

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS PATO BRANCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

**NIVALDIR FERREIRA DE LIMA JUNIOR**

**IMPACTO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS  
E MICROBIOLÓGICAS DAS ÁGUAS FLUVIAIS DA CIDADE DE SÃO MIGUEL DO  
OESTE/SC**

**PATO BRANCO  
2021**

**NIVALDIR FERREIRA DE LIMA JUNIOR**

**IMPACTO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS  
E MICROBIOLÓGICAS DAS ÁGUAS FLUVIAIS DA CIDADE DE SÃO MIGUEL DO  
OESTE/SC**

**Impact of Anthropogenic Activities on the Chemical and Microbiological  
Characteristics of River Waters in the City of São Miguel do Oeste/SC.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional, do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos

**PATO BRANCO**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Atribuição – Uso Não Comercial (CC BY-NC) - Permite que outros remixem, adaptem e criem obras derivadas sobre a obra licenciada, sendo vedado o uso com fins comerciais. As novas obras devem conter menção ao autor nos créditos e também não podem ser usadas com fins comerciais. Porém as obras derivadas não precisam ser licenciadas sob os mesmos termos desta licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Pato Branco



NIVALDIR FERREIRA DE LIMA JUNIOR

**IMPACTO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS  
DAS ÁGUAS FLUVIAIS DA CIDADE DE SÃO MIGUEL DO OESTE/SC**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Desenvolvimento Regional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável.

Data de aprovação: 09 de Agosto de 2021

Prof Jose Ricardo Da Rocha Campos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Cristiane Maria Tonetto Godoy, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Eliandra Mirlei Rossi, Doutorado - Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc)

Prof Gilson Ditzel Santos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 06/10/2021.

Dedico este trabalho a minha mãe, Maria Lúcia Kunsler, mulher guerreira, determinada, amorosa, incentivadora e meu porto seguro. Amor eterno a você!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida, pelas oportunidades de formações que tive até este momento. Agradeço a toda força que em momentos difíceis, solitários e muitas vezes incompreensíveis por outros, me mantiveram focado no objetivo final.

À minha mãe pelo amor e incentivo. Ao meu namorado João Felipe Reis pelo companheirismo, compreensão e incentivo em todos os momentos, além de ser o motorista em quase todas as coletas. Ao meu grande amigo Alessandro Verona, pelo apoio e amizade de longos anos.

Ao grande Mestre, Professor Dr. José Ricardo da Rocha Campos, pelos ensinamentos, pela dedicação, pela confiança a mim dada. Principalmente pela simplicidade, apreço, dedicação em cada orientação e ensinamento repassado, e por fazer esses dois anos e meio da minha vida, repletos de comprometimento sem deixar nenhum trauma pós mestrado. Meu muito, muito obrigado!

Agradeço também a Professora Dra. Cristiane Maria Tonetto Godoy, por toda a dedicação e ajuda na construção dos artigos científicos.

A todo o Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, pelos ensinamentos, dedicação, apreço e principalmente pelo tratamento acolhedor e humano que tens para com os discentes do Programa.

Agradeço também aos funcionários e colaboradores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná que me auxiliaram neste período. Também a própria Universidade, pela oportunidade de ofertar cursos de strictu sensu de qualidade e no interior no estado, facilitando o acesso à educação. Neste sentido agradeço também ao Ministério da Educação, que financia (mesmo que escassa) a educação pública de qualidade no Brasil.

Agradeço a Universidade do Oeste de Santa Catarina – Campus de São Miguel do Oeste, ao Vice Reitor de Campus Professor Dr. Vitor Carlos D'Agostini, Diretor Acadêmico Professor Dr. Eduardo Ottobelli Chielle, Professora Ma. Marilene Stertz, pelo apoio e incentivo na capacitação profissional. Ao Laboratório de Microbiologia, Professora Dra. Eliandra Mirlei Rossi e a Técnica de Laboratório Jessica Fernanda Barreto Honorato na dedicação e auxílio no processamento das análises. E principalmente, em especial, as minhas amigas e colegas de profissão, Professora Ma. Leandra Daiprai e Professora Ma. Celí Maziero, por todo apoio, incentivo e parceria em todos os momentos.

Por fim, agradeço a todos que de alguma maneira ou outra tenham auxiliado e contribuíram para que conseguisse finalizar mais esta etapa de qualificação profissional.

## RESUMO

LIMA JUNIOR, N. F. **Impacto das Atividades Antrópicas nas Características Químicas e Microbiológicas das Águas Fluviais da Cidade de São Miguel do Oeste/SC**. 2021. 91f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

O espaço urbano da cidade de São Miguel do Oeste, Santa Catarina, está inserido em três microbacias hidrográficas: Rios dos Perdidos, Rio Guamirim e Rio Famoso e, considerando que as atividades antrópicas podem impactar na qualidade dos recursos hídricos, este trabalho teve como objetivo estudar a influência das diferentes atividades humanas nas características químicas e microbiológicas das águas das microbacias em questão. Amostras de água foram coletadas em diferentes pontos de cada rio (cabeceira, mediano e a jusante) no período de setembro de 2019 a agosto de 2020 e levadas ao laboratório para análises químicas e microbiológicas. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de componentes principais, bem como classificadas conforme o nível de impacto antrópico. A análise da concentração populacional foi realizada através de dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, e estimada a população de cada microbacia através de geoprocessamento cruzando as informações dos setores censitários com as regiões das microbacias hidrográficas. A análise de ocupação do solo foi realizada por meio de um levantamento in loco, identificando de maneira visual as edificações quanto à sua ocupação (residencial, comercial, misto e industrial) e posteriormente georreferenciando cada edificação. Em valores absolutos, nas três microbacias hidrográficas analisadas a ocupação predominante foi a residencial, seguida da comercial e da industrial. Porém, entre as microbacias, a bacia que apresentou maior percentual de edificações residenciais foi a do Rio dos Perdidos; a bacia do Rio Guamirim foi a que apresentou maior porcentagem de prédios comerciais e a bacia do Rio Famoso maior porcentagem de edificações industriais. Quanto aos elementos sódio, potássio, Manganês, coliformes e dureza, a contaminação das águas variou entre as microbacias analisadas. A bacia que possui o maior impacto antrópico foi a microbacia do Rio Guamirim, podendo estar relacionado ao maior número de edificações e população residente neste território. Já as outras microbacias do Rio dos Perdidos e do Rio Famoso possuem baixo impacto antrópico e possuem uma realidade diferente da relatada na microbacia do Rio Guamirim. Conforme a expansão urbana ocorreu ao longo das décadas, estas áreas foram sendo ocupadas por edificações e estas por atividades e/ou habitantes, o que resulta em uma maior concentração populacional nas áreas mais antigas, padecendo dos reflexos antrópicos, causados pelos poluentes encontrados nas amostras analisadas.

**PALAVRAS-CHAVES:** Atividades Antrópicas, Uso e Ocupação do Solo, Impacto Ambiental, Microbacias Hidrográficas, Água.

## ABSTRAT

LIMA JUNIOR, N. F. **Impact of Anthropogenic Activities on the Chemical and Microbiological Characteristics of River Waters in the City of São Miguel do Oeste/SC**. 2021. 91f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

The urban space of the City of São Miguel do Oeste - SC is inserted in three hydrographic microbasins: dos Perdidos River, Guamirim River and Famoso River and, considering that human activities can impact the quality of water resources, this work aimed to study the influence of different human activities on the chemical and microbiological characteristics of water in the microbasins in question. Water samples were collected at different points of each river (head, middle and downstream) from September 2019 to August 2020 and taken to the laboratory for chemical and microbiological analysis. The data obtained were subjected to a principal component analysis, as well as classified according to the level of anthropic impact. The analysis of population concentration was performed using data from the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística demographic census and estimated the population of each microbasin through geoprocessing, crossing the information from the census sectors with the regions of the hydrographic microbasins. The soil occupation analysis was carried out through an in loco survey, visually identifying the buildings as to their occupation (residential, commercial, mixed and industrial) and subsequently georeferencing each building. In absolute values, in the three hydrographic microbasins analyzed, the predominant occupation was residential, followed by commercial and industrial. However, among the microbasins, the basin with the highest percentage of residential buildings was the dos Perdidos River; the Guamirim River basin had the highest percentage of commercial buildings and the Famoso River basin had the highest percentage of industrial buildings. As for the elements sodium, potassium, manganese, coliforms and hardness, water contamination varied among the analyzed microbasins. The basin that has the greatest anthropogenic impact was the Guamirim River microbasin, which may be related to the largest number of buildings and population residing in this territory. The other microbasins of the dos Perdidos River and the Famoso River, on the other hand, have a low anthropogenic impact and have a different reality from that reported in the Guamirim River microbasin. As urban expansion occurred over the decades, these areas were occupied by buildings and these by activities and/or inhabitants, which results in a greater population concentration in older areas, suffering from anthropogenic reflexes caused by pollutants found in the samples analyzed.

**KEYWORDS:** Anthropogenic Activities, Land Use and Occupation, Environmental Impact, Hydrographic Microbasins, Water.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação das atividades antrópicas com os impactos ambientais .....	28
Quadro 2: Manifestação da poluição e seus impactos ambientais sobre os recursos ambientais .....	29
Quadro 3: Relação entre a atividade antrópicas por setor econômico e as consequências dessas atividades para os ecossistemas aquáticos .....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da qualidade da água para os parâmetros que serão analisados na pesquisa segundo resolução do CONOMA n.º 357/2005..	37
Tabela 2: Estimativa populacional das microbacias .....	52
Tabela 3: Ocupação das edificações da área de estudo.....	56
Tabela 4: Teores de Mn coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos.....	65
Tabela 5: Teores de Fe coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos.....	67
Tabela 6: Teores de Cu coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos.....	68
Tabela 7: Teores de Na coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos.....	69
Tabela 8: Teores de Zn coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos.....	71
Tabela 9: Teores de K coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos.....	73
Tabela 10: Teores de Ca+Mg coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos .....	75
Tabela 11: Teores de sólidos totais coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos .....	76
Tabela 12: Teores de coliformes termotolerantes coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos .....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da população de São Miguel do Oeste total entre 1943 até 2010. ....	50
Gráfico 2: Evolução da população de São Miguel do Oeste urbana – rural entre 1950 até 2010.....	51
Gráfico 3: Percentual total da quilometragem quadrada das áreas de interesse da região de estudo.....	59
Gráfico 4: Análise de componentes principais, dimensões 1 e 2. ....	81
Gráfico 5: Análise de componentes principais, dimensões 1 e 2. ....	82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de São Miguel do Oeste.....	40
Figura 2: Mapa das microbacias hidrográficas. ....	41
Figura 3: Pontos de coletas nas cabeceiras dos Rios dos Perdidos, Guamirim e Famoso. ....	42
Figura 4: Pontos de coletas medianos dos Rios dos Perdidos, Guamirim e Famoso. ....	43
Figura 5: Pontos de coletas nas jusantes dos Rios dos Perdidos, Guamirim e Famoso. ....	43
Figura 6: Localização dos pontos de coleta. ....	44
Figura 7: Níveis de impacto antrópico na água. ....	46
Figura 8: Densidade demográfica das microbacias.....	52
Figura 9: Relação expansão urbana com densidade demográfica na microbacia do Rio Guamirim.....	53
Figura 10: Relação expansão urbana com densidade demográfica na microbacia do Rio Famoso. ....	54
Figura 11: Relação expansão urbana com densidade demográfica na microbacia do Rio dos Perdidos. ....	55
Figura 12: Áreas especiais de interesse plano diretor de São Miguel do Oeste. ....	58
Figura 13: Levantamento de ocupação do solo na microbacia do Rio Guamirim.....	60
Figura 14: Levantamento de ocupação do solo na microbacia do Rio Famoso. ....	61
Figura 15: Levantamento de ocupação do solo na microbacia do Rio dos Perdidos. ....	63
Figura 16: Localização das indústrias e atividades veiculares. ....	66
Figura 17: Localização da ocupação residencial e mista. ....	70
Figura 18: Localização das áreas agricultáveis urbanas.....	74

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ACP	Análise de Componentes Principais
AEI	Área Especial de Interesse
AEIA	Área Especial de Interesse Ambiental
AEIC	Área Especial de Interesse Comercial
AEII	Área Especial de Interesse Industrial
AEIM	Área Especial de Interesse Militar
AEIR	Área Especial de Interesse Residencial
AEIS	Área Especial de Interesse Social
AEM	Área Especial de Interesse de Mineração
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Fam	Famoso
GBH	Gestão de Bacias Hidrográficas
GIBH	Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas
Gua	Guamirim
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Inmep	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
LAQUA	Laboratório de Qualidade Agroindustrial
ONU	Organizações das Nações Unidas
Per	Perdidos
PPGDR	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional
PR	Paraná
SC	Santa Catarina
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGRAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNOESC	Universidade do Oeste de Santa Catarina
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
Col	Coliformes
Cu	Cobre
Dim	Dimensão
Dur	Dureza
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mg/L	Miligrama por Litro
Mn	Manganês
Na	Sódio
NO	Nitrato
Rd	Radônio
S	Enxofre
SdT	Sólidos Dissolvidos Totais
SO	Sulfato
Sr	Estrôncio
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
2.1 A EVOLUÇÃO DAS CIDADES.....	18
2.2 IMPACTO AMBIENTAL URBANO PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	24
2.3 QUALIDADE DA ÁGUA.....	33
<b>3. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>39</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	39
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA E ANÁLISES QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DAS ÁGUAS .....	42
3.4 ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS ANTRÓPICAS.....	45
3.5 ANÁLISE POR MEIO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO.....	46
3.6 ANÁLISE DO ZONEMANTO URBANO.....	47
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1 ANÁLISE DA POPULAÇÃO INSERIDA NAS MICROBACIAS.....	50
4.2 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	55
4.3 ANÁLISE QUÍMICAS.....	63
4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	77
4.5 ANÁLISE MULTIVARIADA POR COMPONENTES PRINCIPAIS.....	80
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a hidrosfera da terra possua cerca de 1.386 milhões de quilômetros cúbicos de água, dos quais, cerca de 97,5% são águas salgadas e apenas 2,5% são águas doces. Deste montante de água doce, cerca de 68,7% estão na forma de gelo na Antártida, no Ártico e nas regiões montanhosas como Alpes, Himalaia e Cordilheira dos Andes. O restante das águas doces, cerca de 29,9% são subterrâneas e 0,26% (0,007% do total de água do planeta) concentram-se em lagos, reservatórios e sistemas fluviais disponíveis para consumo humano (SHIKLOMANOV, 1998).

No panorama nacional, o Brasil encontra-se em situação privilegiada, pois, detém cerca de 12% daqueles 0,007% de toda a água doce disponível no planeta destinada ao consumo humano, irrigação e atividades industriais. Graves problemas o afligem, relacionados à distribuição irregular dos recursos hídricos e o desperdício presente em todos os níveis da sociedade. Analisando por regiões, 70% da água brasileira estão na região Norte, onde está situada a bacia amazônica e vivem apenas 7% da população; a região Sudeste, que tem a maior concentração populacional (42,63% do total brasileiro), dispõe de apenas 6% dos recursos hídricos, e a região Nordeste, que abriga 28,91% da população e dispõe apenas de 3,3%. Desta forma, apenas 30% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para 93% da população ( Agência Nacional de Águas, 2002), esse percentual é muito baixo, pois 7% da população dispõe de 70% dos recursos hídricos brasileiros.

Logo após a primeira revolução industrial, a relação do homem com este recurso começa a se modificar. As técnicas utilizadas pelo homem para produzir seus produtos através das máquinas, na produção da história mundial, a partir da revolução industrial, faz desse momento um marco definitivo. É, também, um momento de grande aceleração, ponto de partida para transformações consideráveis (SANTOS, 2009).

O resultado negativo desta mudança é a poluição<sup>1</sup> de rios, mares, lagos e a degradação de ecossistemas terrestres e aquáticos pelo descarte dos mais diversos tipos de resíduos gerados por atividades industriais, domésticas e agrícolas.

Na história das civilizações, de modo geral, os cursos d'água, rios, córregos, riachos integravam sítios atraentes para assentamentos de curta ou longa permanência, indistintamente, e eram tidos como marcos ou referenciais territoriais (GORSKI, 2010). Neste contexto, a cidade de São Miguel do Oeste, no extremo oeste catarinense, teve seu surgimento seguindo esta mesma lógica quando iniciou sua formação na década de 1940 ao longo do Rio Guamirim.

Deste modo, a água torna-se um fator na produção do espaço geográfico que condiciona a localização e a dinâmica de atividades humanas e, como efeito, estas podem implicar na sua degradação qualitativa e redução da disponibilidade hídrica, resultando no comprometimento do seu uso para finalidades diversas (HADDAD; MAGALHÃES JÚNIOR, 2010). Torna-se importante, ainda, considerar que as influências antrópicas sobre a qualidade da água estão fortemente associadas ao crescimento da urbanização, da expansão das atividades agropecuárias e industriais (CARR; NEARY, 2008).

O conhecimento do estado das águas permite auxiliar na definição de usos pretendidos, avaliar sua qualidade e indicar quais atividades humanas causam ou podem causar sua degradação, assim, a pesquisa sobre qualidade das águas exige a definição de sua dimensão espacial, sendo uma delas dada pela delimitação de uma bacia hidrográfica, unidade espacial facilitadora do estudo de relações ambientais de causa-efeito (HADDAD; MAGALHÃES JÚNIOR, 2010), e recomendada como unidade territorial preferencial de gestão dos recursos hídricos pela atual Lei das Águas, n.º 9.433/97 (BRASIL, 1997).

O território de São Miguel do Oeste está inserido em oito microbacias hidrográficas, na área rural: bacia do rio Parada, bacia do rio Sanga Nova, bacia do lajeado da Divisa, bacia do rio Veadinho, bacia do rio Jacutinga. Na área urbanizada

---

<sup>1</sup> O conceito de poluição será considerado o descrito no artigo 3º inciso III, da Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente como sendo a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

a bacia do Rio dos Perdidos, bacia do Rio Guamirim, bacia do Rio Famoso (UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA, 2009).

Diante deste contexto, temos a sobreposição do espaço natural sobre o antrópico que, a partir do êxodo rural, intensificado nas décadas de 50 e 60, elevaram as taxas de crescimento demográfico nas cidades (HABERLAND *et al.*, 2012). O aumento populacional em um mesmo lugar, como também a quantidade de edificações e a pavimentação do solo tornam o solo impermeável, que conseqüentemente aumenta o volume de águas residuais e produção de esgoto que, por sua vez, se não dado o destino correto, acabam poluindo os cursos d'água (ANDRADE; FELCHAK, 2009).

O aumento da população em áreas urbanas proporcionou um aumento da pressão por espaço e recursos que refletiu sobre a organização das cidades, gerando problemas de infraestrutura e serviços (HABERLAND *et al.*, 2012). Essa carência de infraestrutura urbana gera vários problemas, dentre eles o resíduos sólidos e líquidos, que por sua vez, causa principalmente a poluição da água atingindo a sociedade humana de forma direta, pelo fato de que a água é utilizada para abastecimento de cidades, indústrias e irrigação de plantações (ANDRADE; FELCHAK, 2009).

Relatos da população pioneira de São Miguel do Oeste destacam que no início da colonização da cidade, a água do Rio Guamirim era utilizada para abastecimento das residências, hotel, lavagem de roupas e até mesmo por uma fábrica de refrigerante que coletava água diretamente da fonte do rio para fabricação do refrigerante. Esta mesma população relata que, com o aumento das edificações modificou visivelmente a qualidade da água do Rio Guamirim, tornando-o contaminado e cheio de lixo (PILAR *et al.*, 2009).

Levando em consideração o fato de que o território urbano de São Miguel do Oeste está inserido, predominantemente, em três bacias hidrografias, este trabalho tem por finalidade responder as seguintes questões: A ocupação humana e as atividades comerciais e industriais impactam as propriedades físico-químicas e microbiológicas das águas das três bacias hidrográficas sob influência do ambiente urbano da referida cidade? As diferentes atividades econômicas desenvolvida em uma determinada bacia impactam de forma distinta as propriedades físico-químicas e microbiológicas da água da bacia hidrográfica analisada? Como esse impacto local

pode interferir na qualidade da água dos municípios que estão a jusante da área de estudo? As diferentes atividades econômicas desenvolvidas em uma determinada bacia impactam de forma distinta as propriedades físico-químicas e microbiológicas da água da bacia hidrográfica analisada?

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a influência da atividade humana (comercial, industrial e habitacional) sobre as características químicas e microbiológicas das águas nas microbacias hidrográficas dos rios Guamirim, Dos Perdidos e Famoso, na área urbana município de São Miguel do Oeste, extremo Oeste Catarinense.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar as microbacias hidrográficas dos Rios Guamirim, Dos Perdidos e Famoso no município de São Miguel do Oeste – SC por meio de ferramentas de geoprocessamento, utilizando software QGIS;
- Quantificar a população inserida em cada microbacia, bem como, a caracterizar a participação desta com as atividades executadas nas microbacias, através da ocupação do solo - industrial, habitacional e comercial;
- Analisar os teores de manganês, cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, zinco, sólidos dissolvidos totais e coliformes termotolerantes nas águas em pontos, previamente, determinados em cada microbacia.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A EVOLUÇÃO DAS CIDADES

No princípio, a relação entre homem e o meio natural era harmônica, pois o homem retirava da natureza apenas o essencial para sua subsistência não o transformando de maneira significativa. As técnicas e o trabalho se casavam com as dádivas da natureza, com a qual se relacionavam sem outra mediação (SANTOS, 2009).

Com o passar do tempo, o homem inicia a domesticação de plantas e animais, marcando um momento conhecido como período pré-técnico, pois as transformações impostas ao meio ambiente já eram técnicas: o homem mudando a natureza, impondo-lhe leis. A necessidade que o homem teve em se organizar em sociedade, fez com que as técnicas do período pré-técnico fossem aprimoradas (SANTOS, 2009), conseqüentemente, essa organização origina as cidades, que vem a ser, um lugar permanente para moradia e trabalho, se implanta quanto a produção de excedentes, ou seja, produtos gerados além da necessidade de consumo. “Sobre montanhas, rios e pedras da natureza primeira se implanta uma segunda natureza, manufaturada [...]. Fruto da imaginação e trabalho articulado de muitos homens, a cidade é uma obra coletiva que desafia a natureza”, destaca Rolnik (1995, p. 7).

Com as novas necessidades e demandas geradas, o período técnico vê a emergência do espaço mecanizado. Os objetos que formam o meio não são, apenas, objetos culturais; eles são culturais e técnicos, ao mesmo tempo. Quanto ao espaço, o componente material é crescentemente formado do "natural" e do "artificial" (SANTOS, 2009). A humanidade vivencia a primeira revolução industrial.

Entre os séculos XVI e XVII o capitalismo surgia na Inglaterra como ponto inicial na transição de uma sociedade de agricultores, para o desenvolvimento de uma sociedade urbana e industrial com o início da revolução industrial. No final do século XVIII com a finalização do regime feudal na França representando um marco de maior relevância na Europa por ter em suas bases intelectuais, pensadores enraizados no iluminismo, proporcionou uma ampliação no capitalismo entre novos territórios (UBALDO *et al.*, 2018).

