330-54-1	µg/L	90
Endossulfan (a b e sais) (3)	115-29-7; I (959-98-8); II (33213-65-9); sulfato (1031-07-8)	µg/L	20
Endrin	72-20-8	µg/L	0,6
Glifosato + AMPA	1071-83-6 (glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Lindano (gama HCH) (4)	58-89-9	µg/L	2

Mancozebe	8018-01-7	µg/L	180
Metamidofós	10265-92-6	µg/L	12
Metolacloro	51218-45-2	µg/L	10
Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Parationa Metílica	298-00-0	µg/L	9
Pendimentalina	40487-42-1	µg/L	20
Permetrina	52645-53-1	µg/L	20
Profenofós	41198-08-7	µg/L	60
Simazina	122-34-9	µg/L	2
Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	20
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO(5)			
Ácidos haloacéticos total	(6)	mg/L	0,08
Bromato	15541-45-4	mg/L	0.01
Clorito	7758-19-2	mg/L	1
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
Cloraminas Total	10599-903	mg/L	4,0
2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	(7)	mg/L	0,1

(1) CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service.

(2) Valor Máximo Permitido.

(3) Somatório dos isômeros alfa, beta e os sais de endossulfan, como exemplo o sulfato de endossulfan,

(4) Esse parâmetro é usualmente e equivocadamente, conhecido como BHC.

(5) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

(6) Ácidos haloacéticos: Ácido monocloraacético (MCAA) - CAS = 79-11-8, Ácido monobromoacético (MBAA) - CAS = 79-08-3, Ácido dicloroacético (DCAA) - CAS = 79-43-6, Ácido 2,2 - dicloropropiônico (DALAPON) - CAS = 75-99-0, Ácido tricloroacético (TCAA) - CAS = 76-03-9, Ácido bromocloroacético (BCAA) CAS =

5589-96-3, 1,2,3, tricloropropano (PI) - CAS = 96-18-4, Ácido dibromoacético (DBAA) - CAS = 631-64-1, e Ácido bromodicloroacético (BDCAA) - CAS = 7113-314-7.

(7) Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) - CAS = 67-66-3, Bromodiclorometano (BDCM) - CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCM) - CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) - CAS = 75-25-2.

ANEXO III
Anexo I da portaria nº 320/2014

Parâmetro	CAS (1)	Unidade	VMP (2)
Abamectina	71751-41-2	1/4g/L	12
Acefato+ Metamidofós	30560-19-1 (acefato) 10265-92-6 (metamidofós)	1/4g/L	4,8
Bifentrina	82657-04-3	1/4g/L	120
Carbaril	63-25-2	1/4g/L	18
Cianamida	420-04-2	1/4g/L	12
Cipermetrina	52315-07-8	1/4g/L	300
Ciproconazol	94361-06-5	1/4g/L	60
Cletodim	99129-21-2	1/4g/L	60
Clorimurom-etílico	90982-32-4	1/4g/L	120
Clorotalonil	1897-45-6	1/4g/L	180
Cresoxim-metil	143390-89-0	1/4g/L	2400
Diazinona	333-41-5	1/4g/L	12
Difenoconazole	119446-68-3	1/4g/L	60
Difl ubenzuron	35367-38-5	1/4g/L	120
Dimetoato	60-51-5	1/4g/L	12
Ditianona	3347-22-6	1/4g/L	60
Epoxiconazol	135319-73-2	1/4g/L	18
Etoxisulfuron	126801-58-9	1/4g/L	240
Fenitrotiona	122-14-5	1/4g/L	30
Fenoxaprop-p-etílico	71283-80-2	1/4g/L	15

Fentiona	55-38-9	1/4g/L	42
Fipronil	120068-37-3	1/4g/L	1,2
Flutriafol	76674-21-0	1/4g/L	60
Folpet	133-07-3	1/4g/L	600
Fomesafem	72178-02-0	1/4g/L	18
Gama-cialotrina	76703-62-3	1/4g/L	6
Hidrazida maleica	123-33-1	1/4g/L	1800
Imazetapir	81335-77-5	1/4g/L	1500
Imidacloprido	138261-41-3	1/4g/L	300
Indoxacarbe	173584-44-6	1/4g/L	60
Iodosulfurom-metilico	144550-06-1	1/4g/L	180
Ioxinil octanoato	3861-47-0	1/4g/L	30
Lambda-cialotrina	91465-08-6	1/4g/L	30
Mesotriona	104206-82-8	1/4g/L	30
Metalaxil-m (Mefenoxam)	70630-17-0	1/4g/L	480
Metamitrona	41394-05-2	1/4g/L	150
Metidationa	950-37-8	1/4g/L	6
Metiram + Mancozebe (expreso em CS2)	9006-42-2 (metiram) 8018-01- 7(mancozebe)	1/4g/L	180
Metsulfuron metil	74223-64-6	1/4g/L	60
Picoxistrobina	117428-22-5	1/4g/L	258
Tembotriona	335104-84-2	1/4g/L	2,4
Tetraconazol	112281-77-3	1/4g/L	30

Tiametoxam	153719-23-4	1/4g/L	120
Tiodicarbe	59669-26-0	1/4g/L	180
Tiofanato-metilico + Carbendazim + Benomil (2914 - 120 1/4g/L) - (expresso em carbendazim)	23564-05-8 (tiofanato-metilico) 10605-21-7 (carbendazim) 17804- 35-2 (benomil)	1/4g/L	120
Triciclazol	41814-78-2	1/4g/L	180