Neste período, as cidades e as sociedades começam a obter as consequências da revolução industrial, além de todos os avanços fabris e benefícios que a revolução trouxe para o homem, cabe salientar que as cidades começaram a sofrer com um processo de migração populacional do campo para a cidade. Tendo a infraestrutura urbana não sendo compatível para suprir as necessidades de saneamento básico da população, sem contar com a poluição do ar, do solo e dos rios que as indústrias e os habitantes causam nestes espaços. Nas grandes cidades inglesas e continentais do século XIX essas situações eram largamente notadas e causticadas, porém, a poluição e outras ofensas ambientais ainda não tinham esse nome (SANTOS, 2009).

Após a segunda guerra mundial, inicia-se o período técnico-científico-informacional que se distingue dos anteriores pela profunda interação da ciência e da técnica dada sob a égide do mercado que se torna um mercado global. Deste modo os objetos técnicos acabam surgindo com informação, pois à extrema intencionalidade de sua produção e de sua localização, e a energia principal de seu funcionamento é também a informação (SANTOS, 2009).

Sendo assim, causam mudanças na natureza e podendo oferecer uma interpretação à questão ecológica mais moderna. No período anterior, a técnica dominava apenas nas grandes cidades, objeto de modificações, supressões, acréscimos, cada vez mais sofisticados e mais carregados de artifício. Esse mundo artificial inclui, hoje, o mundo rural (SANTOS, 2009). Possibilita a inventar a natureza, de criar sementes como se elas fossem naturais (SANTOS, 2013)

Cria-se um verdadeiro tecnocosmo, uma situação em que a natureza natural, onde ela ainda existe, tendeu a recuar, às vezes brutalmente. A natureza deixou de ser uma parte significativa do nosso meio ambiente. A técnica, produzindo um espaço cada vez mais denso, transforma-se no meio de existência de boa parte da humanidade, podemos então falar de uma cientificização e de uma tecnicização da paisagem (SANTOS, 2009).

No cenário brasileiro, a evolução das cidades dependeu de uma união de fatores políticos e econômicos, e o próprio desenho urbano importado da Europa e modificado (SANTOS, 2013). Desde a chegada dos portugueses em 1500 no Brasil até 1720 a rede urbana estruturou-se em 73 vilas e 8 cidades. Nos primeiros 30 anos deste período, Portugal não conseguiu implantar o mesmo sistema de

colonização aplicada em outros países que já possuíam um grau de desenvolvimento econômico e cultural, que poderiam fornecer material de consumo para a Europa, assim como consumir os produtos manufaturados europeus. Diante disto, esse período caracterizou-se pela exploração grosseira de recursos naturais e alguns agrupamentos de europeus com rudimento de agricultura, povoados na sua maioria por náufragos (REIS FILHO, 1968).

Apenas no início dos anos 1540, instauram o sistema de capitânicas para a organização colonial com um “sistema social da Colônia” composta de organização político-administrativa (de um lado as capitânicas e o governo geral, de outro a organização municipal) e organização econômica e estratificação social (atividades econômicas rurais e urbanas e as camadas sociais correspondentes) (REIS FILHO, 1968).

A política urbanizadora de Portugal para o Brasil através de capitânicas procurou utilizar recursos provenientes de particulares (colonos e donatários), estimulando a fixação de europeus nas novas terras, visando não apenas sua ocupação, mas como sua urbanização e solução de colonização e domínio. Isto se deu principalmente na faixa litorânea pelo perigo gerado pelas incursões francesas. A coroa delegou aos donatários a tarefa de urbanização e criação de vilas, ficando apenas para ela esta tarefa nas suas capitânicas, onde, o rei criava ou elevava as categorias de povoado em vilas e cidades (REIS FILHO, 1968).

Cabe ainda salientar que, apenas nas capitânicas de propriedade da coroa é que eram instalados os núcleos de maior importância (que funcionavam como núcleos regionais), chamados de cidades reais sendo seus habitantes subordinado ao governo geral. Com isso, eram fornecidos recursos, engenheiros e arquitetos para obras de urbanização, contribuindo assim para a introdução do conhecimento técnico no Brasil Colonial (REIS FILHO, 1968).

A partir do século XVIII que a urbanização se desenvolve e atinge sua plena expansão e maturidade no século XIX, nesse período houve mais a geração de cidades do que processos de urbanização. Com base na economia natural, e levando em conta as grandes dimensões do país, as relações entre lugares eram fracas e inconstantes. A expansão da agricultura comercial e a exploração mineral foram a base de um povoamento e uma criação de riquezas resultando na ampliação da vida de relações, fazendo que a urbanização deixe de ser litorânea e a

torna-se, praticamente, generalizada a partir do terceiro terço do século XX, uma evolução quase que contemporânea da fase atual de macro urbanização e metropolização (SANTOS, 2013).

A urbanização brasileira após os anos 1940-1950, com os nexos econômicos ganham enorme relevo, e impõe-se às dinâmicas urbanas na totalidade de território, sendo que antes desse momento o papel das funções administrativas tem, na maior parte dos estados, uma significação preponderante. Nas últimas décadas do século XIX e primeiras do século XX, a densidade demográfica das capitais oscilava muito devido a períodos intercensais, a maioria das capitais tinham a base econômica agrícola realizada em sua área de influência e nas suas funções administrativas mais públicas que as privadas havendo um crescimento somente após a segunda guerra mundial (SANTOS, 2013).

Os primeiros dados populacionais do Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – IBGE que levam em consideração a população urbana e rural informam que em 1950 o Brasil possuía uma população estimada de mais de 51 milhões de habitantes, sendo que destes, mais de 33 milhões viviam no campo e o restante nas cidades (INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019a). E essa realidade não muda enquanto o território não é unificado pelos transportes, pela comunicação e pelo mercado e a urbanização não se torna um fenômeno generalizado sobre o espaço nacional ).

Nos meados da década de 70, essa situação começa a se inverter, a população urbana passa dos 52 milhões e a rural diminui para pouco mais dos 41 milhões (IBGE, 2019a). Nesta mesma década, a urbanização ganha um novo conteúdo e nova dinâmica, graças aos processos de modernização que o país conhece e que explica a nova situação, além da divisão inter-regional do trabalho permitiu um avanço dos índices de urbanização (SANTOS, 2013).

De modo geral, entre 1940 e 1980 acontece uma verdadeira inversão em relação ao lugar de residência da população brasileira onde a taxa de urbanização era de 26,35% e em 1980 alcança 68,86% (SANTOS, 2013). Segundo dados do IBGE (2010), atualmente a população urbana alcança os 84,36%. A migração campo-cidade foi fortemente intensificada após a segunda guerra mundial, devido a uma elevada natalidade e de uma mortalidade em descenso, este último causado

pelos progressos sanitários, melhoria relativa nos padrões de vida e a própria urbanização (SANTOS, 2013).

Cabe salientar que nos anos de 1940 acontece a estruturação do mercado de trabalho com o surgimento de novos seguimentos na economia e o aumento dos empregos. Até 1960 a economia brasileira se transformou de importadora para produtora dos produtos industrializados antes importados, fazendo com que o Brasil alcançasse o capitalismo industrial, conseqüentemente, a modernização agrícola consolida a produção agrícola brasileira que se integrou tecnicamente ao setor urbano e industrial. Entre os anos de 1960 e 1980, a agricultura brasileira tornou-se parte fundamental do projeto de urbanização e industrialização do país (PRIORI *et al.*, 2012).

Essa modernização do campo, com o aumento do número e utilização de tratores, além de outros implementos e insumos agrícolas, eliminou muitos empregos no campo e engrossou as migrações para as cidades, concentração fundiária (PRIORI *et al.*, 2012), além de criar um poderoso e diversificado mercado urbano de trabalho, a começar pelo Estado de São Paulo, irradiando-se no Sudeste, no Sul, no Centro-Oeste e no Nordeste (ALVES; SOUZA; MARRA, 2011). Por outro lado, esse cenário, caracterizado pela carência de investimentos em planejamento e infraestrutura, desencadeou um processo de perda de qualidade de vida urbana, principalmente nos padrões ambientais, resultando em água, ar, solo e vegetação impactados e em fraca deterioração (GORSKI, 2010).

Conseqüentemente, esse processo de evolução, transformação e expansão das cidades acabam impactando o meio natural, ou seja, no momento em que os seres humanos se concentram num determinado espaço físico, aceleram inexoravelmente os processos de degradação ambiental<sup>2</sup>, e nesta lógica, conforme o aumento da concentração populacional cresce a degradação ambiental. Sendo a urbanização uma transformação da sociedade, os impactos ambientais promovidos pelas aglomerações urbanas são, ao mesmo tempo, produto e processo de

---

<sup>2</sup> O conceito de degradação ambiental será considerado o descrito no artigo 3º inciso II, da Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente como sendo alteração adversa das características do meio ambiente.

transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes sociais (GUERRA; CUNHA, 2014).

Na década de 1950, inicia a colonização e povoamento do extremo oeste de Santa Catarina determinado pelo fator econômico e social. A empresa Barth, Benetti & Cia Ltda. tinha como objetivo a exploração de madeiras, principalmente araucárias, existentes nas glebas adquiridas das Empresas Incorporadas ao Patrimônio da União, sendo este o fator econômico. Por outro lado, o fator social era o desenvolvimento das atividades relacionadas com a colonização das terras motivado pelo esgotamento das terras gaúchas, que se tornaram impróprias para o plantio de cereais, e que levaram inúmeras famílias a migrar para terras catarinenses, em busca de solo fértil para suas lavouras e sobrevivência de suas famílias (BONA, 2004).

A população pioneira do município de São Miguel do Oeste oriunda principalmente do Rio Grande do Sul, por descendentes de famílias italianas, alemãs, mestiças e caboclas (UNOESC, 2009). Na década de 40 era de aproximadamente 1.600 habitantes, após a emancipação de São Miguel do Oeste, atualmente segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, conta com uma população de 40.090 habitantes pelo censo de 2010, totalizando uma densidade demográfica de 155,12 hab./km<sup>2</sup>. Já a distribuição da população no território do município se distribui em 4.241 habitantes na área rural, 32.065 habitantes na área urbana, sendo estes últimos, residem em 10.934 domicílios (IBGE, 2019b).

Desde a sua colonização, São Miguel do Oeste passou por vários ciclos econômicos, inicialmente a extração de madeira, logo após a extração da erva mate, excedentes produzidos nas colônias como feijão, banha e fumo, somente na década de 60 iniciou o ciclo industrial (BAVARESCO, 2005). Atualmente está baseada em atividades relacionadas à produção agrícola (UNOESC, 2009), conforme dados obtidos do IBGE, cadastro central de empresas, percebe-se o aumento gradativo das atividades econômicas não agrícolas registradas no município a partir de 1970, sendo na década de 70 de 371,88%, na década de 80 de 346,22%. Já na década de 90 inicia-se uma queda no crescimento comparado com as taxas anteriores e fica com 264,81%, na década de 2000 a queda é mais acentuada e fica com 64,71%, e

de 2010 até 2017 foi menor ainda, apenas 3,5% de aumento das atividades econômicas (IBGE, 2019c).

Conforme dados do IBGE, até o ano de 2017 o município possuía 1.992 empresas registradas no município. Destacam-se as seguintes atividades, comerciais com 37% seguida das indústrias de transformação com 9,74%, transporte representam 7,63%, atividades profissionais com 6,22%, de alojamento e alimentação com 6,07%, a construção civil com 5,57%, outros serviços com 5,57%, atividades administrativas e serviços complementares com 5,32% e por fim, mas não menos importante as ligadas a saúde humana e serviço sociais com 4,97% (IBGE, 2019c).

Conseqüentemente com o aumento das atividades econômicas e populacional, a demanda hídrica no município teve significativo aumento entre os anos de 1960 até 2017, sendo uma média de vazão de retirada de 90 l/s para 195 l/s. Na década de 60, a média de consumo foi de 55,34 l/s, na década de 70 a vazão de consumo diminuiu 18% em relação à década de 60, porém, na década de 80 a vazão do consumo cresceu 52% em relação década de 70, cresceu 4% na década 90 comparada com a de 80, e nas décadas subsequentes diminuiu, sendo na década de 2000 35%, se manteve com mesmo consumo em 2010, e se estima que volte a aumentar na década de 2020. A retirada total de água do município no ano de 2017 foi de aproximadamente 5.233 milhões de metros cúbicos de água, destes, cerca de 2.258 de metros cúbicos de água foram retiradas do meio ambiente apenas para suprir as necessidades humanas, não incluindo o uso por atividades econômicas (ANA, 2019).

## 2.2 IMPACTO AMBIENTAL URBANO PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A cidade é uma forma da organização espacial, onde o espaço urbano é transformado e modificando o meio físico, a paisagem, o ciclo hidrológico pelo intenso processo de urbanização desequilibrando de forma geral o ecossistema (FONTOURA, 2013). Entende-se por espaço urbano um produto histórico, cada porção do qual fica sujeita às relações dentro do todo – sendo essas relações as próprias relações de produção capitalista e de reprodução social. O espaço urbano é

o espaço de um mercado unificado na economia (produtora) de mercadorias (DEÁK, 2016).

Sendo assim, essas modificações são reflexos do aumento da densidade populacional, como também pelo aumento da densidade construtiva da pavimentação do solo, acabam tornando-o impermeável. Há aumento do volume de águas residuárias, com a conseqüente deterioração dos rios a jusante das áreas urbanas, das águas de escoamento pluvial e a qualidade da água dos rios e represas urbanas, receptores de efluentes (CARVALHO; SIQUEIRA, 2011).

Essa organização espacial possui “usos do solo”, ou seja, toda atividade humana (moradia, comércio, serviços, finanças, indústria, lazer, agricultura e mesmo a natureza) se tornam usos do solo, confinados em zonas e distritos próprios, apoiados por edificações, regulamentos e serviços específicos (DEÁK, 2016). Esse uso e ocupação do solo é assunto básico para o planejamento ambiental, já que reflete as atividades antrópicas que podem significar influência sobre os elementos naturais e uma conexão entre as informações dos meios biofísicos e socioeconômicos. Conseqüentemente devido às atividades incutidas por decisões políticas, são o que se chama de impacto, e devem ser vistos em todo seu espectro refratado (SANTOS, 2004).

Conforme as atividades humanas transformam o espaço natural em espaço urbano, o desmatamento, assim como o a ocupação de áreas inadequadas e a proliferação da atividade industrial em meio urbano, geram graves conseqüências ao nível da degradação do solo, dentre elas: a compactação e a impermeabilização do solo com diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial; contaminação provocada pela descarga de resíduos e efluentes (FARIA; PEDROSA, 2005).

Neste contexto, um exemplo de como a ocupação do solo pode influenciar na contaminação dos recursos hídricos é a ocupação do entorno da Baía de Guanabara que teve início e produção do espaço urbano no século XVI. Desde então, inúmeras atividades se instalaram nesta região ao longo dos anos, mesmo sendo em áreas alagadiças que com o passar dos anos foram aterradas para dar espaço a expansão urbana. O auge do processo de poluição da Baía se deu na década de 1950, com a expansão urbana e de indústrias poluidoras que conduziram a uma alteração radical na qualidade das águas, flora, fauna e balneabilidade das praias, e ao declínio da

pesca provocada pelo esgoto doméstico e efluentes industriais não tratados (ANGÉLICA; COSTA, 2015).

Da mesma forma pode-se citar também, o desastre da Samarco/Vale/BHP, no município de Mariana – MG que ocorreu em 2014 é outro exemplo de como atividades antrópicas influenciam na contaminação. Neste desastre, os rejeitos que vazaram pelo rompimento da barragem de Fundão atingiram os ecossistemas e comunidades do alto Rio Doce, particularmente aqueles que se localizavam ao longo de toda a calha do Rio Doce e no mar, as pessoas e todas as espécies que dependem do rio e das águas costeiras tiveram suas vidas afetadas direta e/ou indiretamente, em distintas intensidades (ESPINDOLA; NODARI, 2019).

Deve-se então, compreender que o impacto ambiental pode ser de caráter positivo ou negativo, apesar de ser comum sua utilização no sentido negativo. No caso da urbanização, a maioria dos impactos positivos está associada aos benefícios sociais e econômicos, enquanto que os aspectos ecológicos ficam com a maior carga de impactos negativos (MOLFI, 2009).

A urbanização e a emergência dos problemas ambientais urbanos obrigam os estudiosos dos impactos ambientais a considerar os pesos variados da localização, distância, topografia, características geológicas, morfológicas, distribuição da terra, crescimento populacional, estruturação social do espaço urbano e processos de seletividade suburbana ou segregação espacial. Alguns conceitos sobre impacto ambiental merecem serem esclarecidos, entre eles, o que nada mais é que o processo de mudança ocorrido a partir da intervenção antrópica no ambiente, “é a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencial e dinamicamente” (GUERRA; CUNHA, 2014, p. 27).

Já a o da resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA n.º 001/86 se refere a:

*qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).*

O impacto ambiental não é, obviamente, só resultado de uma determinada ação realizada sobre o ambiente, ela pode ser entendida também como a relação

entre as mudanças sociais e ecológicas em movimento, ou seja, é o conjunto de processos que não finaliza, mas se redireciona, com as ações mitigadoras (GUERRA; CUNHA, 2014). Da mesma forma, a degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. “Em outras palavras, degradação ambiental corresponde o impacto ambiental negativo” (SÁNCHEZ, 2008, p. 27).

No que se refere aos impactos provenientes do processo de urbanização, a ocupação do meio ambiente<sup>3</sup> natural geralmente ocorre através da remoção da cobertura vegetal, e quando um desmatamento é feito de maneira inadequada, causa impactos como modificações climáticas, danos à flora e à fauna, descobrimento do solo causando o incremento da erosão, remoção a camada fértil do solo, empobrecendo-o. Posteriormente com a execução das edificações e pavimentações acabam impermeabilizando o solo aumento do escoamento superficial da água e a redução da recarga dos aquíferos que conseqüentemente diminui o suprimento de água potável, sem contar no aumento do volume de água escoado (muitas vezes essa água está contaminada por sujeira, entulhos metais pesados e fezes) para os recursos hídricos, associado ao assoreamento dos mesmos, resulta na ocorrência de inundações, com prejuízos de ordem econômica e social (MOTA, 2003).

No mesmo sentido, a água poluída devido ao esgoto, lixo, sedimentos e outros produtos químicos fluem pela cidade e muitas vezes essa mesma água é captada para o consumo humano, sem contar que as enchentes e secas também são fatores que castigam as cidades (SPIRN, 1995). A urbanização com os seus diversos usos do solo causam modificações consideráveis na cobertura vegetal, na topografia, características do solo, movimento das águas, desta maneira, o solo, os recursos hídricos e a atmosfera são os fatores ambientais mais vulneráveis à formação das cidades (MOTA, 2003). Na Quadro 1 é apresentado algumas atividades antrópicas, podendo ser associadas ao processo de urbanização, com os respectivos impactos ambientais.

---

<sup>3</sup> O conceito de meio ambiente será considerado o descrito no artigo 3º inciso I, da Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente como sendo o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

**Quadro 1: Relação das atividades antrópicas com os impactos ambientais**

ATIVIDADES	IMPACTOS AMBIENTAIS
Desmatamento	Alterações climáticas, danos à flora e fauna, erosão do solo, empobrecimento do solo, assoreamento de recursos hídricos, aumento do escoamento da água, redução da infiltração da água e inundações.
Movimentos de terra	Alteração na drenagem das águas, erosão do solo, assoreamento de recursos hídricos.
Impermeabilização do solo	Aumento do escoamento das águas, redução da infiltração da água, problemas de drenagem e inundações.
Aterramento de rios, riachos, lagoas, etc.	Problemas de drenagem, assoreamento, inundações, prejuízos econômicos e sociais.
Destruição de ecossistemas	Danos à fauna e flora, desfiguração da paisagem, problemas ecológicos, prejuízo às atividades do homem, danos sociais e econômicos.
Emissão de resíduos	Poluição ambiental: prejuízos à saúde do homem, danos à fauna e flora, danos materiais, prejuízo às atividades do homem, danos sociais e econômicos.
Emissão de gás carbono, clorofluorcarbono, metano, etc.	Alterações de caráter global: efeito estufa (aumento da temperatura, elevação do nível dos oceanos, alterações na precipitação, desaparecimento de espécies de animais e vegetais), destruição da camada de ozônio, aumento da radiação ultravioleta, riscos à diversidade genética, câncer de pele, catarata.

Fonte: Mota (2003).

Mesmo sendo possível identificar os distintos modos de poluição, nem sempre pode ser separada por modalidades, pois em vários casos elas ocorrem de maneira conjunta, havendo vários fatores de interdependência entre as mesmas (MOTA, 2003, p. 58). Deste modo, através da Quadro 2 percebem-se algumas formas de manifestação da poluição e seus impactos sobre os recursos ambientais.

**Quadro 2: Manifestação da poluição e seus impactos ambientais sobre os recursos ambientais**

Recurso ambiental	Forma de manifestação da poluição	Impactos ambientais
Solo	Aplicação de agentes químicos, despejo de resíduos sólidos, lançamento de efluentes e de intervenções que provoquem sua erosão.	Contaminação do solo, contaminação dos aquíferos locais, erosão do solo, assoreamento dos corpos hídricos e inundações.
Ar	Emissão de gases provenientes de fontes industriais, de veículos automotores, geradores como a perda por evaporação em serviços petroquímicos, a incineração de resíduos sólidos e a queima de combustíveis para fins de aquecimento em edificações.	Danos à saúde humana, redução da visibilidade, deterioração dos materiais e danos aos animais e vegetais.
Água	Escoamento superficial das próprias águas, pelas águas infiltradas, pela descarga de esgotos domésticos e industriais, pela descarga de águas pluviais canalizadas e pelo lançamento direto de detritos.	Prejuízos à saúde pública, diminuição do oxigênio dissolvido na água, danos à vida aquática, prejuízos aos usos definidos para a água, assoreamento dos corpos hídricos, eutrofização dos mesmos, aspecto visual desagradável e reflexos econômicos.

Fonte: Mota (2003).

Outras influências que os processos e maneiras que as atividades antrópicas de diferentes setores econômicos influenciam na qualidade da água (Quadro 3). Dar-se-á destaque aquelas que são causadas pela urbanização e pelas indústrias que fazem parte desta pesquisa, deste modo há a necessidade de esclarecimento das principais consequências nos recursos hídricos.

**Quadro 3: Relação entre a atividade antrópicas por setor econômico e as consequências dessas atividades para os ecossistemas aquáticos**

Consequência	Sedimentação	Eutrofização	Polição térmica	Oxigênio dissolvido	Acidificação	Contaminação microbiana	Salinização	Contaminação por metais	Merúrio	Outras toxinas não metais	Pesticidas	Hydrocarbonos	Esgotamento de micronutriente
Setor													
Agricultura	X	X	X			X	X	X			X		
Uso urbano	X	X	X	X		X	X	X			X	X	
Silvicultura	X	X	X								X		
Geração de energia hidrelétrica e armazenamento de água	X	X	X	X					X				X
Mineração	X	X	X	X	X			X		X			
Indústria	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	

Fonte: Carr e Neary (2008).

Como informado na Quadro 3, tanto as atividades urbanas quanto as industriais podem causar a sedimentação, que é um processo causado em decorrência da erosão natural do solo, as atividades humanas podem alterar as taxas de erosão aumentando significativamente o volume, taxa e o momento de entrada de sedimentos, químicos e/ou biológicos, nos cursos de água. O aumento de sedimentação pode diminuir a produtividade primária, reduzir ou danificar habitats de desova e prejudicar peixes, plantas e organismos invertebrados bentônicos (ANA, 2013a). Os sedimentos finos tendem a atrair nutrientes como fósforo e contaminantes tóxicos como agrotóxicos, dessa forma alterando as propriedades químicas da água (CARR; NEARY, 2008).

Outro dano causado pelo esgoto urbano e industrial é o processo de eutrofização, que ocorrem quando grandes níveis de nitratos e fosfatos se acumulam em ambiente aquático, gerando a proliferação de algas na superfície da água, bloqueando a passagem de luz e reduzindo o teor de oxigênio dissolvido na água (CHUPIL, 2014). Podem afetar as águas superficiais e subterrâneas, causando mal gosto e odor nos suprimentos públicos de água e perdas econômicas devido ao desaparecimento de espécies visadas na pesca comercial e esportiva (CARR; NEARY, 2008).

A poluição térmica é também consequência de ambas as atividades em análise, causada pelos efluentes aquecidos trazem mudanças não sazonais nas temperaturas que podem eliminar espécies que são adaptadas ao ciclo natural de temperaturas da água encontradas em sistemas de fluxo livre. Afeta também os níveis de oxigênio dissolvido na coluna d'água, que é inversamente proporcional à temperatura, reduzindo a sobrevivência de espécies sensíveis ao oxigênio. Já os efluentes industriais e emissões atmosféricas de óxidos de enxofre e nitrogênio são os principais responsáveis pela acidificação das águas superficiais (CARR; NEARY, 2008).

A poluição microbiana nas águas é o primeiro indicador recomendado para evidenciar contaminação num corpo d'água, sendo a determinação do grupo de bactérias denominadas como coliformes termotolerantes. De forma constante e descontrolada, a poluição das águas propicia a ocorrência de uma explosão de bactérias decompositoras que consomem oxigênio, produzindo sulfeto de hidrogênio, um gás de cheiro muito forte que, em grandes quantidades, é tóxico. A falta de oxigênio na água afeta as formas superiores de vida animal e vegetal, que utilizam o oxigênio na respiração (ANDRADE; FELCHAK, 2009).

A salinidade e a condutividade elétrica nas águas superficiais causam perdas econômicas associadas à diminuição do valor da água que poderia ser consumida, em alguns casos, aumenta os custos diretos associados à dessalinização. Além de afetar invertebrados, vertebrados, plantas aquáticas e vegetação ripária. Metais vestigiais (cobre, cádmio, chumbo e zinco) e mercúrio podem ser prejudiciais aos organismos aquáticos, com efeitos de taxas de crescimento reduzidas, reprodução prejudicada e, às vezes, morte, sem contar na bioconcentração e a bioacumulação dessas substâncias na cadeia alimentar podem colocar em risco os consumidores terrestres, inclusive os humanos (CARR; NEARY, 2008).

Percebe-se que o impacto das atividades humanas afetam águas superficiais e subterrâneas, dada tanto por vias diretas (poluição por despejo de efluentes doméstico, agroindustrial e industrial), como indiretas (remoção de mata ciliar, uso e ocupação do solo ao longo dos cursos d'água) causa significativas fontes de degradação dos rios (GORSKI, 2010). A concentração populacional fez com que a quantidade de esgoto aumentasse proporcionalmente. Adicionalmente, outras atividades humanas como a agricultura as industriais, dentre outras, liberam no

ambiente contaminantes químicos, que são carreados para os corpos hídricos, poluindo-os (CARVALHO; SIQUEIRA, 2011).

O aumento da população urbana nas cidades foi marcado também pelo salto promovido a partir da década de 1970 pelo modelo de oferta estatal que efetuou grandes investimentos na infraestrutura de saneamento básico (água e esgoto). No final da década de 1960, a média nacional de domicílios atendidos por água e esgoto eram, respectivamente, 45% e de 20%. Na década de 1980, os domicílios urbanos atendidos eram de 80 a 85% para água e 30 a 32% para esgoto (DEÁK; SCHIFFER, 2010). Percebe-se que os investimentos com o abastecimento de água foram maiores que os de tratamento de esgoto, conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 apenas 44% dos domicílios, ou apenas 55,2% dos municípios possuíam rede geral de coleta, porém, apenas 28,5% dos municípios efetuavam o tratamento do esgoto (IBGE, 2010).

Diante deste contexto, estima-se que a proporção de municípios com serviço de esgotamento sanitário no Brasil em 2017 era de 60,3%, no mesmo ano, não era tratado um volume aproximado de 5.622 piscinas olímpicas de esgoto no país. Os dados de 2019 apontam que no Brasil 54,1% da população total são atendidas por uma rede de coleta de esgoto, enquanto 100 milhões de brasileiros não têm acesso a este serviço. Em 2019 49,1% de todo o esgoto produzido no Brasil era tratado (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021).

A região Sul do Brasil trata 47% dos esgotos, e a parcela da população com coleta de esgoto é de 46,3%. No estado de Santa Catarina, coleta 25,19% do esgoto produzido, destes 31,15% são tratados. A população urbana não atendida por uma rede de coleta de esgoto é de 70,9%. Estima-se que o volume total de esgoto produzido no estado seja em torno de 398.6344mil metros cúbicos no ano, destes, 100.409 mil metros cúbicos são coletados e 94,25% são tratados, assim, 76,26% do esgoto produzido no estado não é tratado (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021). Este quadro deficitário gera impacto não apenas sobre os rios, mas influi diretamente sobre a qualidade da água subterrânea, especialmente nas zonas urbanas ).

Outra questão que deve ser analisada é que muitos municípios que apresentam baixos índices de tratamento de esgoto são também os de pequeno porte e possuem pouca população. Por outro lado, os municípios que apresentam

melhores condições de tratamento do efluente doméstico, são aqueles localizados em regiões metropolitanas e possuem uma alta população urbana. Todavia, esse fato não significa que a quantidade de esgoto lançado no curso d'água, sem o devido tratamento, nas regiões metropolitanas, seja menor que nos municípios de pequeno porte (ANA, 2013b).

Como o relatado, uma das consequências do impacto ambiental e da ocupação do solo, é a degradação dos rios e mananciais, seja em função das atividades humanas ou não, causando problemas relacionados a escassez e qualitativa da água enquanto fonte de vida e manutenção do desenvolvimento da sociedade (GORSKI, 2010). Essas mudanças na qualidade ambiental podem estar associadas a alterações nos parâmetros de qualidade da água, como visto anteriormente, que pode prejudicar a vida selvagem e as pessoas que dependem desses recursos aquáticos (CARR; NEARY, 2008).

### 2.3 QUALIDADE DA ÁGUA

A água deixou de ser um recurso inesgotável, em diversas regiões do mundo, a partir do momento que o consumo de água excedeu a capacidade de renovação natural dos aquíferos e eles começam a ser poluídos. Além dessa escassez, a qualidade das águas está piorando em todo o planeta. O crescimento da população e a industrialização aumentam a poluição dos corpos de água. A vazão da maioria dos cursos de água situados em regiões densamente povoadas ou industrializadas vem-se tornando insuficiente para depurar a crescente carga de poluentes nela lançada (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

Não é só a capacidade de renovação natural da água não atende à demanda do consumo, bem como, o tratamento das águas servidas não acompanha o ritmo de geração dos agentes poluidores. Nas regiões urbanizadas, quase a totalidade dos esgotos domésticos urbanos é lançada "*in natura*" nos corpos de água. Consequência das deficiências dos serviços de saneamento básico e da ausência de tratamento dos esgotos industriais acaba resultando na contaminação dos corpos de água próximos às áreas urbanas, encarecendo o tratamento da água captada para o próprio abastecimento público e obrigando ao aproveitamento de mananciais

cada vez mais distantes, ainda não contaminados, para suprir o aumento de demanda (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais, entendidos aqui como aqueles que ocorrem mesmo com a bacia hidrográfica preservada, o escoamento superficial e a infiltração da precipitação atmosférica no solo, bem como da atuação do homem, seja ela de forma concentrada, como na geração de despejos domésticos, ou dispersa como na aplicação de defensivos agrícolas (HABERLAND *et al.*, 2012).

A boa condição da água depende do uso do solo da bacia hidrográfica e de suas características naturais. A água pode ter vários usos como para disposição de esgotos, abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística, diluição, transporte de despejos (SPERLING, 2005). Deste modo, o uso da água no mundo está aumentando ao longo dos anos:

*O uso da água tem aumentado em todo o mundo a uma taxa de cerca de 1% por ano desde a década de 1980, o que se deve a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo. A demanda mundial por água deve continuar aumentando a uma taxa semelhante até 2050, o que representará um aumento de 20% a 30% em relação ao nível atual de uso, principalmente devido à demanda crescente nos setores industrial e doméstico. Mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que vivenciam um alto estresse hídrico, e cerca de 4 bilhões experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano. Os níveis de estresse continuarão a aumentar, à medida que a demanda por água aumenta e os efeitos da mudança climática se intensificam. Ciência e a Cultura (UNESCO, 2019, p. 2).*

A importância para o monitoramento da qualidade da água se tornou importante durante a revolução industrial do século XIX, as águas superficiais contaminadas resultaram em sérios problemas de saúde humana, incluindo surtos de febre tifoide e cólera (CARR; NEARY, 2008). A qualidade da água é evidente pelo fato de que a poluição acarreta riscos à saúde, podendo ser distribuídos em duas categorias principais: a primeira aos riscos relativos à ingestão de água contaminada por agentes biológicos (vírus, bactérias e parasitas), através de contato direto ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico; e a segunda aos riscos derivados de poluentes químicos e, em geral,

efluentes de esgotos industriais (D'AGUILA *et al.*, 2000). Estima-se que em 2019, houve no Brasil 273 mil internações por doenças de veiculação hídrica, e o número de óbitos em função destas doenças foi de 2.734 pessoas. Já em Santa Catarina, houve 7.413 internações e 93 óbitos causados por doenças de veiculação hídrica (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021).

Desenvolvem-se então em grandes centros urbanos, como forma de mitigar esses problemas, redes de esgoto e estações de tratamento de água. No entanto, o rápido crescimento em algumas áreas urbanas, particularmente na Ásia e na América Latina, ultrapassou a capacidade de alguns governos de desenvolver e manter instalações de tratamento (CARR; NEARY, 2008).

Desta maneira, a realidade da distribuição de água potável para a população brasileira em 2019 se encontrava da seguinte maneira, o consumo anual aproximado foi de 9.761 milhões de metros cúbicos, com um consumo per capita de aproximadamente 153,9 litros diários por pessoa, porém 16,3% da população total brasileira e ainda 8,9% da população urbana brasileira não tinham acesso a rede de água tratada. No estado de Santa Catarina, os números são melhores no que dizem respeito à população total e a população urbana totalizando 10% e 2,1% respectivamente que não possuem acesso a rede de água tratada. O consumo per capita no estado é menor que o nacional, 151,23 litros diários por pessoa e o consumo anual foi aproximadamente 392.856 mil de metros cúbicos de água tratada (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021).

A qualidade desejável de uma determinada água é função do seu uso previsto (SPERLING, 2005). Vários são os parâmetros físicos, químicos e biológicos que podem ser utilizados como indicadores para caracterizar a qualidade da água. Quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinados usos, estes indicadores indicam o nível de poluição ou contaminação (SOUZA *et al.*, 2008). O enquadramento dos corpos d'água e seus respectivos usos, assim como os padrões de lançamentos estão dispostos na Resolução CONAMA n.º 357/2005.

A classificação da água pode ser dada quanto às águas minerais que são aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuem composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes conferem uma ação medicamentosa. O código das águas ainda define de águas potáveis de mesa as

águas de composição normal provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que preencham tão somente as condições de potabilidade para a região, sem ações medicamentosas (BRASIL, 1945).

De acordo com a composição química das águas minerais, o Código de Águas Minerais as classifica em 12 diferentes grupos:

- I - Radíferas: as que contêm substâncias radioativas dissolvidas, o que lhes dá radioatividade permanente.
- II - Alcalino-bicarbonatadas: as que contêm compostos alcalinos equivalentes a no mínimo 0,200 grama de bicarbonato de sódio por litro.
- III - Alcalino-terrosas: as que contêm compostos alcalino-terrosos equivalentes a no mínimo 0,120 grama de carbonato de cálcio por litro. Podem ser alcalino-terrosas cálcicas ou alcalino-terrosas magnesianas.
- IV - Sulfatadas: as que contêm no mínimo 0,100 grama por litro do ânion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) combinado com os cátions sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).
- V - Sulfurosas: as que contêm no mínimo 0,001 grama do ânion enxofre (S) por litro.
- VI - Nitratadas: as que contêm no mínimo 0,100 grama por litro do ânion nitrato ( $\text{NO}_3^{1-}$ ) de origem mineral.
- VII - Cloretadas: as que contêm no mínimo 0,500 grama de cloreto de sódio por litro.
- VIII - Ferruginosas: as que contêm no mínimo 0,005 grama do cátion ferro (Fe) por litro.
- IX - Radioativas: as que contêm radônio (Rd) dissolvido. Dependendo do teor desse gás, podem ser francamente radioativas, radioativas ou fortemente radioativas.
- X - Toriativas: as que possuem um teor de torônio (um isótopo do radônio) em dissolução, equivalente em unidades eletrostáticas a duas unidades Mache por litro, no mínimo.
- XII - Oligominerais: as que, apesar de não atingirem os limites estabelecidos na classificação acima, possuem incontestemente e comprovada ação medicamentosa (BRASIL, 1945).

As águas doces, salobras e salinas são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, desta forma, as águas doces são classificadas segundo a Resolução n.º 357 do CONAMA em classe especial, 1, 2, 3 e 4. A classe especial são águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral, na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de classificação que serão utilizados na presente pesquisa (BRASIL, 2005).

**Tabela 1: Classificação da qualidade da água para os parâmetros que serão analisados na pesquisa segundo resolução do CONAMA n.º 357/2005**

Classificação / Parâmetros	Cu	Fe	Mn	Zn	CT
	-----Mg.L <sup>-1</sup> -----				un/100ml
<b>Classe 1</b>	>= 0,009	>= 0,3	>= 0,1	>= 0,18	>= 200
<b>Classe 2</b>	>= 0,009	>= 0,3	>= 0,1	>= 0,18	>= 1.000
<b>Classe 3</b>	>= 0,013	>= 5,0	>= 0,5	>= 5,0	<= 1.000* >= 2.500** >= 4.000***
<b>Classe 4</b>	< 0,013	< 5,0	< 0,5	< 5,0	< 4.000

\* Limite de 1.000 coliformes termotolerantes para dessedentação de animais criados confinados;

\*\* Limite de 2.500 coliformes termotolerantes para o uso de recreação de contato secundário;

\*\*\* Limite de 4.000 coliformes termotolerantes para Classe 3.

Fonte: CONAMA (2005).

A classe 1 são águas que podem ser destinada ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas (BRASIL, 2005).

As águas de classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, a 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 e a aquicultura e a atividade de pesca (BRASIL, 2005).

A Classe 3 são águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado, a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, a pesca amadora, a recreação de contato secundário e a dessedentação de animais. E por fim, as águas de classe 4 que podem ser destinadas apenas a navegação e a harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

A sustentabilidade física é a combinação de qualidade de água, quantidade de água e fatores ecológicos. Avaliando a situação da qualidade da água dentro de uma bacia hidrográfica requer informações sobre os indicadores físicos, químicos e

biológicos da qualidade da água. As tendências desses indicadores são muito importantes para avaliação e mitigação completas dos problemas de qualidade da água e nos processos de tomada de decisão em longo prazo. O uso de técnicas avançadas que constroem relacionamentos entre os indicadores da qualidade da água torna a avaliação e a mitigação dos problemas de qualidade da água mais confiáveis (SAID *et al.*, 2006).

Um dos propósitos de Gestão de Bacias Hidrográficas- GBH é entender as ações necessárias para restabelecer a qualidade da água. No entanto, para alcançar um programa de GBH abrangente que atinja metas de qualidade e quantidade da água, a participação dos interessados que usam a água na bacia hidrográfica é necessária (SAID *et al.*, 2006).

Uma abordagem integrada é essencial, a fim de alcançar este objetivo (SAID *et al.*, 2006), e para que os recursos das bacias hidrográficas sejam sustentáveis, a estabilidade em longo prazo dos sistemas sociais e econômicos, bem como os recursos naturais devem ser considerados simultaneamente (LEE; CHUNG, 2007). Desta maneira, a gestão integrada da água pode ser considerada eficaz quando os quatro critérios a seguir são atendidos: 1) permite um fornecimento adequado de água que é sustentável permanentemente, 2) mantém a qualidade da água em níveis que atendem aos padrões do governo e outros objetivos de qualidade da água social, 3) minimiza os danos em inundações, e 4) permite o desenvolvimento econômico sustentável a curto e longo prazo (HEATHCOTE, 2009,).

Assim, para garantir o desenvolvimento sustentável, as decisões sobre a gestão da água são agora amplamente reconhecidas como sendo problemas de múltiplo objetivo. A Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas – GIBH é definida como o gerenciamento de um sistema de bacias hidrográficas com opções tecnológicas sustentáveis, o que garante a sustentabilidade das práticas da terra, agricultura e silvicultura e conserva os recursos naturais, permitindo opções institucionais e econômicas adequadas (LEE; CHUNG, 2007).

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA**

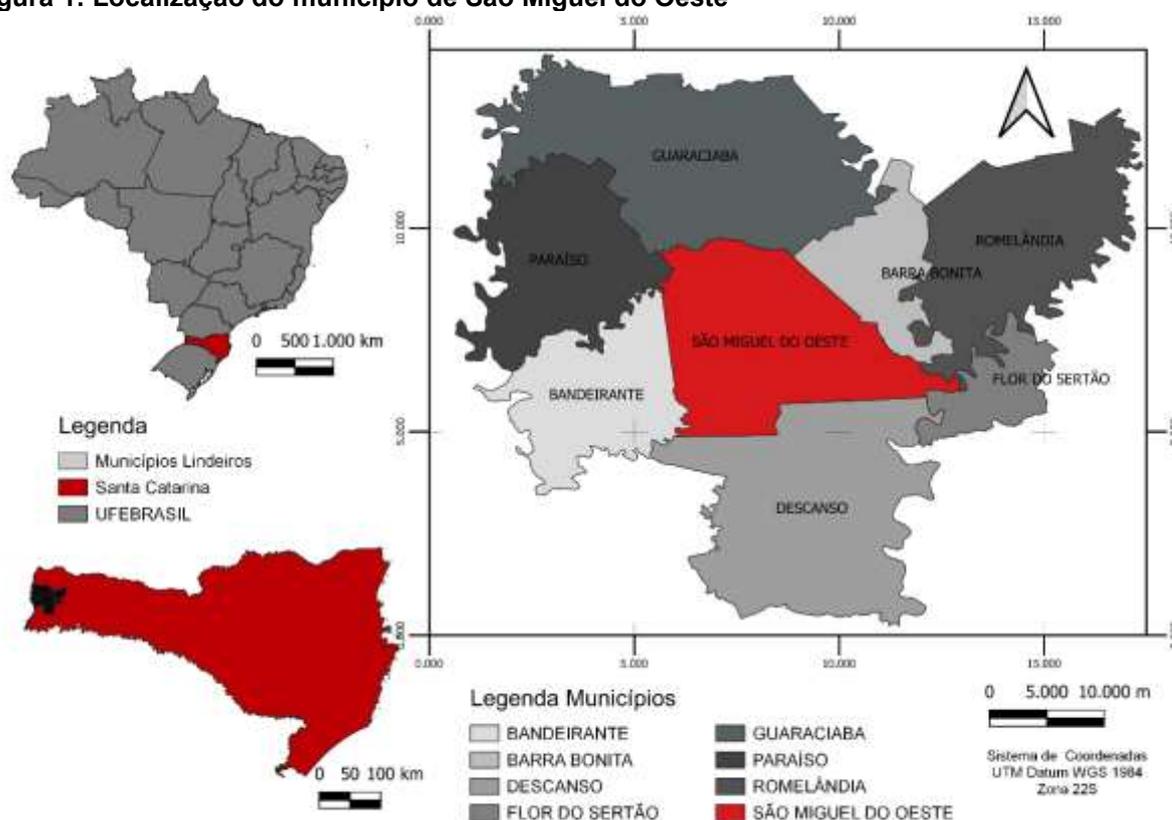
A referida pesquisa foi classificada como descritiva, que se baseia na descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, e pretendem determinar a natureza dessa relação, e ainda, uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados (GIL, 2002).

Quanto ao delineamento, a pesquisa foi experimental, que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 2002).

#### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O município de São Miguel do Oeste está localizado no extremo oeste do estado de Santa Catarina, 672 km de Florianópolis (capital do Estado). Com um território de 233,80 Km<sup>2</sup>, a uma altitude média de 645m, limitando-se territorialmente com os municípios de Barra Bonita, Romelândia, Flor do Sertão, Paraíso, Bandeirante, Guaraciaba e Descanso, representado pela Figura 1. Acessado por importantes rodovias estaduais e federais, dentre elas a BR 282, BR 163 e SC 493 (UNOESC, 2009).

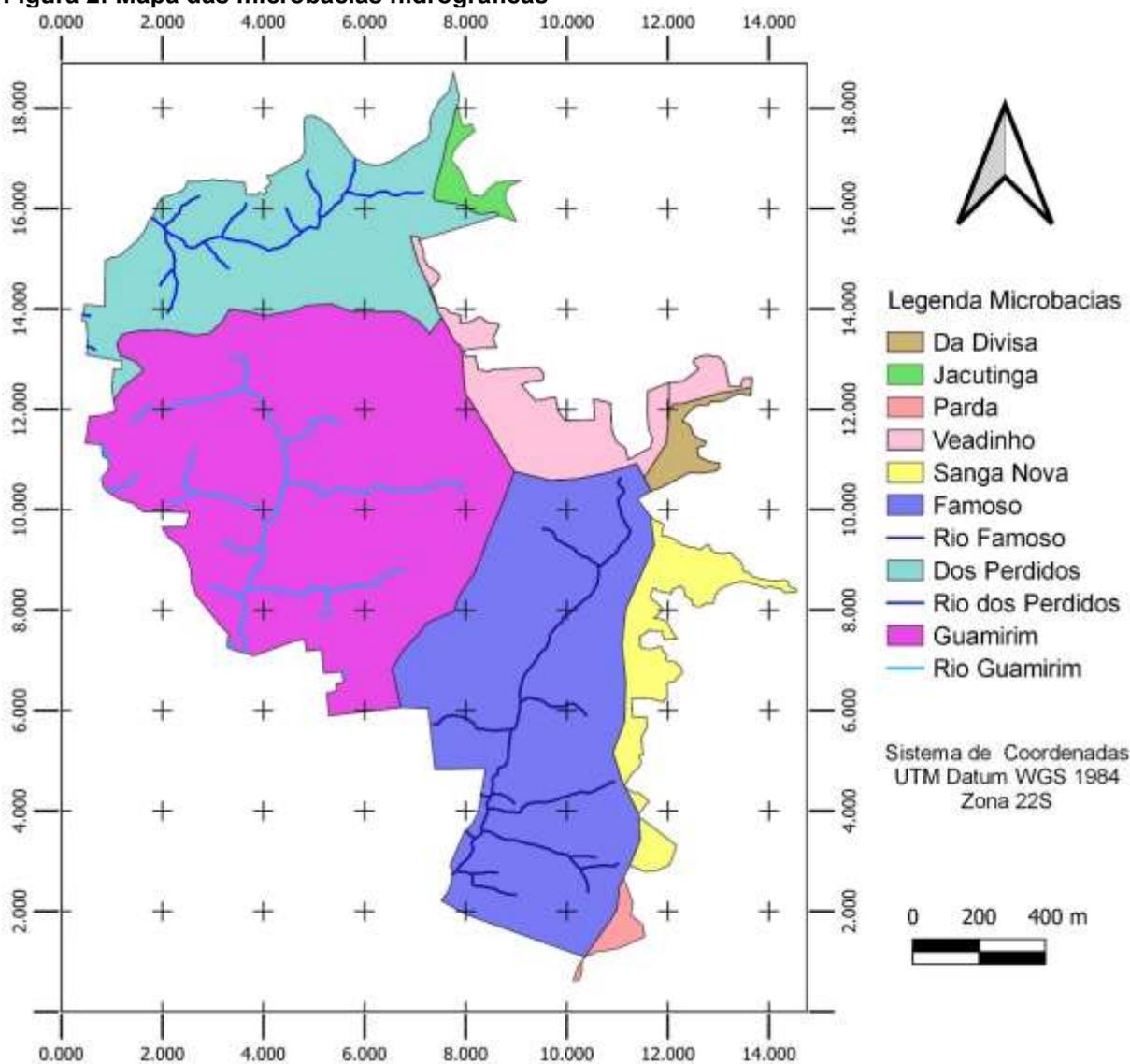
Figura 1: Localização do município de São Miguel do Oeste



Fonte: Autores (2021).

Na presente pesquisa foi considerado como área urbanizada o espaço caracterizado pela concentração de edificações, infraestrutura, equipamentos e serviços públicos e/ou com potencial de expansão urbana. Esta área está inserida em três principais microbacias hidrográficas: microbacia do Rio dos Perdidos, localizada na região norte; microbacia do Rio Guamirim, localizada na região central e microbacia do Rio Famoso, localizada na região Sudeste (UNOESC, 2009). As demais microbacias hidrográficas: microbacia do Rio Parda, microbacia do Rio Sanga Nova, microbacia do Lajeado da Divisa, microbacia do Rio Veadinho e microbacia do Rio Jacutinga, também fazem parte deste perímetro (Figura 2), no entanto, ocupam menores proporções da área em estudo em virtude da elevada declividade nestas bacias.

**Figura 2: Mapa das microbacias hidrográficas**



Fonte: Autores (2021).

Quanto ao relevo, é marcado pelo planalto dissecado do rio Iguaçu, cujas altitudes seguem os vales do rio Uruguai e seus afluentes, abrangendo especialmente os vales dos rios Peperi-Guaçu e das Antas. Sua economia está baseada em atividades relacionadas à produção agrícola desde a sua emancipação em 1953, e foi colonizada basicamente, por descendentes de famílias italianas, alemãs, mestiças e caboclas (UNOESC, 2009).

A configuração espacial atual de São Miguel do Oeste se concentrou nas Bacias dos Rios Guamirim, Perdidos e Famoso, dentre elas, a Bacia do Rio dos Perdidos foi a que apresenta relevo mais declivoso, com predomínio de valores entre 12 e 20%, podendo chegar de 20 a 30%. A Bacia do Rio Guamirim, predomina de relevo mais suave com declividade variando entre 0 e 12 %. Já a Bacia do Rio

Famoso também exibe relevo predominantemente suave, cujas declividades predominam entre 0 e 12 % (MAZIERO, 2018). Além disso, a área em estudo possui 16,078 Km<sup>2</sup>, destes, 47,9% pertencem à Bacia do Rio Guamirim, 37% pertencem à Bacia do Rio Famoso e 15,1% à Bacia do Rio dos Perdidos.

### 3.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA E ANÁLISES QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DAS ÁGUAS

As análises de sódio, manganês, cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, zinco e coliformes termotolerantes nas águas dos rios pertencentes às bacias hidrográficas objeto de estudo foram realizadas em laboratório. As quatro amostras foram coletadas todas no mesmo dia, em três pontos estratégicos distintos de cada rio, uma vez por mês no início da manhã (para se evitar interferência das atividades sazonais), no período de setembro de 2019 a agosto de 2020. A escolha do dia da semana para a coleta foi escolhida em função das atividades do Laboratório de Microbiologia que precisava processar e realizar as leituras em dias úteis.

A definição dos Rios Guamirim, Perdidos e Famoso, se deu em função da sua bacia e nascente estarem em uma área urbanizada e alguns trechos não canalizados. Como critério de escolhas dos três pontos de coleta, foi considerado locais que pudessem demonstrar os impactos antrópicos nos mananciais hídricos de modo que foi determinado: um na cabeceira (Figura 3), um no ponto mediano (Figura 4), e outro a jusante da área urbanizada (Figura 5), conforme apresentado na Figura 6.

**Figura 3: Pontos de coletas nas cabeceiras dos Rios dos Perdidos, Guamirim e Famoso**



Fonte: Autores (2021).

**Figura 4: Pontos de coletas medianos dos Rios dos Perdidos, Guamirim e Famoso**



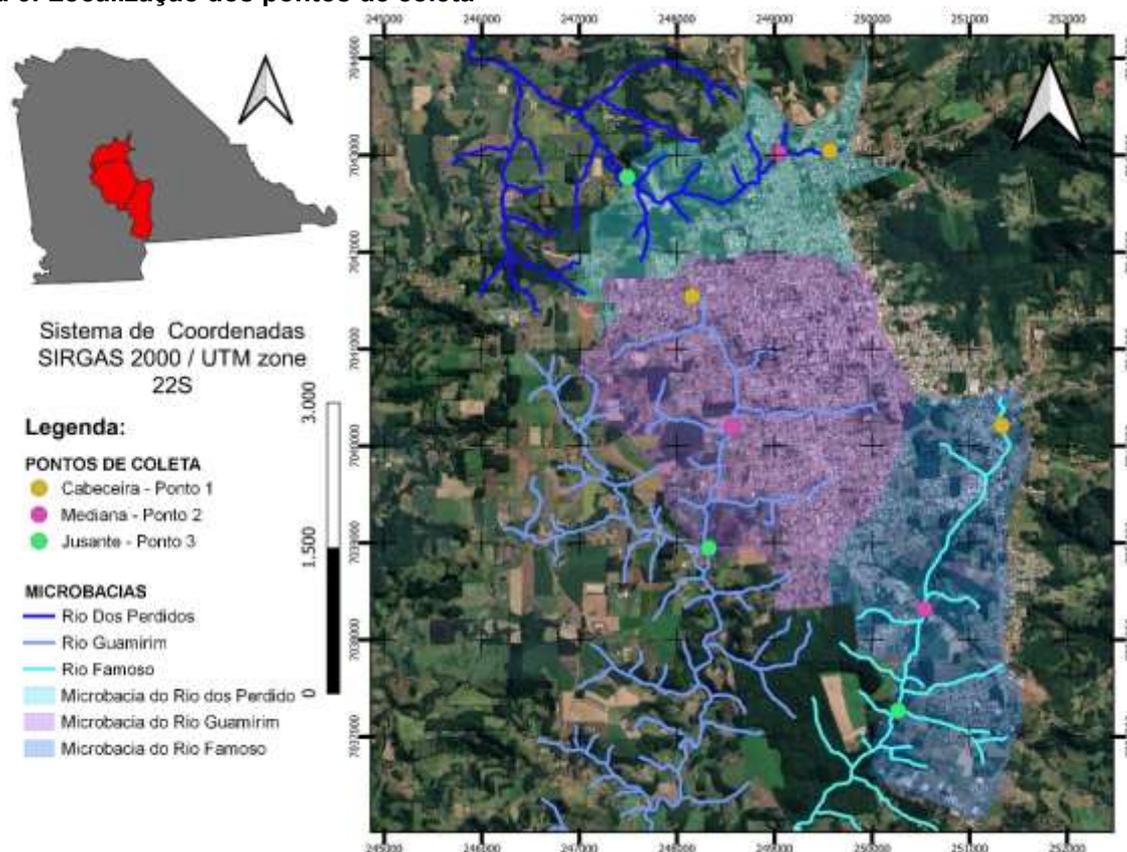
Fonte: Autores (2021).

**Figura 5: Pontos de coletas nas jusantes dos Rios dos Perdidos, Guamirim e Famoso**



Fonte: Autores (2021).

Figura 6: Localização dos pontos de coleta



Fonte: Autores (2021).

Optou-se por três pontos de coletas em cada rio em função de que, nas nascentes dos rios compreende-se que é o local onde a água subterrânea atinge a superfície e deste modo tenderia a ser mais pura e livre de contaminantes. Seguindo esta lógica, os pontos medianos podem representar um acúmulo maior de contaminantes, ou seja, dos oriundos de sua área de contribuição, somados aos encontrados na área de contribuição da nascente. Sendo assim, os pontos às jusantes da área urbanizada, teriam o somatório dos contaminantes, sendo os encontrados em sua área de contribuição somados aos encontrados nos pontos anteriores.

Em cada ponto foram coletados dois recipientes com água: um para análise microbiológica que cujo frasco foi devidamente esterilizado e armazenado em caixa térmica com gelo logo após a sua coleta, até a entrega no laboratório de microbiologia na Universidade do Oeste de Santa Catarina – Unoesc Campus de São Miguel do Oeste – SC. Outro frasco (apenas em 04 coletas) para análises químicas foi encaminhado para o Laboratório de Solos e Laboratório de Qualidade

Agroindustrial (LAQUA), ambos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UFTPR campus de Pato Branco – PR.

O método de análise laboratorial para coliformes termotolerantes foi o de Fermentação Conforme metodologia estabelecida no Tubos Múltiplos Stander 9221-B (APHA; AWWA; WPCF, 2005, p. 9). O método de análise laboratorial para os teores de sódio, manganês, cobre, ferro e zinco foi através de espectroscopia de absorção atômica, utilizando equipamento modelo PinAAcle 900T, Perkin Elmer. Já os teores de cálcio e magnésio, potássio, foram analisados por titulação (GARCEZ, 2004).

Após as análises, os dados foram submetidos a uma análise de componentes principais, com as análises de coliformes termotolerantes, sódio, manganês, cálcio, magnésio e potássio, com o intuito de se analisar a relação entre as variáveis e o grau de similaridade entre as bacias estudadas. Na referida análise, os dados foram padronizados em escores padrão (Escala Z), onde os dados brutos foram subtraídos da média e divididos pelo desvio-padrão para minimizar a interferência da escala.

### 3.4 ANÁLISES DAS INFLUÊNCIAS ANTRÓPICAS

As amostras foram classificadas conforme parâmetros da Resolução do CONAMA n.º 357 (BRASIL, 2005) em 4 classes, sendo que para cada uma, tolera uma determinada quantidade limite de coliformes termotolerantes por 100 mililitros, em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Diante do fato que esta pesquisa objetiva estudar a intensidade do impacto antrópico na água foi elaborado uma escala classificatória (lado direito da Figura 7) com base na referida resolução (lado esquerdo e central da Figura 7), atribuindo níveis de impacto conforme a Figura 7, e serão correlacionados os resultados de todas as coletas analisadas. Elaborou-se esta classificação, para se medir o impacto que as atividades presentes nas microbacias causam na água das mesmas.

**Figura 7: Níveis de impacto antrópico na água**



Fonte: Autores (2021) baseado em ANA (2020).

Para a discussão dos resultados deste trabalho foram considerados a seguinte escala classificatória para as águas dos mananciais analisados: A classe especial é a classe de água mais pura e livre de qualquer contaminante sendo considerada como sem impacto antrópico. Já a Classe 1 é a água que para o consumo humano necessita de um tratamento simplificado e possui níveis diferentes do natural, portanto, foi considerado como baixo impacto antrópico. A classe 2 por haver indicadores de coliformes termotolerantes mais elevado, necessitando para consumo humano de um tratamento convencional, foi considerado pouco impacto antrópico. Para a classe 3 que possuem indicadores químicos e biológicos mais elevados e dependendo do caso necessitam para consumo humano de um tratamento convencional ou avançado, foi considerado com médio impacto antrópico. Por fim, as de classe 4 que podem ser utilizadas apenas para navegação, foi considerado com alto impacto antrópico.

### 3.5 ANÁLISE POR MEIO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

A análise de ocupação do solo foi uma maneira de identificar quantas edificações existem em cada microbacia, bem como qual atividade antrópica estava acontecendo em seu interior, ou seja, qual era a ocupação de cada edificação desta área. Dessa forma, foi classificada a ocupação do solo como sendo residencial, comercial, misto (residencial e comercial ocupando a mesma edificação) e industrial.

Para a realização desta análise foi realizado um levantamento *in loco*, sendo percorrido toda a área de estudo de cada microbacia, com o objetivo de quantificar e identificar as edificações existentes em cada microbacia de acordo com sua ocupação.

Para o processamento das informações coletadas *in loco*, utilizou-se o software QGIS de licença livre, com multiplataforma de sistema de informação geográfica (SIG) que são destinados a trabalhar com dados referenciados a coordenadas espaciais, que tem como característica principal relacionar uma informação de interesse com sua localização espacial, além de permitir a manipulação de dados geograficamente referenciados e seus respectivos atributos e a integração desses dados em diversas operações de análise geográfica (PIROLI, 2010).

Posteriormente gerou-se as cartografias ilustrando a atual situação de ocupação do solo, bem como processado o número de edificações separado pelo tipo de ocupação existente, podendo desta fora caracterizar cada microbacia.

### 3.6 ANÁLISE DO ZONEMANTO URBANO

No município de São Miguel do Oeste, o que regulamenta o uso do solo é o Lei Complementar n.º 002/2011, ou seja, o Plano Diretor. Nesta lei, o municípios é dividido em Macrozonas e estas em Áreas Especiais de Interesse (AEI), que são regiões que se classificam como unidades territoriais com características que exigem tratamento e estratégias de qualificação específicos, podendo ser descontínuas e estar distribuídas por todo o município (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011). As características dessas estruturas e funcionamento estão intimamente relacionadas aos fatores naturais que influenciam no desenvolvimento socioeconômico e:

*Na questão de urbanização global, as grandes mudanças foram testemunhadas nas áreas urbanas, incluindo mudanças no uso e/ou cobertura do solo, fragmentação da paisagem e mudanças socioeconômicas, que afetaram as funções e serviços do ecossistema, e esses impactos alcançaram muito além dos limites da cidade (XU et al., 2019, p. 1).*

Desta maneira, nas três microbacias em estudo foram identificadas a incidência de 12 AEI's, sendo:

- A) Área Especial de Interesse Residencial – AEIR;
- B) Área Especial de Interesse Social 1, 2 e 3 – AEIS, que são áreas públicas ou privadas, ocupadas por população de baixa renda, destinadas prioritariamente à regularização fundiária, urbanização e à produção de habitação de interesse social e de habitação de mercado popular (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011);
- C) Área Especial de Interesse Comercial – AEIC, são áreas cujo objetivo é o fomento das atividades econômicas já consolidadas ou por consolidar e de prestação de serviços e incentivo ao uso misto (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011);
- D) Área Especial de Interesse Industrial – AEII caracterizam-se pelo desenvolvimento predominante das atividades industriais com alto grau de incomodidade e potencial de impacto ambiental, seja de pequeno, médio ou grande porte misto (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011);
- E) Área Especial de Interesse Ambiental 1, 2 e 3 - AEIA são áreas públicas ou privadas com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações. Sendo as de nível 1 consideradas Áreas de Preservação Permanentes onde não são admitido edificar, as de grau 2 compreendem as áreas com declividade maior que 30%, onde a ocupação urbana é ambientalmente inadequada, por fim as de grau 3 é o conjunto de espaços significativos ajardinados e arborizados, de propriedade pública ou privada, necessários à manutenção da qualidade ambiental urbana (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011);
- F) Área Especial de Interesse Militar – AEIM compreende a área ocupada pelo Exército Brasileiro (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011);
- G) Área Especial de Interesse de Mineração – AEM, são áreas sob influência de atividade de mineração (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011);
- H) Área Especial de Interesse do Aeródromo – AEI Aeródromo, compreende a área do aeródromo municipal.

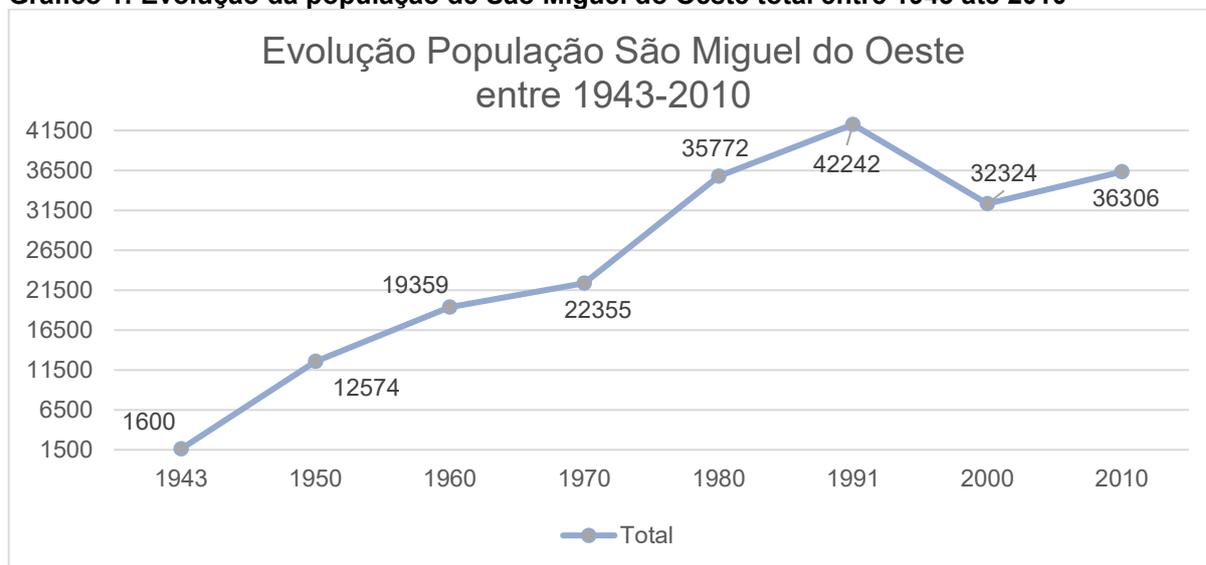
Com essas AEI que acabam compondo o ambiente urbano, estão envolvidos elementos naturais (físicos e biológicos) e antrópicos (economia, cultura, relações sociais) e a escolha dos parâmetros ambientais não é um consenso, devendo ocorrer naqueles que melhor representem a inter-relação com a qualidade de vida (VARGAS *et al.*, 2019). Neste sentido, são definidos no Plano Diretor, alguns parâmetros que definem os usos do solo que são permissíveis para cada AEI, todos os usos são permitidos em todas as AEI, desde que, obedeçam às condições estabelecidas na descrição geral de cada AEI, entre eles o incomodo q a atividade pode gerar, a hierarquia viária, interferência no trafego, e dependendo do caso o impacto na vizinhança (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DA POPULAÇÃO INSERIDA NAS MICROBACIAS

A população pioneira do município de São Miguel do Oeste da década de 40 cerca de 10.112 pessoas habitavam o extremo oeste catarinense, compreendendo os municípios de Dionísio Cerqueira, Mondaí e Itapiranga (BAVARESCO, 2005), estima-se que a população da então Vila Oeste em 1943 era de 1.600 habitantes (Gráfico 1). Em 1950 a estimativa era de 12.574 habitantes. Após a emancipação de São Miguel do Oeste, em 1960 residiam no município 19.359 habitantes que evolui para 22.355 habitantes em 1970. Em 1980 a população era de 35.772 habitantes, no censo de 1991 a população atinge uma marca de 42.242 habitantes, porém, com a emancipação dos municípios de Bandeirantes, Barra Bonita, Paraíso perde aproximadamente 11.000 habitantes, possuindo no censo de 2000, 32.324 habitantes. Dez anos depois, a população era de 36.306 habitantes, a estimativa do IBGE para o ano de 2020 é que no município exista uma população de 40.868 habitantes (IBGE 2019a).

**Gráfico 1: Evolução da população de São Miguel do Oeste total entre 1943 até 2010**

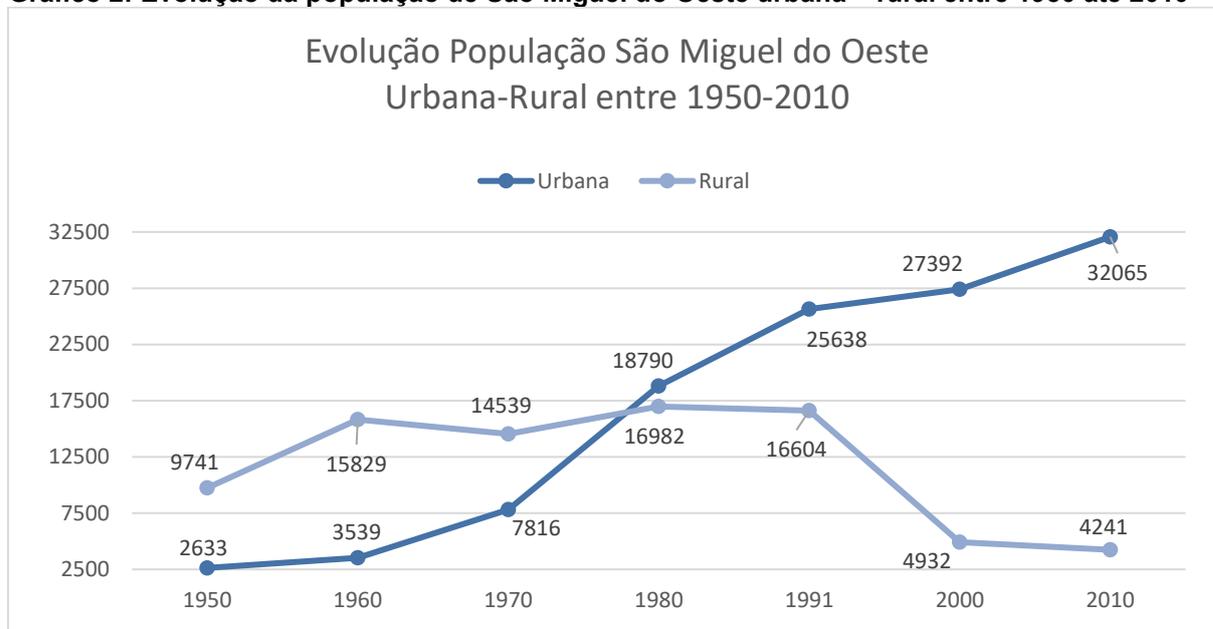


Fonte: Baseado em IBGE (2019a).

A população de São Miguel do Oeste até os anos 70 era predominantemente rural, a partir de 1980 a população urbana supera a rural, seguindo as tendências das cidades brasileiras. Conforme dados do IBGE (2019a) (Gráfico 2) mostra que em 2010 a população urbana é 7,5 vezes maior que a rural. Esta inversão

populacional rural-urbano, além do citado anteriormente, se deu também principalmente pela mecanização das atividades agrícolas e pela oferta de mão de obra nas indústrias e comércio.

**Gráfico 2: Evolução da população de São Miguel do Oeste urbana – rural entre 1950 até 2010**

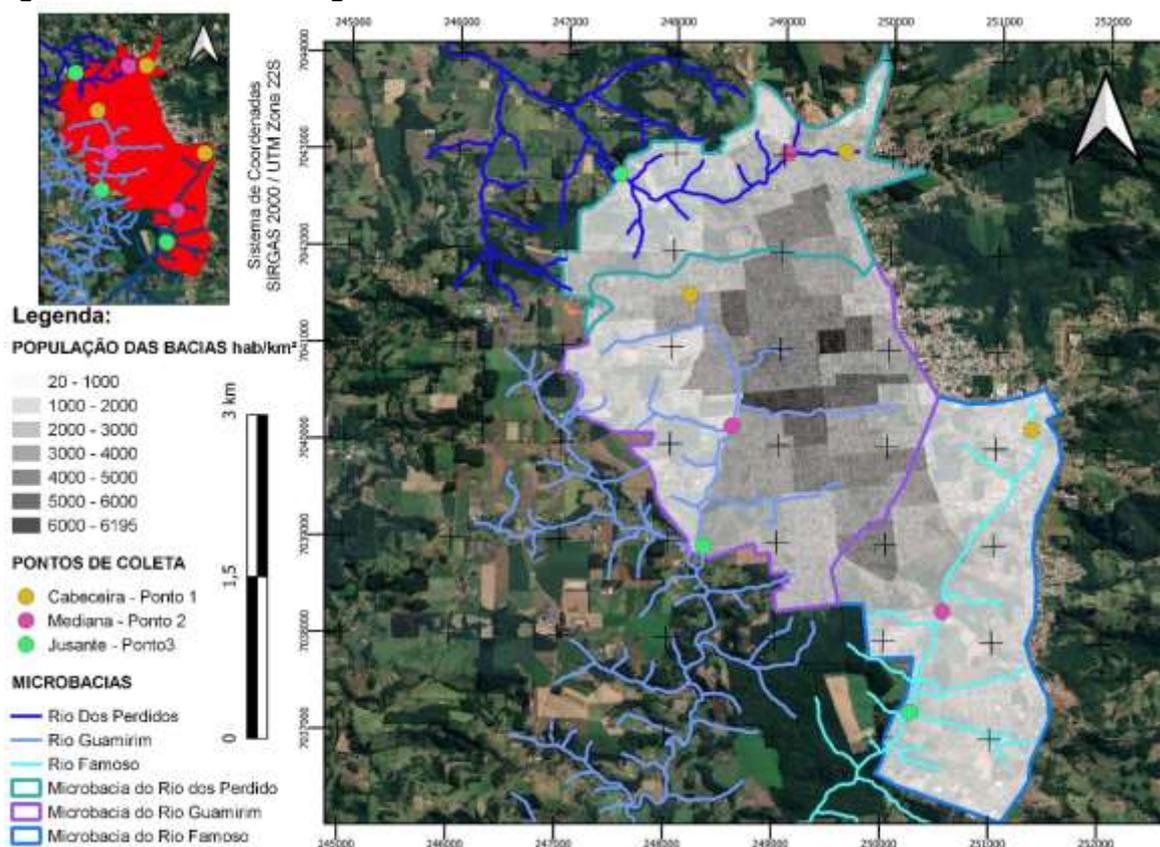


Fonte: Baseado em IBGE (2019a).

Cruzando as áreas das microbacias em estudo com as informações contidas nos metadados dos setores censitários do censo de 2010 do IBGE (2019b), onde a cada setor possui uma determinada densidade no total, a população das 3 microbacias em 2010 era de 26.965 habitantes. Levando-se em consideração a população total em 2010 e a estimativa populacional em 2020, percebe-se um crescimento populacional estimado de 12,56% no município neste período, desta forma, estima-se que em 2020 a população das microbacias em estudo é de 30.354 habitantes. A maior concentração populacional em 2010 se encontrava na região mais central da mesma (Figura 8), região esta que coincide com a região central da cidade, localizada sobre a microbacia do Rio Guamirim.

A análise de cada microbacia levou-se em consideração a estimativa populacional de 2020, pois no decorrer das demais análises serão apresentados dados obtidos ao longo do período em que se realizou a presente pesquisa. Desta maneira, pode-se compreender um pouco mais como a população está distribuída por estas áreas e como a mesma impacta no recurso hídrico das microbacias.

Figura 8: Densidade demográfica das microbacias



Fonte: Autores (2021).

Iniciando pela microbacia mais populosa, a do Rio Guamirim (Tabela 2) (Figura 8), estima-se uma população de 20.430 habitantes. Nesta região encontra-se o bairro Centro que marca também o início da formação do município na década de 1950. Nas décadas de 1960 até 2010 a expansão urbana aconteceu sob essa microbacia. Cabe salientar que na década de 1970 foi a maior expansão urbana influenciada pelo êxodo rural e, sem critérios de planejamento e ordenamento, formando os vazios urbanos, algumas destas áreas loteadas eram impróprias para construção. Apenas após a década de 1970 é que o planejamento e a ocupação do solo têm início (MAZIERO, 2018).

**Tabela 2: Estimativa populacional das microbacias**

Ano	População total municipal censo IBGE	Microbacia			TOTAL NAS MICROBACIAS
		FAMOSO	GUAMIRIM	DOS PERDIDOS	
2010	36.306	5.155	18.149	3.661	26.965
2020	40.868	5.803	20.430	4.121	30.354

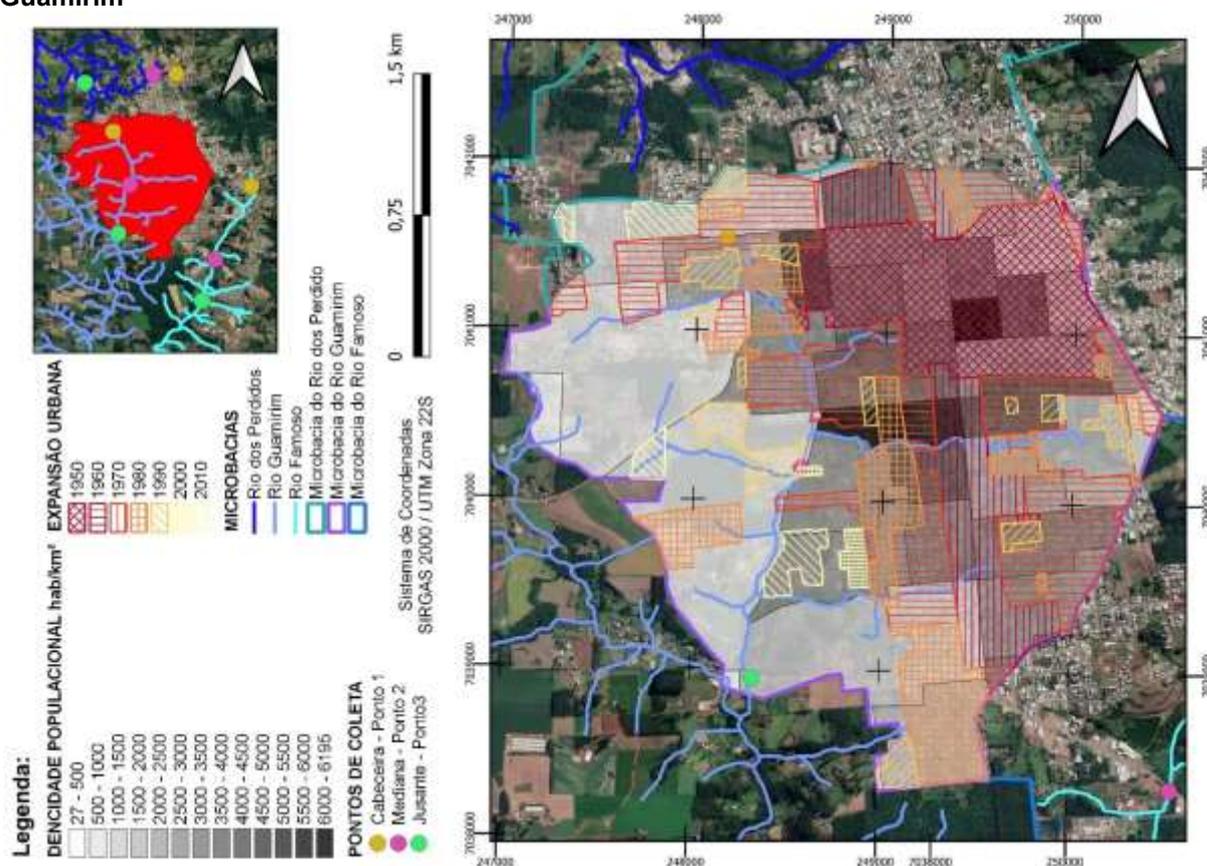
Fonte: Autores (2021).

Segundo Maziero (2018), na década de 1990 inicia-se um processo de verticalização das edificações devido à influência dos avanços tecnológicos que

possibilitaram técnicas apropriadas para a implantação e manutenção de elevadores. A autora comenta ainda que na década de 2010 com a vigência de legislações ambientais e municipais mais rígidas, tornaram os usos e as ocupações urbanas mais distantes dos cursos d'água, APP e das áreas consideradas impróprias para a construção civil.

As maiores densidades de habitantes por quilometro quadrado estão de certa forma, coincidindo com as áreas de expansão urbana mais antigas, assim como as mais recentes possuem uma densidade populacional menor (Figura 9). Cabe aqui lembrar que os perímetros dos setores censitários não coincidem com os de expansão urbana.

**Figura 9: Relação expansão urbana com densidade demográfica na microbacia do Rio Guamirim**

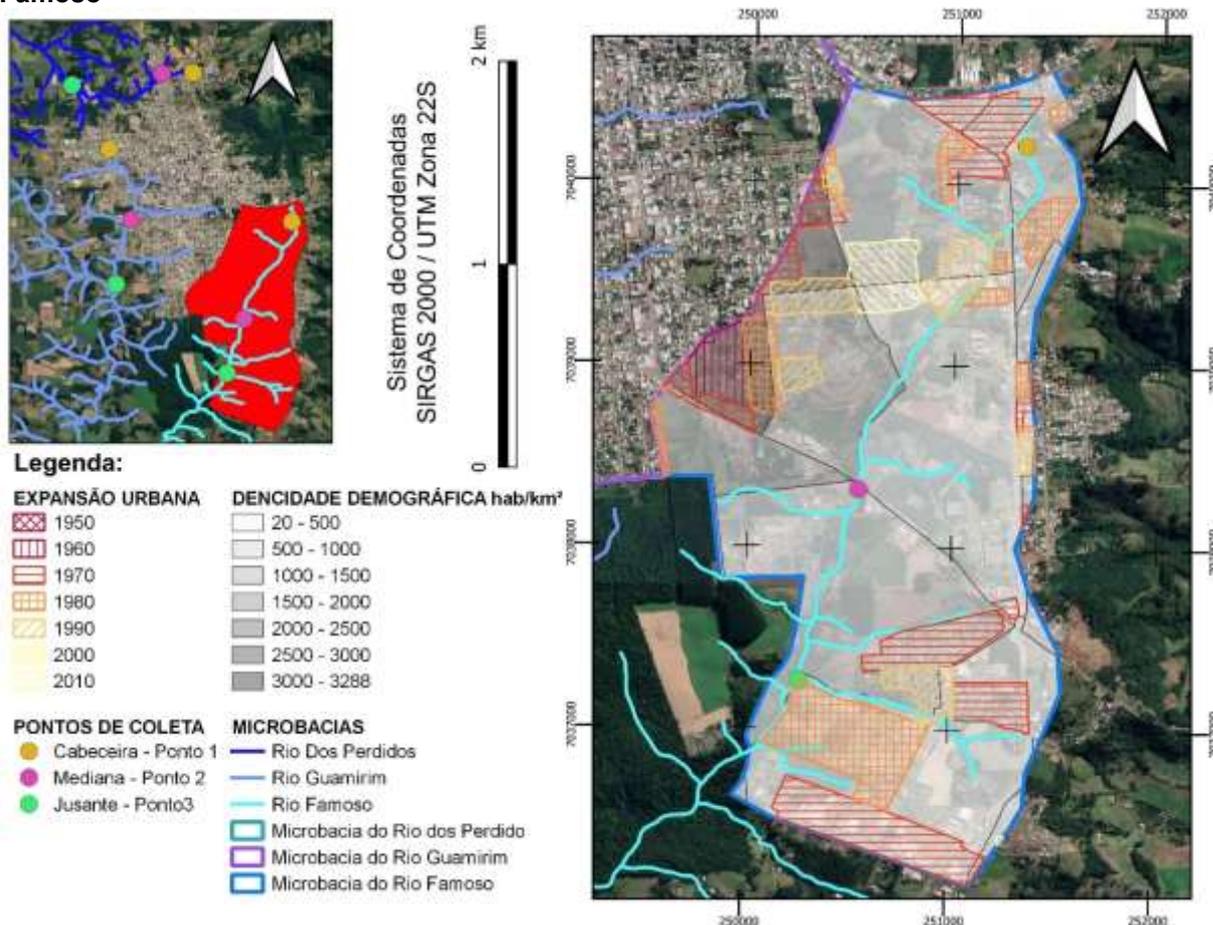


Fonte: Autores (2021) baseado em Maziero (2018).

A segunda microbacia mais populosa é a do Rio Famoso, cuja população atual de aproximadamente 5.803 habitantes (Tabela 2) (Figura 9). Nesta região começou a ser ocupada na década de 1960. Nas décadas de 1970, 1980 e 1990 se intensificou a expansão para essa região. Na década seguinte, 2000, não houve expansão nesta microbacia, fato decorrente da falta de opções de emprego na

cidade, influenciada pela mudança política a nível nacional, assim como a carência de políticas habitacionais, fazendo com que a expansão urbana retornasse apenas na década de 2010 (MAZIERO, 2018). Cabe salientar que essa microbacia possui densidade populacional relativamente baixa pelo fato de haver vários vazios urbanos, como pode-se perceber na Figura 10, bem como os setores censitários possuem área maiores que a da microbacia do Rio Guamirim.

**Figura 10: Relação expansão urbana com densidade demográfica na microbacia do Rio Famoso**



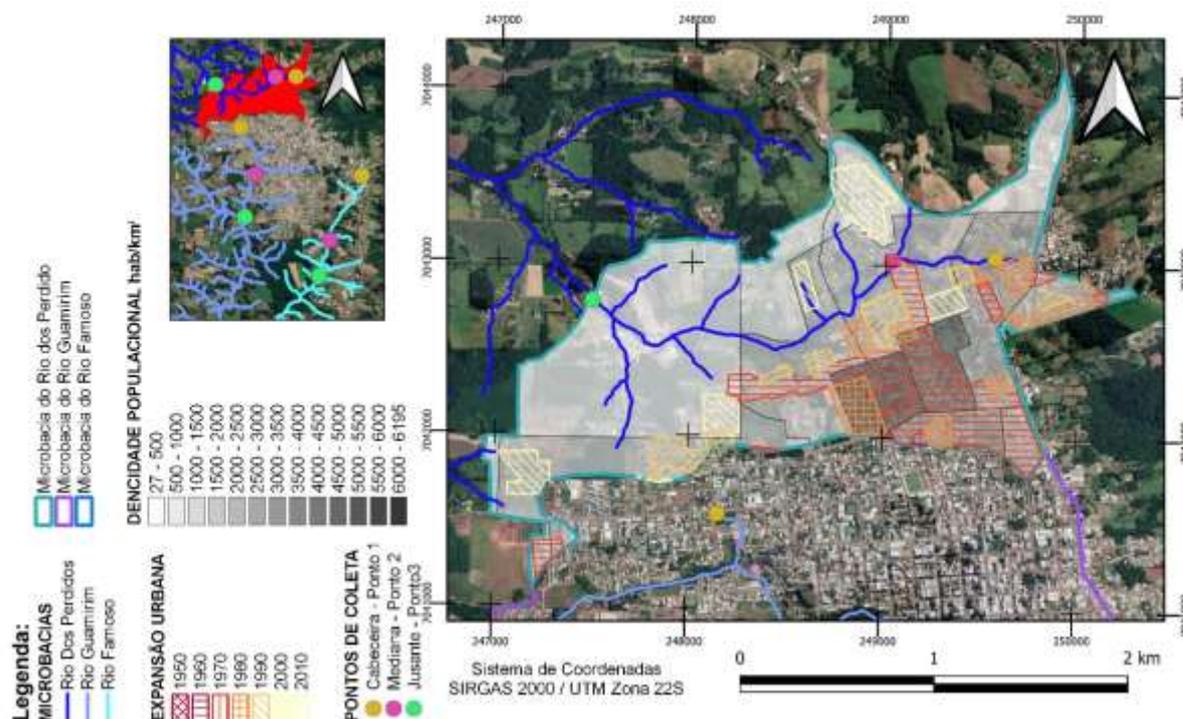
Fonte: Autores (2021) baseado em Maziero (2018).

A microbacia do Rio dos Perdidos, por sua vez, é a menos populosa. Estima-se uma população de cerca de 4.121 habitantes. Esta é uma região que teve a expansão urbana mais tardia, iniciando na década de 1970, 20 anos após a mais populosa. Apenas se registra a criação de loteamentos na década de 1970, 1980, 1990 e 2010 (MAZIERO, 2018).

Esta região intensificou a construção de edificações na década de 2010 e 2020, porém a região mais populosa é a que foi expandida na década de 1970

conforme (Figura 11). Cabe informar que esta região também possui vários vazios urbanos e por seus setores censitários serem maiores, a densidade populacional em algumas partes acaba sendo menor.

**Figura 11: Relação expansão urbana com densidade demográfica na microbacia do Rio dos Perdidos**



Fonte: Autores (2021) baseado em Maziero (2018).

## 4.2 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Referente à ocupação do solo foram identificadas na área de estudo um total de 10.385 edificações (Tabela 3). Cada uma identificada com um tipo de ocupação sendo:

- residencial (82,89%), caracterizada por atividade exclusiva de moradia unifamiliar ou multifamiliar;
- comercial (6,11%), destinada as atividades comerciais e de prestação de serviços;
- industriais (0,98%), destinadas a algum tipo de atividade de transformação e/ou processo de produção em massa;

- institucional (1,97%) instalações destinadas a receber público e foram subclassificadas de acordo com suas principais atividades (socioculturais, educação, serviço, esporte, saúde, militares);
- mistas (7,14%), edificações que possuem duas ou mais atividades já relacionadas na maioria delas comercial e residencial;
- infraestrutura de serviço (0,04%), compreende as edificações responsáveis pelos serviços de telecomunicações, tratamento e/ou distribuição de água e/ou energia;
- não identificados (0,89%), que são edificações que estão em fase de construção(Tabela 3).

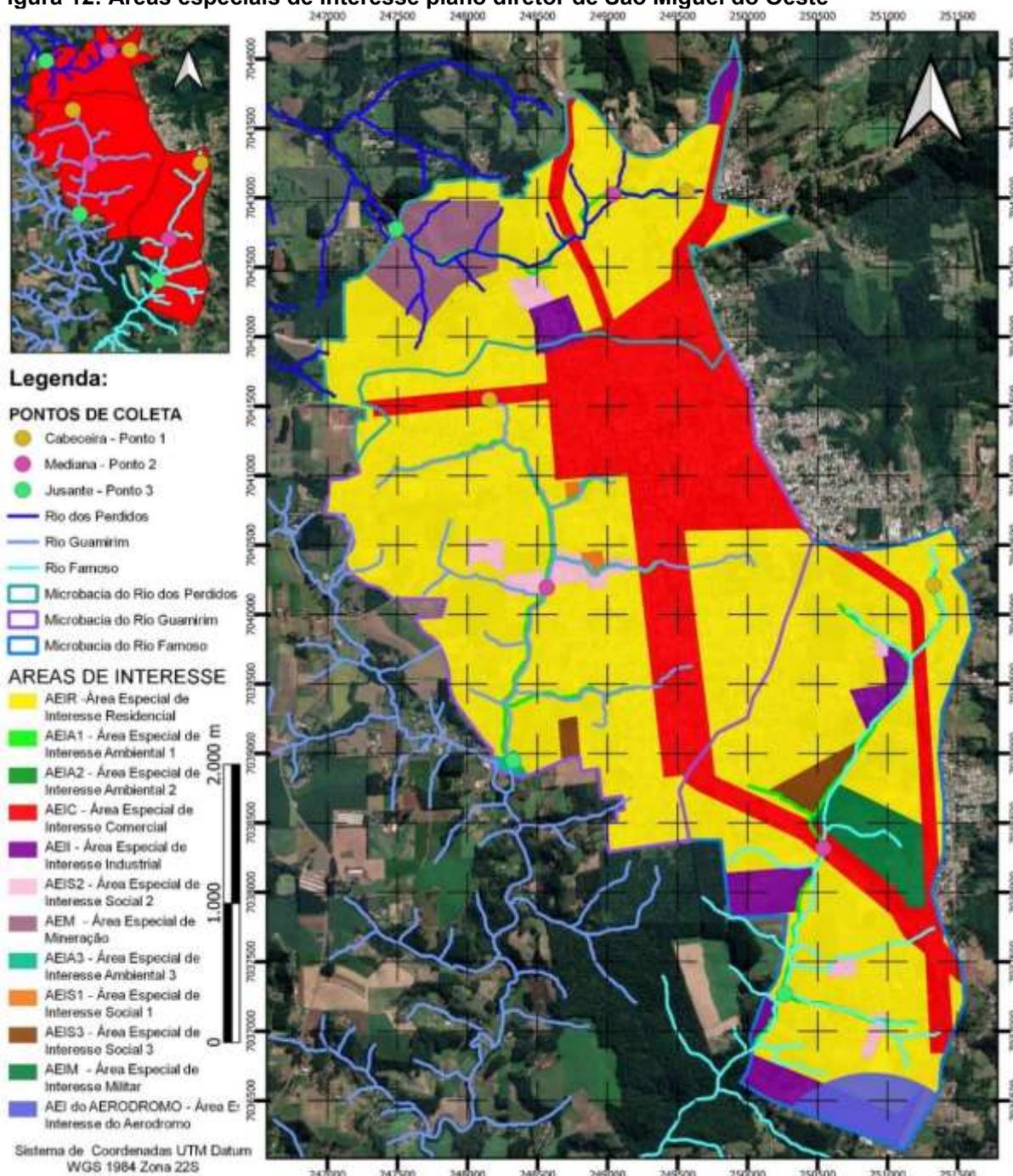
**Tabela 3: Ocupação das edificações da área de estudo**

TIPO DE OCUPAÇÃO	Microbacia									% Total Tipo	
	FAMOSO			GUAMIRIM			DOS PERDIDOS			Tipo de Ocupação	Território Destinado ao Uso do solo
	Quantidade e de Edif.	% de Edif.	% Território Destinado ao Uso do solo	Quantidade de Edif.	% de Edif.	% Território Destinado ao Uso do solo	Quantidade de Edif.	% de Edif.	% Território Destinado ao Uso do solo		
Residencial	1.621,00	84,03%	60,26%	5.464,00	80,92%	65,91%	1.523,00	89,38%	63,12%	82,89%	189,29%
Mista	64	3,32%		620	9,18%		58	3,40%		7,14%	
Comercial	134	6,95%	11,97%	440	6,52%	31,33%	61	3,58%	15,93%	6,11%	59,23%
Industrial	44	2,28%	14,31%	32	0,47%		26	1,53%	4,38%	0,98%	18,69%
Instituições socioculturais	11	0,57%		58	0,86%		11	0,65%		0,77%	
Instituições de educação	9	0,47%		40	0,59%		4	0,23%		0,51%	
Instituições de serviço	1	0,05%		20	0,30%		4	0,23%		0,24%	
Instituições de esporte	2	0,10%		14	0,21%		0	0,00%		0,15%	
Instituições de saúde	1	0,05%		11	0,16%		1	0,06%		0,13%	
Instituições militares	13	0,67%	5,43%	5	0,07%		0	0,00%		0,17%	5,43%
Infraestrutura de serviço	1	0,05%		3	0,04%		0	0,00%		0,04%	
Não identificado	28	1,45%		45	0,67%		16	0,94%		0,86%	
<b>Subtotal na microbacia</b>	<b>1.929</b>	<b>18,57%</b>		<b>6.752</b>	<b>65,02%</b>		<b>1.704</b>	<b>16,41%</b>			
<b>Total na área de estudo</b>							<b>10.385</b>				

Fonte: Autores (2021).

Legalmente, segundo a Lei Complementar Municipal n.º 002/2011 – Plano Diretor – o território do município possui um zoneamento que está dividido em Macrozonas, Zonas e Áreas Especiais de Interesse (Figura 12), e estabelece diretrizes para o uso e ocupação do solo no município, tendo como referência as características do ambiente natural e construído (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011). É necessário reconhecer que cada pequena porção de território apresenta um conjunto próprio de respostas frente às mudanças ambientais e diferentes formas de uso e ocupação (LOPES; GRIGIO, 2019).

Figura 12: Áreas especiais de interesse plano diretor de São Miguel do Oeste

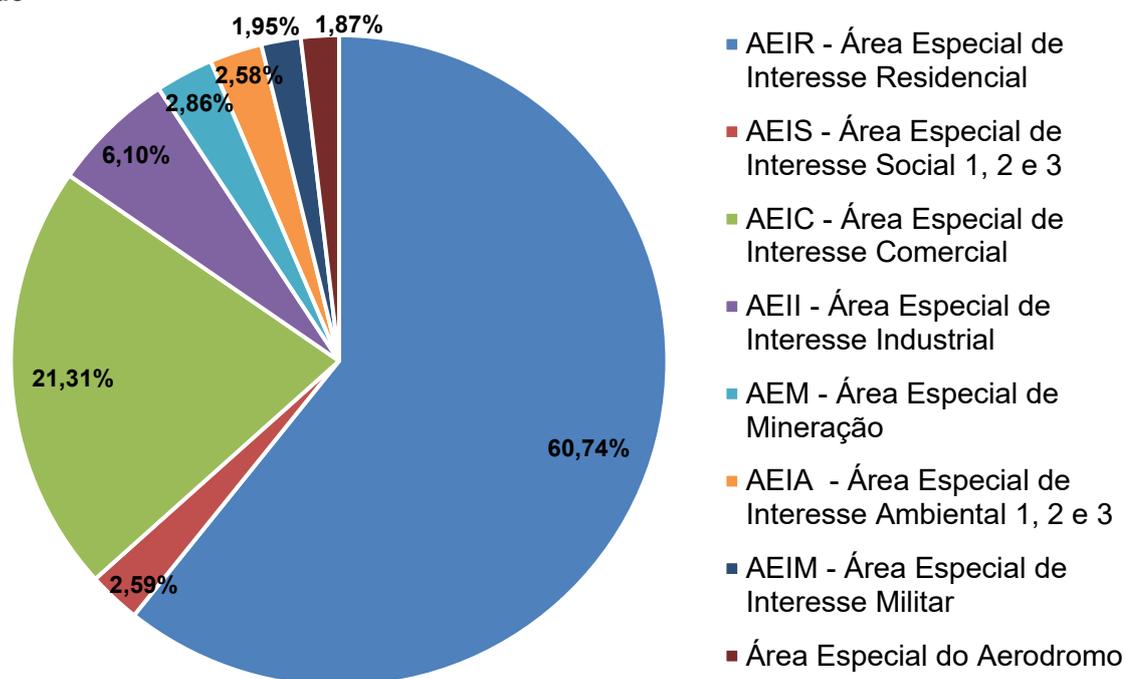


Fonte: Autores (2021) Baseados em São Miguel do Oeste (2011).

Analisando o território das três microbacias em estudo, percebe-se que o uso planejado para eles é predominantemente residencial, depois o comercial, seguido do industrial (Gráfico 3) (Figura 12). De maneira mais precisa, o território está dividido da seguinte maneira: 60,74% de sua área estão classificados como AEIR (Área Especial de Interesse Residencial); 21,31% classificado como AEIC (Área Especial de Interesse Comercial); 6,1% como AEII (Área Especial de Interesse Industrial); 2,86% destinado à AEM (Área Especial de Mineração); 2,59% somando

todas as áreas classificadas como AEIS (Área Especial de Interesse Social 1, 2 e 3); 2,58% total das três classes de AEIA (Área Especial de Interesse Ambiental 1, 2 e 3); pôr fim a AEIM (Área Especial de Interesse Militar) e a AEI (Área Especial de Interesse) do Aeródromo com 1,95% e 1,87% respectivamente.

**Gráfico 3: Percentual total da quilometragem quadrada das áreas de interesse da região de estudo**



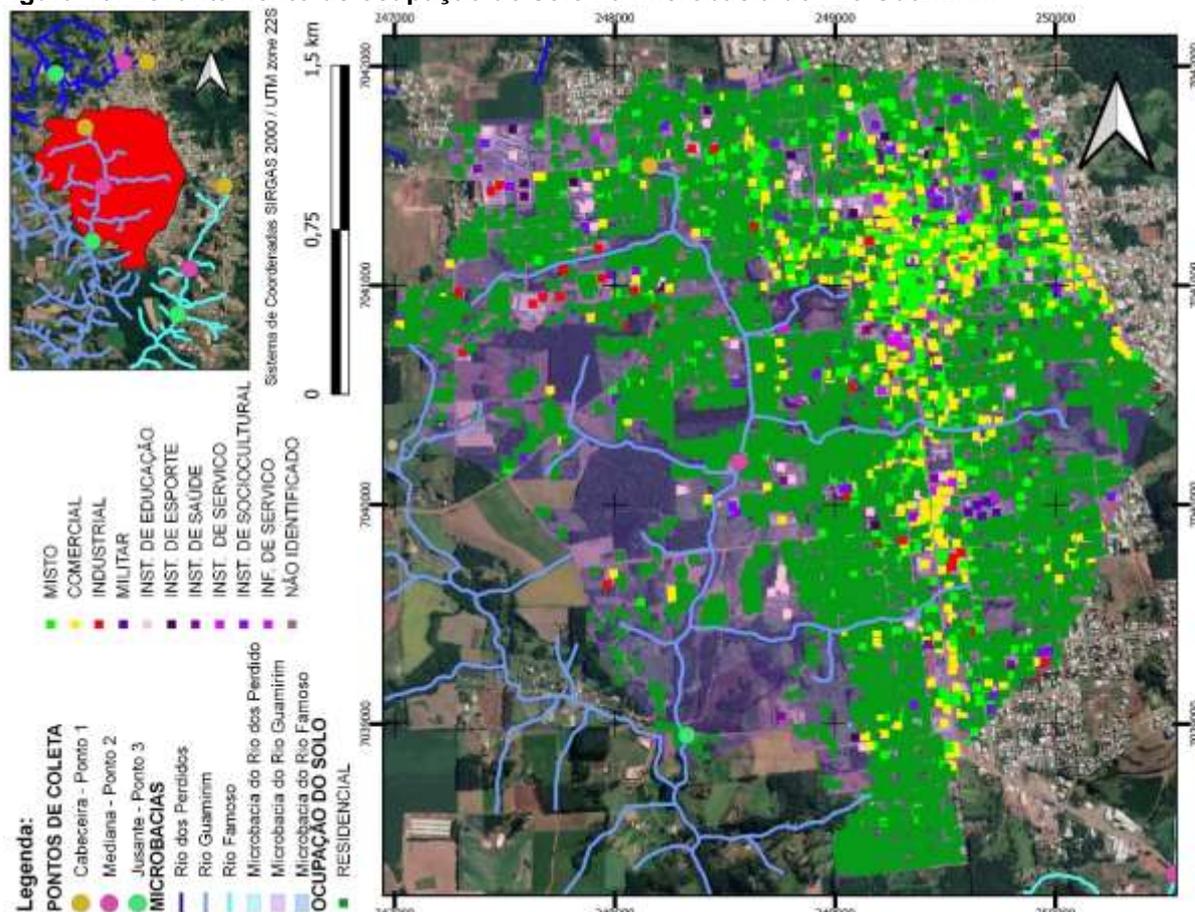
Fonte: Autores (2021).

Na microbacia do Rio Guamirim, 65,91% de seu território foi planejado para ser ocupado prioritariamente residências, 31,33% por comércios e prestação de serviços e 2,53% por áreas de preservação ambiental (Tabela 3). Foram levantadas 6.752 unidades edificadas, destas, 80,92% estão ocupadas por atividade residencial, 9,18% estão ocupadas por atividade mistas, 6,52% por atividade exclusiva comercial, 2,19% por atividades institucionais, 0,47% por atividade exclusiva industrial (Tabela 3).

Neste sentido, é possível observar (Figura 13) que a referida microbacia está ocupada, predominantemente, por ocupações residenciais com complementariedade comercial, pois levando em consideração que a maioria das ocupações mistas são compostas de comércio mais residência, a atividade comercial ficaria com aproximadamente 15,7%, do mesmo modo residencial seria de 90,11% além disso, nesta microbacia encontram-se a segunda maior quantidade de indústrias 31,37%

do total (Tabela 3). Desta forma percebe-se que as AEI condizem com as ocupações existentes, cabe ressaltar que nesta região o uso industrial é possível desde que não cause incomodo ao uso residencial.

Figura 13: Levantamento de ocupação do solo na microbacia do Rio Guamirim



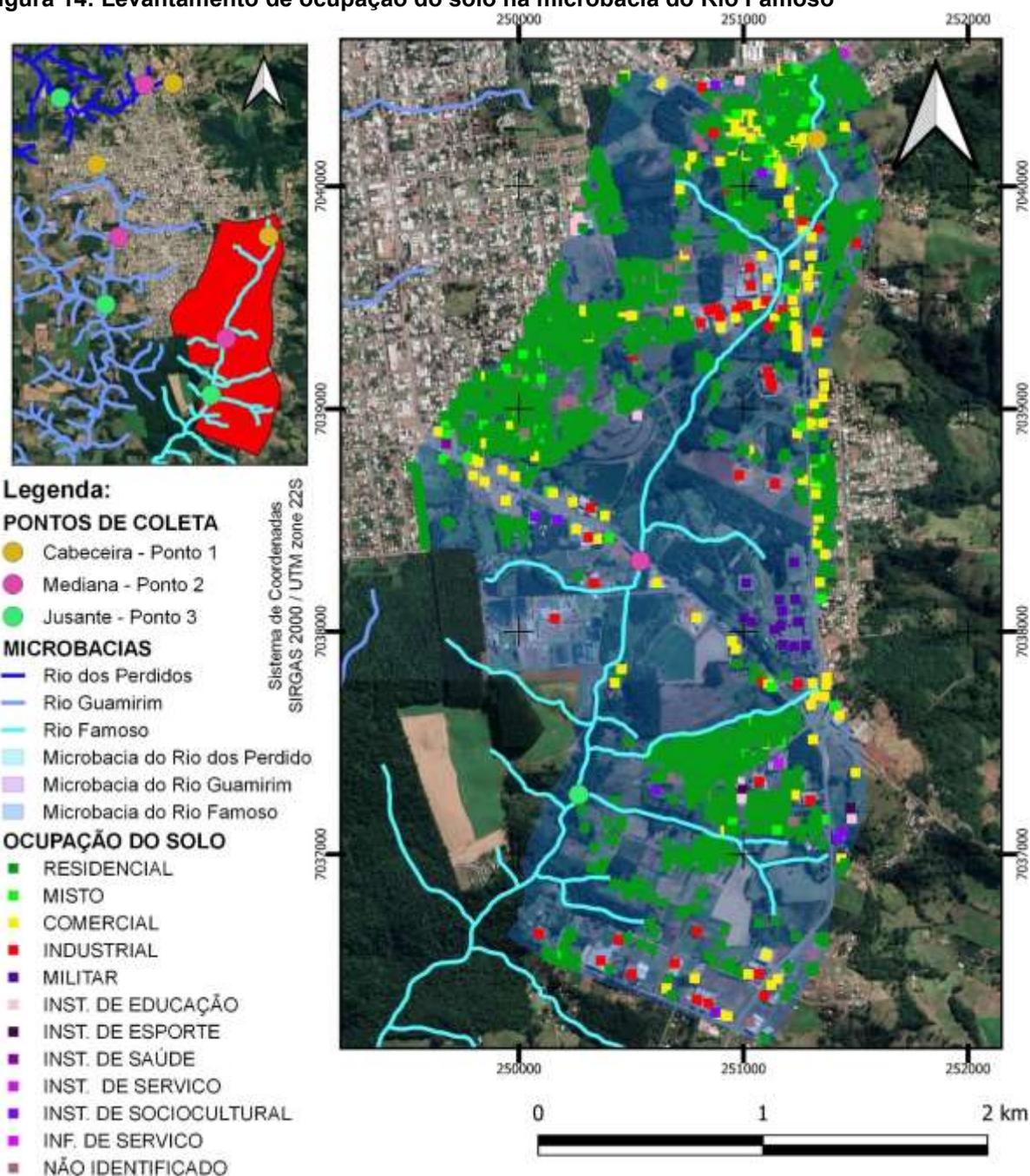
Fonte: Autores (2021).

Em relação à microbacia do Rio Famoso, 60,26% de seu território foi planejado para ser ocupado, prioritariamente, por residências; 14,31% por indústrias; 11,97% por comércios e prestação de serviços; 5,43% por uso militar e 2,82% por áreas de preservação ambiental (Tabela 3). Foram levantadas 1.929 unidades edificadas, destes, 84,03% estão ocupadas por atividade residencial, 3,32% estão ocupadas por atividade mistas, 6,95% por atividade exclusiva comercial, 1,92% por atividades institucionais, 2,28% por atividade exclusiva industrial (Tabela 3).

Desta forma esta microbacia se caracteriza por ocupações predominantemente residenciais com complementariedade comercial, pois levando em consideração que a maioria das ocupações mistas são compostas de comércio mais residência a atividade comercial ficaria com aproximadamente 10,26%, assim

como a residencial com 87,35%. Porém, é importante salientar que nesta microbacia encontra-se o maior número de indústrias das três microbacias, ou seja, 43,14% das indústrias estão instaladas neste território (Figura 14). Da mesma forma nesta microbacia as AEI condizem com as ocupações existentes, cabe ressaltar que nesta região o uso industrial é possível em qualquer nível de incomodo e esta atividade tem grande potencial para ser desenvolvida no futuro.

Figura 14: Levantamento de ocupação do solo na microbacia do Rio Famoso

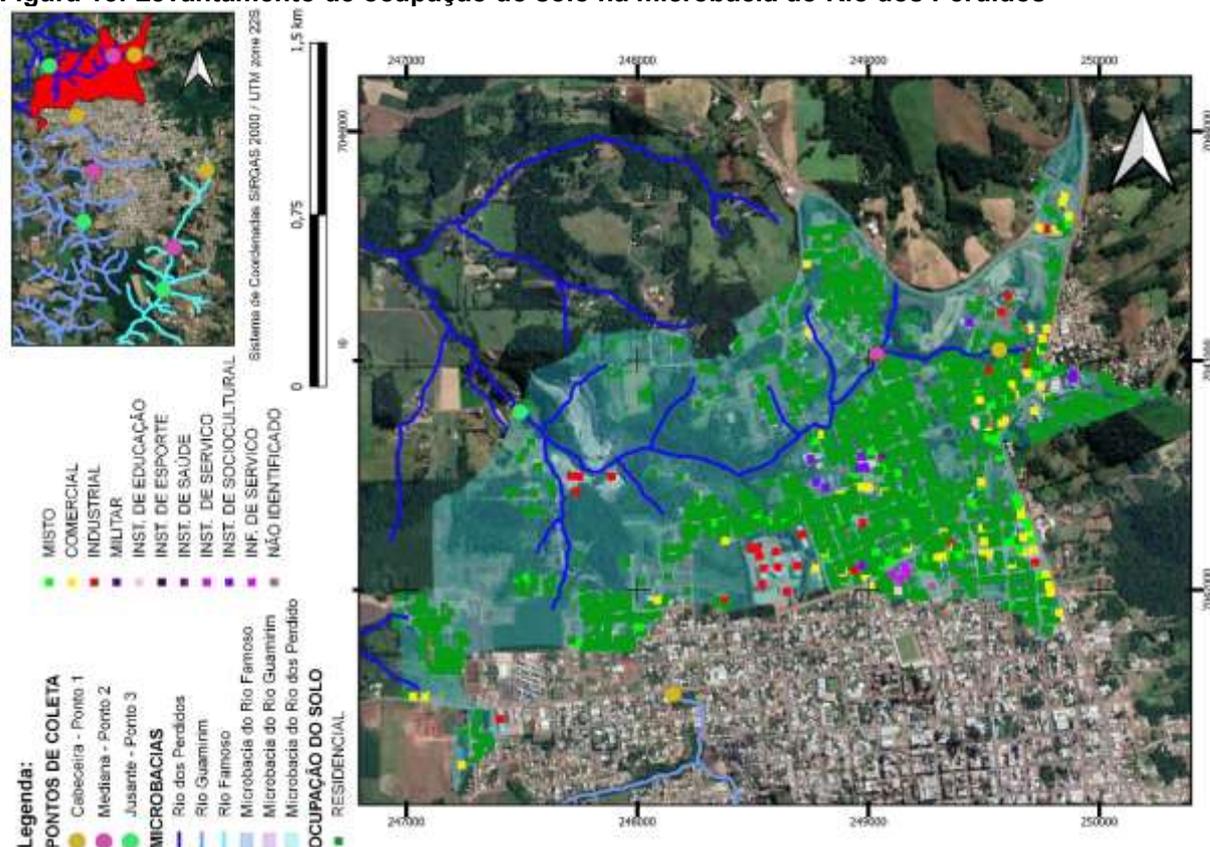


Fonte: Autores (2021).

A microbacia menos ocupada, a do Rio dos Perdidos, 63,12% de seu território foi planejado para ser ocupado prioritariamente residências, 15,93% por comércios e prestação de serviços, 14,29% por mineração, 4,38% por indústrias e 2,28% por áreas de preservação ambiental (Tabela 3). Foram levantadas 1.704 unidades edificadas, destes, 89,38% estão ocupadas por atividade residencial; 3,40% estão ocupadas por atividade mistas; 3,58% por atividade exclusiva comercial; 1,17% por atividades institucionais; 1,53% por atividade exclusiva industrial (Tabela 3).

Desta forma esta microbacia se caracteriza por ocupações predominantemente residencial com complementariedade comercial, pois levando em consideração que a maioria das ocupações mistas são compostas de comércio mais residência a atividade comercial ficaria com aproximadamente 6,98%. Ao somar o percentual de ocupações mistas com as residenciais, esta microbacia possui o maior percentual de edificações residenciais das três microbacias, ou seja, 92,78% de suas edificações são residenciais (Figura 15). Assim nesta microbacia, as AEI condizem com as ocupações existentes, cabe ressaltar que nesta região o uso industrial é possível em qualquer nível de e esta atividade tem grande potencial para ser desenvolvida no futuro.

Figura 15: Levantamento de ocupação do solo na microbacia do Rio dos Perdidos



Fonte: Autores (2021).

Tendo em vista que as atividades antrópicas promovem alterações dos elementos geossistêmicos, na dinâmica natural e no funcionamento do meio natural, imprimindo transformações na paisagem, sejam elas: econômicas, sociais e/ou políticas (LOPES; GRIGIO, 2019), a próxima etapa é analisar a composição química e microbiológica da água nestas três microbacias.

#### 4.3 ANÁLISE QUÍMICAS

Nas análises dos teores de Manganês (Mn) tiveram um Limite de Detecção de 0,1633 mg/L, enquanto o limite de quantificação foi de 0,5555 mg/L. Os resultados mostram que das 4 amostras analisadas da bacia do Rio Famoso, em relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Mn variaram de 1,05 mg/L a 0,584 mg/L entre setembro e dezembro. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 1,1032 mg/L para 0,6546 mg/L no mesmo período supracitado.

E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 1,1237 mg/L a 0,5745 mg/L. Os resultados que sugerem haver uma variação temporal nos teores

de Mn principalmente da cabeceira do rio para a porção mediana. Do ponto mediano para a jusante houve uma diminuição na maioria das amostras, este fato pode estar correlacionado à quantidade maior de água presente no Ponto 3 fazendo com que a concentração de Mn se dilua da cabeceira do rio para a porção a jusante. Referente à classificação, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 4 (Tabela 4).

Na bacia do Rio Guamirim, os resultados dos teores de Mn mostram que das 4 amostras analisadas, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Mn variaram de 1,6774 mg/L a 0,5629 mg/L entre o mês de setembro e dezembro (Tabela 5). Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 1,4922 mg/L para 0,5258 mg/L no mesmo período. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 1,3931 mg/L a 0,5629 mg/L, resultados que sugerem haver uma diminuição substancial de Mn da cabeceira do rio para a porção a jusante, este fato pode estar correlacionado à maior vazão presente a cada ponto fazendo com que a concentração de Mn se dilua. Referente à classificação, conforme Resolução 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 4 (Tabela 4).

Os resultados dos teores de Mn mostram que das 4 amostras analisadas na bacia do Rio dos Perdidos entre setembro e dezembro, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1) os teores de Mn variaram de 1,1843mg/L a 0,5629 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 1,5252 mg/L para 0,5033 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 1,5632 mg/L a 0,3863 mg/L. Os resultados que sugerem não haver um aumento substancial de Mn da cabeceira do rio para a porção a jusante e que as variações observadas estariam relacionadas a algum fator temporal que pode ser climático ou mesmo variações na emissão de poluentes em função do aumento ou diminuição da atividade industrial na microbacia. Referente à classificação, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 4 (Tabela 4).

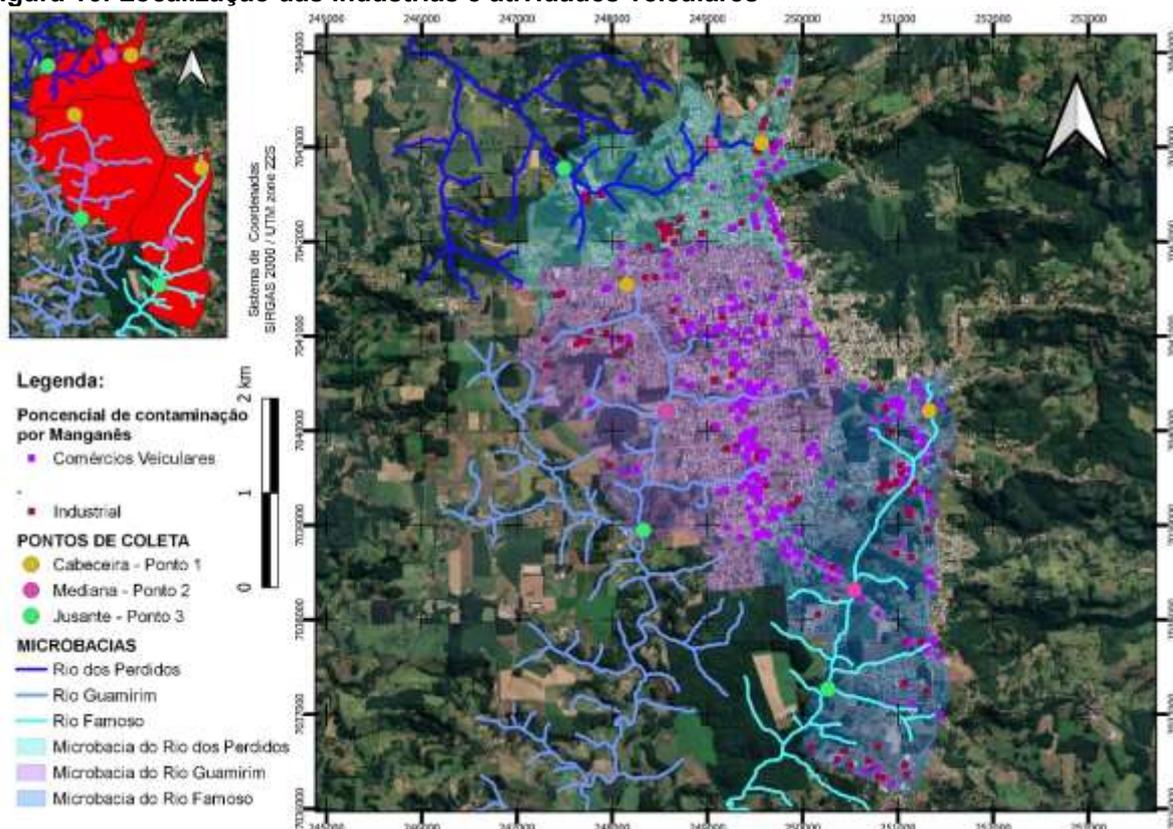
**Tabela 4: Teores de Mn coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local / data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	Média nos Pontos
<b>Rio Famoso</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	0,7325	1,05	0,584	0,7871	0,7884
mediana Ponto 2	1,0596	1,1032	0,6546	0,9998	0,9543
jusante Ponto 3	1,0857	1,1237	0,5745	0,6569	0,8602
<b>Rio Guamirim</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	1,6774	0,6067	0,5629	0,6039	0,94755
mediana Ponto 2	1,4922	0,9138	0,5258	0,7295	0,91532
jusante Ponto 3	1,3931	1,0863	0,4662	0,8446	0,86272
<b>Rio dos Perdidos</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	1,1843	0,5922	0,5629	0,7614	0,77520
mediana Ponto 2	1,5252	0,5033	0,5048	0,6052	0,78463
jusante Ponto 3	1,5632	0,3863	0,4195	0,7693	0,78458
Limite de Detecção 0,1833 mg/L			Limite de quantificação 0,555 mg/L		

Fonte: Autores (2021).

Dessa maneira percebe-se que as maiores variações da concentração de Mn, principalmente do Rio Famoso, encontradas em áreas com as maiores porcentagens de ocupações industriais e comércios com atividades voltadas à manutenção veicular e depósito de resíduos. Como foram analisadas apenas 4 amostras, apurou-se essa pequena variação de forma geral, cabe destacar o ponto mediano do Rio Famoso (Ponto 2) onde se localizam várias indústrias na sua proximidade, como ilustrado na Figura 16.

Figura 16: Localização das indústrias e atividades veiculares



Fonte: Autores (2021).

Nas análises dos teores de Ferro (Fe) tiveram um Limite de Detecção de 0,1867 mg/L, enquanto o limite de quantificação foi de 0,5660 mg/L. Os resultados mostram que das 4 amostras analisadas de ambas as bacias, demonstram que não foi detectado a presença de Fe em nenhum dos pontos coletados. O ferro, assim como o manganês, está presente na natureza na composição do solo de origem do basalto e de forma antrópica suas origens são as mesmas que a do manganês. Referente à classificação, conforme Resolução 357 do CONAMA os nove pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 5).

**Tabela 5: Teores de Fe coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	Média nos Pontos
<b>Rio Famoso</b> ----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	ND	ND	ND	ND	ND
mediana Ponto 2	ND	ND	ND	ND	ND
jusante Ponto 3	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Rio Guamirim</b> ----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	ND	ND	ND	ND	ND
mediana Ponto 2	ND	ND	ND	ND	ND
jusante Ponto 3	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Rio dos Perdidos</b> ----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	ND	ND	ND	ND	ND
mediana Ponto 2	ND	ND	ND	ND	ND
jusante Ponto 3	ND	ND	ND	ND	ND
ND - Não Detectado	Limite de Detecção 0,1867 mg/L		Limite de quantificação 0,560 mg/L		

Fonte: Autores (2021).

Em condições naturais, o Cobre (Cu) é proveniente da erosão do solo, mas também de atividade vulcânica que pode o liberar para a atmosfera, os quais são depois depositados nos solos e água através dos ventos e precipitação. As atividades antrópicas que utilizam e/ou geram o cobre como resíduos são as atividades industriais, principalmente nas indústrias de eletricidade e equipamentos eletrônicos, por causa da sua elevada condutividade, mas também utilizado na mineração e fundição, acabamentos metálicos, galvanização e nas metalúrgicas, tratamento de madeiras, encontrado em aterros, em suinicultura, em pesticidas, em sucatas. Os solos de centros urbanos e industrializados possuem maiores concentrações de cobre (RIBEIRO, 2013).

Nas análises dos teores de Cobre tiveram um Limite de Detecção de 0,0246 mg/L, enquanto o limite de quantificação foi de 0,0746 mg/L. Os resultados mostram que das 4 amostras analisadas da bacia do Rio Famoso, na cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Cu foram apenas detectados e não quantificado em apenas uma amostra. Na parte mediana (Ponto 2) e na parte a jusante (Ponto 3) apenas em 2 amostras foram detectados, mas não quantificado o elemento, o que significa que as concentrações deste elemento no ambiente analisado são muito baixas. Referente à classificação, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA os três pontos estão enquadrados na classe 1 (Tabela 6).

Na bacia do Rio Guamirim, os resultados dos teores de Cu mostram que das 4 amostras analisadas, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Cu não foram detectados. Na parte mediana (Ponto 2) e na parte a jusante (Ponto 3), apenas 2 amostras foram detectadas, mas não quantificadas, resultados que sugerem não haver níveis significativos de Cu no Rio. Referente à classificação, conforme Resolução 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 6).

Os resultados dos teores de Cu mostram que das 4 amostras analisadas na bacia do Rio dos Perdidos, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), a parte mediana (Ponto 2) e a parte a jusante (Ponto 3), os teores de Cu foram apenas detectados em uma amostra e não quantificados, resultados que sugerem não haver níveis significativos de Cu no Rio. Referente à classificação, conforme Resolução 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 6).

**Tabela 6: Teores de Cu coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	Média nos Pontos
<b>Rio Famoso</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	0,0471	ND	ND	ND	0,0471
mediana Ponto 2	0,06	0,0397	ND	ND	0,04985
jusante Ponto 3	0,0692	0,0327	ND	ND	0,05095
<b>Rio Guamirim</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	ND	ND	ND	ND	ND
mediana Ponto 2	ND	0,0514	ND	ND	0,0514
jusante Ponto 3	0,0541	ND	ND	ND	0,0541
<b>Rio dos Perdidos</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	ND	0,052	ND	ND	0,052
mediana Ponto 2	0,0391	ND	ND	ND	0,0391
jusante Ponto 3	0,042	ND	ND	ND	0,042
ND - Não Detectado		Limite de Detecção 0,0246 mg/L		Limite de quantificação 0,0746 mg/L	

Fonte: Autores (2021).

Nas análises dos teores de Sódio (Na) tiveram um Limite de Detecção de 0,1157 mg/L, enquanto o limite de quantificação foi de 0,3508 mg/L. Os resultados mostram que das 4 amostras analisadas da bacia do Rio Famoso, na cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Na variaram de 14,394 mg/L a 9,4986mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 4,1517mg/L para 2,1657 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 2,6195 mg/L a 1,1135

mg/L, resultados que sugerem não haver um aumento substancial de Na da cabeceira do rio para a porção a jusante, mas evidencia uma variação temporal ao longo do período avaliado (Tabela 7). Esta variação possivelmente estaria relacionada a períodos de maior atividade antrópica na bacia ou fator de diluição.

Na bacia do Rio Guamirim, os resultados dos teores de Na mostram que das 4 amostras analisadas, na cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Na variaram de 5,9925 mg/L a 2,8969 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 16,9390 mg/L para 8,7822 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 16,5747 mg/L a 9,6615 mg/L, resultados que sugerem haver um aumento substancial de Na da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 7). Cabe salientar que houve apenas no mês de outubro uma variação menor em praticamente os três pontos comparando com os demais meses de coleta.

Os resultados dos teores de Na mostram que das 4 amostras na bacia do Rio dos Perdidos, na cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Na variaram de 6,6432 mg/L a 3,0342 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 16,5180 mg/L para 9,6198 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 22,3910 mg/L a 15,3318 mg/L, resultados que sugerem haver um aumento substancial de Na da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 7).

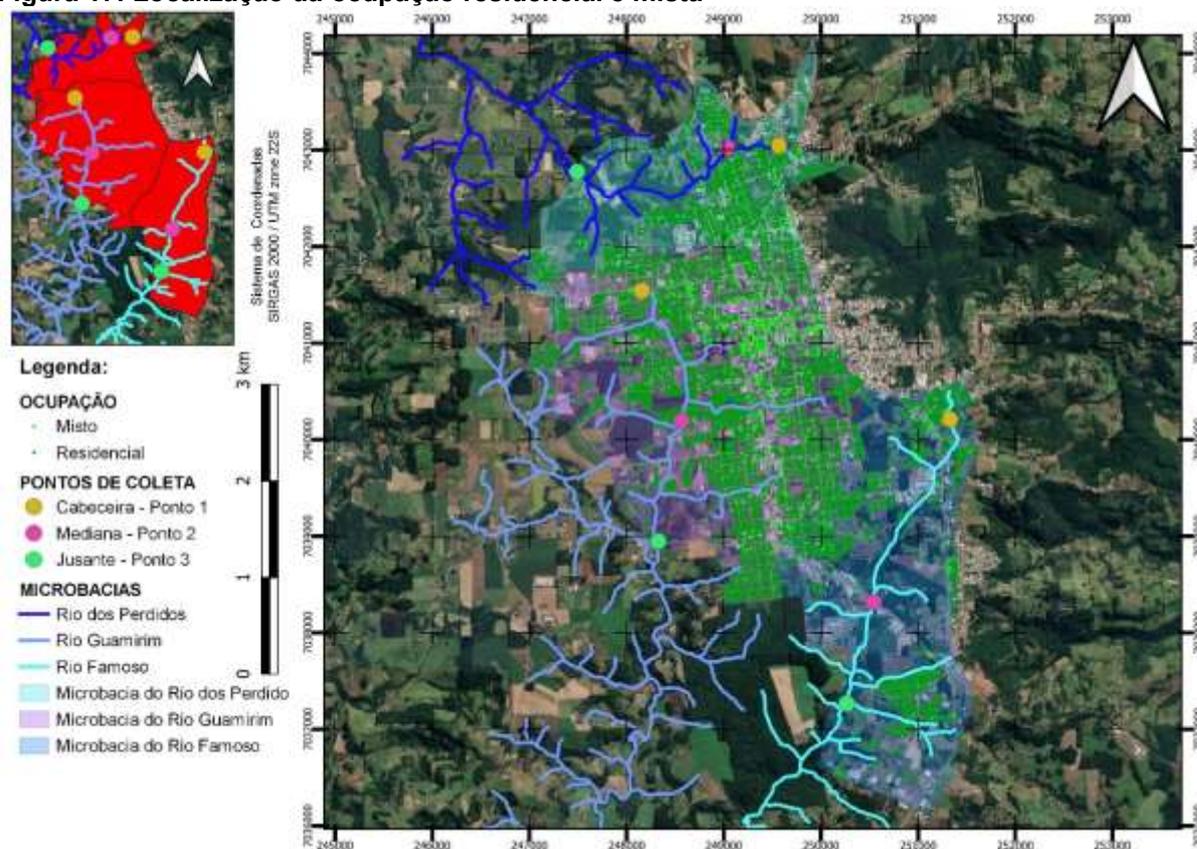
**Tabela 7: Teores de Na coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	Média nos Pontos
<b>Rio Famoso</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	11,516	9,4986	10,08	14,394	11,37215
mediana Ponto 2	4,1517	3,8512	2,9048	2,1657	3,26835
jusante Ponto 3	2,6195	2,0679	1,3924	1,1135	1,798325
<b>Rio Guamirim</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	2,8969	2,9095	4,1441	5,9925	3,98575
mediana Ponto 2	16,4412	8,7822	16,939	14,666	14,2071
jusante Ponto 3	16,5747	9,6615	16,307	16,392	14,7338
<b>Rio dos Perdidos</b>					
	----- mg/L -----				
cabeceira Ponto 1	4,4081	3,0342	6,6432	5,8554	4,985225
mediana Ponto 2	16,518	11,328	9,6198	10,488	11,98845
jusante Ponto 3	22,391	17,513	16,3475	15,3318	17,895825
-----					
Limite de Detecção 0,1157 mg/L			Limite de quantificação 0,3508 mg/L		

Fonte: Autores (2021).

A presença do sódio na água indica processo de salinização, é um metal alcalino mais importante e abundantes águas subterrânea. Pode ser oriundo da contaminação antrópica através de efluentes domésticos, pois este é encontrado comumente nas excreções humanas (FILHO, 2018). Desta forma, comparando resultados das análises de Na com a ocupação do solo, conforme Figura 17 fica evidente que as regiões ao entorno dos pontos de coleta com maior concentração de residências são as que possem os maiores níveis de Na.

**Figura 17: Localização da ocupação residencial e mista**



Fonte: Autores (2021).

Nas análises dos teores de Zinco (Zn) tiveram um Limite de Detecção de 0,0687 mg/L, enquanto o limite de quantificação foi de 0,2083 mg/L. Os resultados mostram que das 4 amostras da bacia do Rio Famoso entre os meses de setembro e dezembro, demonstram que apenas em uma amostra da cabeceira do rio (Ponto 1) e em uma da parte a jusante (Ponto 3) foram detectados a presença de Zn, porém o valor encontrado não foi o suficiente para quantificar a concentração. Nas demais amostras não foram detectados a presença de Zn, podendo assim concluir que não foi detectado a presença de Zn em nenhum dos pontos coletados. Referente à

classificação, conforme Resolução 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 8).

Na bacia do Rio Guamirim, os resultados dos teores de Zn mostram que das 4 amostras analisadas, apenas uma amostra da cabeceira do rio (Ponto 1), uma da parte mediana (Ponto 2) e uma da parte a jusante (Ponto 3) que foram detectados a presença de Zn mas não foi quantificado, nas demais não foram detectados a presença de Zn, demonstrando não haver presença de Zn em nenhum dos pontos coletados. Referente à classificação, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 8).

Os resultados dos teores de Zn mostram que das 4 amostras analisadas na bacia do Rio dos Perdidos, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Zn não foram detectados. Na parte mediana (Ponto 2) e na parte a jusante (Ponto 3), apenas em duas amostras os valores foram detectados, mas não foi quantificado, resultados que sugerem não haver a presença de Zn em nenhum dos pontos coletados. Referente à classificação, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 8).

**Tabela 8: Teores de Zn coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	Média nos Pontos
<b>Rio Famoso</b> ----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	ND	ND	0,1130	ND	0,1130
mediana Ponto 2	ND	ND	ND	ND	ND
jusante Ponto 3	0,0765	ND	ND	ND	0,0765
<b>Rio Guamirim</b> ----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	ND	0,0941	ND	ND	0,0941
mediana Ponto 2	0,0772	ND	ND	ND	0,0772
jusante Ponto 3	0,0795	ND	ND	ND	0,0795
<b>Rio dos Perdidos</b> ----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	ND	ND	ND	ND	ND
mediana Ponto 2	ND	0,0898	ND	ND	0,0898
jusante Ponto 3	ND	0,1261	ND	ND	0,1261
ND - Não Detectado	Limite de Detecção 0,0687 mg/L		Limite de quantificação 0,2083 mg/L		

Fonte: Autores (2021).

O aumento da concentração do Zn no solo, água e ar se dá por algumas atividades antrópicas como atividade mineira, acabamentos metálicos e de fundição, indústria têxtil e de produção de aço, aterros, esgotos, sucatas, combustão de

combustíveis fósseis, equipamentos elétricos e pesticidas (RIBEIRO, 2013), corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carvão e incineração de resíduos (PEREIRA; GARCIA, 2017). Diante dos resultados, se identifica pequenas modificações nos níveis de Zn nos pontos de coleta, o que sugere que as atividades antrópicas não contribuem de maneira considerável para o aumento dos níveis de Zn nos rios analisados.

Nas análises dos teores de Potássio (K) tiveram um Limite de Detecção de 0,0687 mg/L, enquanto o limite de quantificação foi de 0,2083 mg/L. Na bacia do Rio Famoso, os resultados dos teores de mostram que das 6 amostras analisadas, na cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de K variaram de 3,342 mg/L a 2,222 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 1,194 mg/L para 1,661 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 2,128 mg/L a 1,101 mg/L, resultados que sugerem não haver um aumento substancial de K da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 9).

Na bacia do Rio Guamirim, os resultados dos teores de k mostram que das 6 amostras analisadas, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de K variaram de 1,661 mg/L a 1,474 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 5,397 mg/L para 3,155 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 2,969 mg/L a 3,155 mg/L, resultados que sugerem haver um aumento substancial de K da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 9).

Os resultados dos teores de K mostram que das 6 amostras analisadas na bacia do Rio dos Perdidos, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de K variaram de 2,969 mg/L a 1,568 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 2,969 mg/L para 2,222 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 3,903 mg/L a 2,502 mg/L, resultados que sugerem haver um aumento substancial de K da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 9).

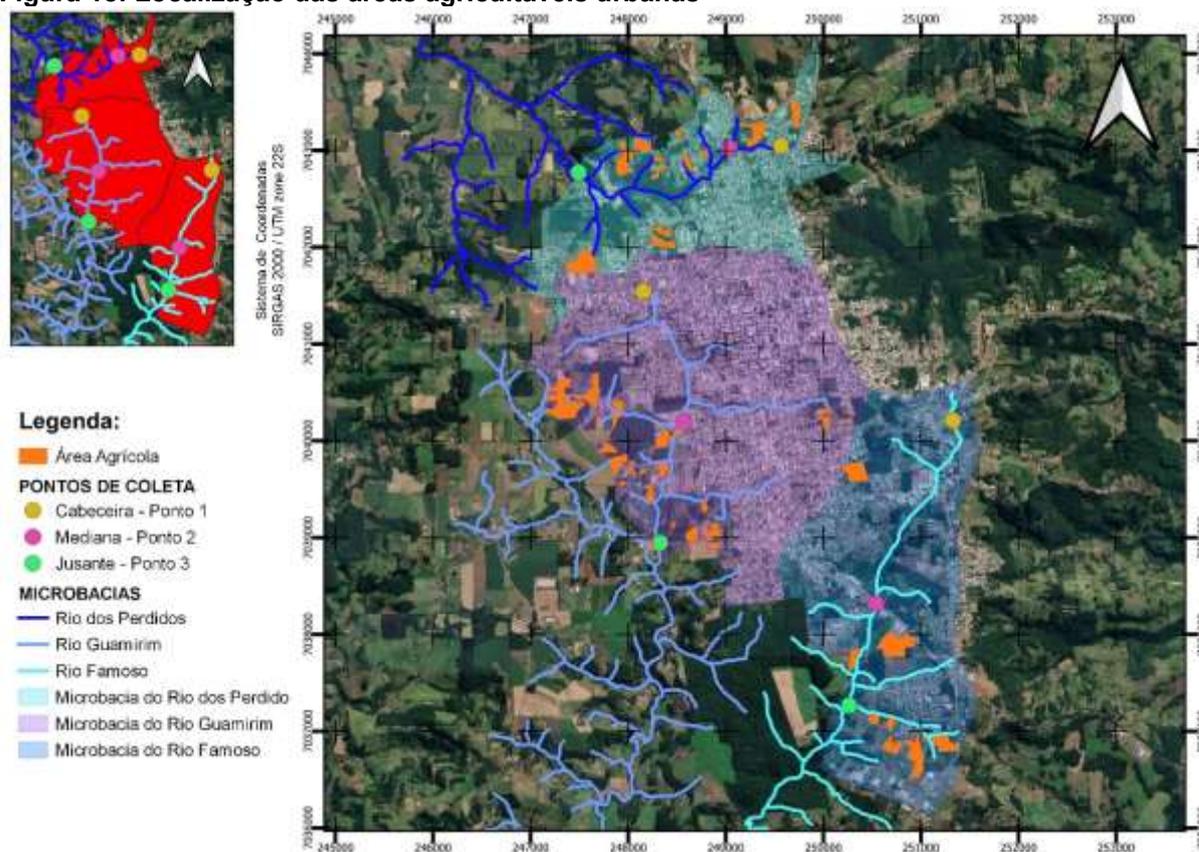
**Tabela 9: Teores de K coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	29/jan	11/fev	Média nos Pontos
<b>Rio Famoso</b> ----- mg/L -----							
cabeceira Ponto 1	2,222	2,688	2,408	2,408	3,342	2,595	2,611
mediana Ponto 2	1,381	1,661	1,288	1,288	1,194	1,288	1,350
jusante Ponto 3	1,101	2,128	1,101	1,101	1,474	1,661	1,428
<b>Rio Guamirim</b> ----- mg/L -----							
cabeceira Ponto 1	1,474	1,568	1,474	1,474	1,661	1,661	1,552
mediana Ponto 2	4,276	3,436	3,342	3,342	5,397	3,155	3,825
jusante Ponto 3	3,996	3,436	3,155	3,155	3,716	2,969	3,404
<b>Rio dos Perdidos</b> ----- mg/L -----							
cabeceira Ponto 1	1,661	1,568	2,035	2,035	2,969	1,941	2,035
mediana Ponto 2	2,782	2,502	2,315	2,315	2,969	2,222	2,517
jusante Ponto 3	3,903	2,782	2,782	2,782	2,595	2,502	2,891

Fonte: Autores (2021).

O aumento das concentrações deste metal alcalino de maneira antrópica é dado pela utilização na indústria e na agricultura (PIRATOBA *et al.*, 2017), devido ao escoamento agrícola dos fertilizantes, podendo contaminar os recursos hídricos. Sendo assim percebe-se que nos pontos mediano e jusante do Rio Guamirim, são os que possuem maiores níveis de K, já no Rio dos Perdidos existe uma variação no ponto a jusante, isso pode ser justificado fato de haverem áreas de cultivo agrícola na área urbanizada, o caso da microbacia do Rio Guamirim e próximo a área urbanizada da microbacia do Rio dos Perdidos conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18: Localização das áreas agricultáveis urbanas



Fonte: Autores (2021).

Os resultados dos teores de Cálcio e Magnésio (Ca+Mg) mostram que das 6 amostras analisadas da bacia do Rio Famoso, cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Ca+Mg variaram de 69,00 mg/L a 42,00 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 45,00 mg/L para 40,00 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 21,00 mg/L a 23,00 mg/L (Tabela 10), resultados que sugerem não haver um aumento substancial de Ca+Mg da cabeceira do rio para a porção a jusante.

Na bacia do Rio Guamirim, os resultados dos teores de Ca+Mg mostram que das 6 amostras analisadas, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de Ca+Mg variaram de 33,00 mg/L a 19,00 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 56,00 mg/L para 39,00 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 57,00 mg/L a 51,70 mg/L (Tabela 10), resultados que sugerem haver um aumento substancial de Ca+Mg da cabeceira do rio para a porção a jusante.

Os resultados dos teores de Ca+Mg mostram que das 6 amostras analisadas na bacia do Rio dos Perdidos, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de

Ca+Mg variaram de 65,00 mg/L a 52,00 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 62,00 mg/L para 48,70 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 82,00 mg/L a 56,90mg/L (Tabela 10), resultados que sugerem haver um aumento substancial de Ca+Mg da cabeceira do rio para a porção a jusante.

**Tabela 10: Teores de Ca+Mg coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	29/jan	11/fev	Média nos Pontos
<b>Rio Famoso</b> ----- mg/L -----							
cabeceira Ponto 1	60,000	61,000	69,000	69,000	42,000	54,700	59,283
mediana Ponto 2	40,000	42,000	45,000	45,000	45,000	40,800	42,967
jusante Ponto 3	22,000	21,000	23,000	23,000	23,000	21,400	22,233
<b>Rio Guamirim</b> ----- mg/L -----							
jusante Ponto 3	56,000	57,000	56,000	56,000	53,800	51,700	55,083
mediana Ponto 2	56,000	54,000	55,000	55,000	39,000	52,400	51,900
cabeceira Ponto 1	29,000	29,000	33,000	33,000	19,000	30,000	28,833
<b>Rio dos Perdidos</b> ----- mg/L -----							
cabeceira Ponto 1	65,000	52,000	61,000	61,000	61,400	57,000	59,567
mediana Ponto 2	60,000	62,000	60,000	60,000	48,700	56,000	57,783
jusante Ponto 3	82,000	69,000	75,000	75,000	56,900	70,000	71,317

Fonte: Autores (2021).

A concentração de Cálcio e Magnésio representa a dureza da água (Tabela 10), é a concentração de cátions multimetálicos em solução, os cátions frequentemente associados à dureza são cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), e em menor escala ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) (PIRATOBA *et al.*, 2017). Pode ser influenciada pela geologia da bacia de drenagem através da dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, como as rochas calcárias, e por atividades antrópicas através de despejos industriais (SPERLING, 2005).

Os resultados dos teores de Sólidos dissolvidos Totais (SdT) mostram que das 6 amostras analisadas da bacia do Rio Famoso, na cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de SdT variaram de 300,00 mg/L a 0,00 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 100,00 mg/L para 0,00 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 1,00 mg/L a 0,00 mg/L, resultados que sugerem não haver um aumento substancial de SdT da cabeceira do rio para a porção a

jusante. Referente à classificação, conforme Resolução 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 11).

Na bacia do Rio Guamirim, os resultados dos teores de SdT mostram que das 6 amostras analisadas, com relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de SdT variaram de 100,00 mg/L a 0,00 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 300,00 mg/L para 0,00 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 300,00 mg/L a 0,00 mg/L, resultados que sugerem haver um aumento substancial de SdT da cabeceira do rio para a porção a jusante.

Os resultados dos teores de SdT mostram que das 6 amostras analisadas na bacia do Rio dos Perdidos, na cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de SdT variaram de 200,00 mg/L a 0,00 mg/L. Na parte mediana (Ponto 2), os valores variaram de 200,00 mg/L para 0,00 mg/L. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os valores variaram de 200,00 mg/L a 0,00 mg/L, resultados que sugerem não haver um aumento substancial de SdT da cabeceira do rio para a porção a jusante. Referente à classificação, conforme Resolução 357 do CONAMA os três pontos se enquadram na classe 1 (Tabela 11).

**Tabela 11: Teores de sólidos totais coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	29/jan	11/fev
<b>Rio Famoso</b>	----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	0,00	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mediana Ponto 2	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jusante Ponto 3	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>Rio Guamirim</b>	----- mg/L -----					
jusante Ponto 3	0,00	200,00	0,00	0,00	300,00	0,00
mediana Ponto 2	0,00	300,00	0,00	0,00	100,00	0,00
cabeceira Ponto 1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Rio dos Perdidos</b>	----- mg/L -----					
cabeceira Ponto 1	0,00	200,00	0,00	0,00	200,00	0,00
mediana Ponto 2	0,00	200,00	0,00	0,00	100,00	0,00
jusante Ponto 3	0,00	200,00	0,00	0,00	100,00	0,00

Fonte: Autores (2021).

A variação entre os resultados das amostras podem estar associados aos dias chuvosos em que foram efetuadas as coletas, ao analisar as últimas 24 que antecederam as coletas, segundo dados pluviométricos da Epagri - Empresa de

Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2020), nos dias 09/09/2019, 03/12/19 e 11/02/20 não houve incidência de chuva, porém, no dia 08/10/19 teve uma precipitação de 0,2mm, dia 10/11/19 teve uma precipitação de 21mm e no dia 29/01/02 de 43,4mm.

No dia 8/10/19 chama a atenção o fato de haver teores de sólidos totais dissolvidos nas amostras e com uma baixa precipitação, porém ao analisar as últimas 72 horas anteriores percebe-se que houve uma precipitação de 27,8mm o que pode ter influenciado neste resultado. Do mesmo modo no dia 10/11/19 em que houve precipitação nas 24 horas antecedentes, porém ocorreu durante as coletas, e ao analisar as últimas 72 horas teve apenas 2,4mm de precipitação, sendo em pequena quantidade não ocorrendo lixiviação do solo.

#### 4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Conforme resultados das 12 análises, os resultados apontam para a confirmação da contaminação das três bacias urbanas em estudos. Nestas análises foram investigadas a presença ou não da bactéria *Escherichia coli* (*E.coli*), que é o principal representante dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (BRASIL, 2005).

Os resultados mostram que nas 12 coletas na bacia do Rio Famoso, em relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de coliformes variaram de <30 a  $\geq 24.000$  em 100ml de água. Na parte mediana (Ponto 2), os teores de coliformes variaram de <30 a 430 em 100ml de água. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os teores de coliformes variaram de <30 a 11.000 em 100ml de água. Esses resultados sugerem haver um aumento substancial de coliformes da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 12). Conforme Resolução n.º 357 do CONAMA, das 12 amostras coletadas na cabeceira, 33% podem ser classificadas como classe 2 tendo então pouco impacto antrópico, no ponto mediano 75% como classe 1 tendo então baixo impacto antrópico, à jusante 42% como classe 2 tendo então pouco impacto antrópico.

Resultados mostram que das 6 amostras coletadas na bacia do Rio Guamirim, em relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de coliformes variaram

de <30 a 40 em 100ml de água. Na parte mediana (Ponto 2), os teores de coliformes variaram de >30 a  $\geq 24.000$  em 100ml de água. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os teores de coliformes variaram de >30 a  $\geq 24.000$  em 100ml de água, resultados que sugerem que há um aumento substancial de coliformes da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 12).

Conforme Resolução n.º 357 do CONAMA, das 12 amostras coletadas na cabeceira, 100% das amostras foram classificadas como classe especial, sendo então considerada como sem impacto antrópico, no ponto mediano 75% como classe 4 considerado com alto impacto antrópico, à jusante 33% podem ser classificadas como classe 2 e outros 33% como classe 4, com este empate, prevalecerá a mais restritiva sendo então considerado com alto impacto antrópico.

Os resultados mostram que nas 12 amostras coletadas na bacia do Rio dos Perdidos, em relação a cabeceira do rio (Ponto 1), os teores de coliformes variaram de <30 a  $\geq 24.000$  em 100ml de água. Na parte mediana (Ponto 2), os teores de coliformes variaram de <30 a  $\geq 24.000$  em 100ml de água. E por último, na parte a jusante (Ponto 3), os teores de coliformes variaram de <30 a  $\geq 24.000$  em 100ml de água, resultados que sugerem que há um aumento substancial de coliformes da cabeceira do rio para a porção a jusante (Tabela 12). Conforme Resolução 357 do CONAMA, das 12 amostras coletadas na cabeceira, 50% podem ser classificadas como classe 1 tendo então baixo impacto antrópico, no ponto mediano 50% como classe 4 tendo então alto impacto antrópico, à jusante 42% como classe 2 tendo então pouco impacto antrópico.

**Tabela 12: Teores de coliformes termotolerantes coletados em diferentes pontos dos Rios Famoso, Guamirim e dos Perdidos**

Local/ data de coleta	09/set	08/out	10/nov	03/dez	29/jan	11/fev	11/mar	28/abr	25/mai	24/jun	29/jul	17/ago
	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
<b>Rio Famoso</b> ----- mg/L -----												
cabeceira Ponto 1	1.200	4.600	2.400	<30	≥24.000	280	<30	110	750	930	930	11.000
mediana Ponto 2	90	430	150	<30	<30	<30	<30	<30	230	150	150	430
jusante Ponto 3	1.500	930	230	11.000	<30	280	<30	<30	90	2.400	430	930
<b>Rio Guamirim</b> ----- mg/L -----												
cabeceira Ponto 1	40	40	40	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
mediana Ponto 2	≥24.000	≥24.000	110	≥24.000	<30	≥24.000	<30	4.600	≥24000	≥24000	11.000	21.000
jusante Ponto 3	11.000	930	110	≥24.000	<30	2.100	2.400	230	≥24000	11.000	750	210
<b>Rio dos Perdidos</b> ----- mg/L -----												
cabeceira Ponto 1	930	40	110	75	<30	750	<30	1.500	2.400	≥24000	4.600	40
mediana Ponto 2	≥24.000	11.000	11.000	<30	<30	11.000	430	2.400	≥24000	4.600	750	≥24000
jusante Ponto 3	≥24.000	1.500	1.500	<30	280	2.100	430	2.400	210	430	4.600	430

Fonte: Autores (2021).

Com as 12 coletas os resultados de coliformes termotolerantes, o Rio Famoso se classificou da seguinte forma, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA: das 36 amostras coletadas nestes três pontos, 44% podem ser classificadas como classe 1, 33% como classe 2, 11% como classe 3 e 11% como classe 4, de forma geral, este rio pode ter seu nível como baixo impacto antrópico.

Para o Rio Guamirim, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA, das 36 amostras coletadas nestes três pontos, 47% podem ser classificadas como classe 1, 11% como classe 2, 6% como classe 3 e 36% como classe 4, desta forma considera-se, de forma geral, o nível de impacto antrópico como alto. Tornando esta microbacia a que recebe maior impacto das atividades antrópicas, justificada pelo fato de ser a com maior extensão, maior quantidade de edificações e mais populosa. Consequência do início da urbanização ser em seu território, e que ocorreu de maneira não planejada.

No Rio dos Perdidos, conforme Resolução n.º 357 do CONAMA, das 36 amostras coletadas nestes três pontos, 25% podem ser classificadas como classe 1, 28% como classe 2, 19% como classe 3 e 28% como classe 4, de forma geral, este rio pode ter seu nível como baixo impacto antrópico.

Os dados demonstram que os mananciais hídricos estão contaminados com material fecal porque a presença de Coliformes Termotolerantes são bioindicadores usados para demonstrar esse tipo de contaminação.

#### 4.5 ANÁLISE MULTIVARIADA POR COMPONENTES PRINCIPAIS

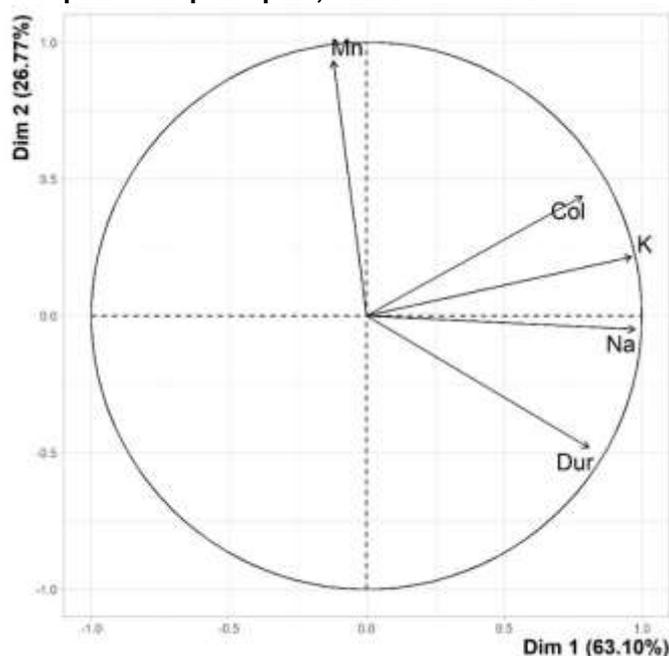
Análise de Componentes Principais (ACP) envolve um procedimento matemático que transforma um determinado número de variáveis possivelmente correlacionadas em um número menor de variáveis não correlacionadas denominadas componentes principais (LOESCH, 2012).

Com exceção dos elementos Cu, Zn e Fe que, em grande parte das amostras, não chegaram a ser quantificados em virtude dos baixos teores nas amostras, os resultados das análises químicas e microbiológicas foram submetidos a uma análise de componentes principais e observou-se que apenas dois componentes explicaram 89,85% da variância dos dados (Gráfico 4). As baixas concentrações dos elementos supracitados nas amostras sugerem que a atividade industrial, responsável pela maior contaminação da água com estes elementos, não apresenta um papel tão representativo nas bacias analisadas.

Quanto ao impacto das atividades humanas, principalmente em relação à contaminação substâncias orgânicas, foi observado uma elevada correlação entre os elementos K, Na, a dureza (Dur) e os coliformes (Col) (Gráfico 4). É importante destacar que estes elementos possuem uma elevada correlação entre si, pode-se sugerir que a origem seja a mesma, pois se a origem fosse distinta, não haveria uma correção. Os parâmetros de Na, a dureza (Dur) e os coliformes (Col) estão estreitamente relacionados à contaminação por atividade antrópica existentes na bacia, ou seja, descarte de uso sanitários.

Como relatado anteriormente, as origens de K podem estar relacionadas às áreas agricultáveis que estão inseridas em todas as microbacias, principalmente no rio Guamirim e Rio Famoso. As concentrações de Na e Col, por sua vez, podem ser oriundas de efluentes domésticos, uma vez que a ocupação predominante das microbacias é residencial. No que se refere à dureza, este se relaciona com as características geológicas das microbacias, pois em todos os pontos de coleta mantiveram valores aproximados, com exceção do ponto a jusante do rio dos Perdidos que ficou acima da média, podendo estar relacionado com o fato de existir uma pedreira e fábrica de concreto bem próximo a este.

**Gráfico 4: Análise de componentes principais, dimensões 1 e 2**



Fonte: Autores (2021).

Em relação às microbacias analisadas, foi possível observar que a bacia do rio Guamirim, nas porções medianas e a jusante (Gua\_2 e Gua\_3) (Gráfico 5), apresentaram elevada similaridade em relação aos parâmetros analisados. Mesmo comportamento apresentado pelas porções medianas e a jusante da bacia do Rio dos Perdidos (Per\_2 e Per\_3). O fato destes quatro pontos se encontrarem posicionados da porção positiva da Dim 1, sugere-se que são locais que apresentam maiores concentrações dos elementos K e Na e dos parâmetros Col e Dur Gráfico 5).

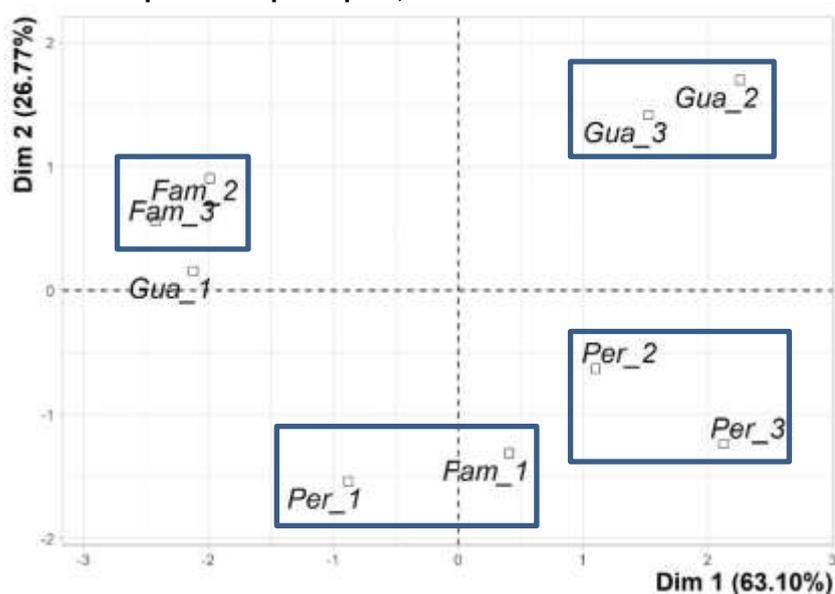
Outro fato que pode ser levado em consideração nessa análise é que esses pontos possuem uma área de contribuição bem maior que os demais, ou seja, os pontos medianos (Gua\_2 e Per\_2) além da sua área de abrangência abrangem toda a área dos pontos das cabeceiras Gua\_1 e Per\_1). Por conseguinte, os pontos a jusante (Gua\_3 e Per\_3) sua área de contribuição abrange toda área acima de sua microbacia. Isso reflete diretamente, pois conforme as áreas de abrangência aumentam, a concentração populacional aumenta o que pode aumentar o lançamento de efluentes domésticos nestes pontos analisados, fazendo com que eles possuam essa similaridade.

As porções mediana e a jusante da microbacia do Rio Famoso (Fam\_2 e Fam\_3) (Gráfico 5) também apresentaram elevada semelhança em relação aos

parâmetros avaliados. Entretanto, o fato destes dois pontos de coleta terem se posicionado na porção negativa da Dim 1, sugere que os referidos pontos são locais de baixo impacto antrópico, especialmente a aqueles relacionados aos teores de K, Na, Dur e Coliformes. Mesmo comportamento foi apresentado pelas águas da cabeceira do Rio Guamirim (Gua\_1) (Gráfico 5).

Neste sentido, os índices de Coliformes (Col) e Na, nos Pontos Fam\_2 e Gua\_1 são os menores entre todos os analisados e estão com valores próximos. Da mesma maneira, os índices de K e Dureza entre os Pontos Fam\_2, Fam\_3 e Gua\_1 estão próximos e possuem os menores índices entre todos os analisados.

**Gráfico 5: Análise de componentes principais, dimensões 1 e 2**



Fonte: Autores (2021).

Em relação a componente 2 (Dim2), o elemento que esteve mais associado a este foi o Mn. Em relação a este elemento, as águas dos pontos medianos e a jusante das microbacias do Rio Guamirim (Gua\_2 e Gua\_3) e do Rio Famoso (Fam\_2 e Fam\_3), bem como as cabeceiras dos Rios dos Perdidos e do Famoso (Per\_1 e Fam\_1) e pontos medianos e a jusante do Rio dos Perdidos (Per\_2 e Per\_3), apresentaram comportamento antagônico. Enquanto os Pontos Gua\_2, Gua\_3, Fam\_2 e Fam\_3 se posicionaram na porção positiva da Dim 2, sugerindo teores mais elevados de Mn, os pontos localizados na cabeceira do Rio Famoso e os outros pontos do Rio dos Perdidos se posicionaram na porção negativa desta, sugerindo menores teores deste elemento e, conseqüentemente, menor impacto de atividades que promovem aporte deste elemento no meio ambiente.

Evidencia-se desta forma, que os locais com maior ocupação por indústrias e atividades econômicas do ramo veicular, podem estar impactando nessas águas. Relacionando a ocupação existente, os Pontos Fam\_2, Fam\_3, Gua\_1, Gua\_2 e Gua\_3 que possuem índices de Mn próximos possuem em suas áreas de contribuições quantidade de indústrias e atividades econômicas do ramo veicular maior que nas áreas de contribuição dos Pontos Fam\_1, Per\_1, Per\_2 e Per\_3.

## 5. CONCLUSÃO

Em valores absolutos, em todas as microbacias hidrográficas analisadas (Rios Guamirim, Dos Perdidos e Famoso), a ocupação predominante foi a residencial, seguida da comercial e da industrial em terceiro lugar. Porém, entre as microbacias, a bacia que apresentou maior percentual de edificações residenciais foi a do Rio das edificações; a bacia do Rio Guamirim foi a que apresentou maior porcentagem de edificações comerciais e a bacia do Rio Famoso maior porcentagem de edificações industriais.

O nível de contaminação das águas variou entre as microbacias analisadas. A bacia que possui o maior impacto antrópico foi a microbacia do Rio Guamirim, podendo estar relacionado ao maior número de edificações e população residente neste território. Já as outras microbacias do Rio dos Perdidos e do Rio Famoso possuem baixo impacto antrópico e possuem uma realidade diferente da relatada na microbacia do Rio Guamirim.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A delimitação das microbacias hidrográficas dos Rios Guamirim, dos Perdidos e Famoso no município de São Miguel do Oeste, SC elaborada por meio de ferramentas de geoprocessamento, deu base para todas as análises referente à ocupação do solo e população. Percebeu-se que a microbacia do Rio Guamirim ocupa a maior parte da área em estudo, cerca de 45,88%. Em segundo lugar, ocupando cerca de 33,34% a microbacia do Rio Famoso, sendo a Microbacia do Rio dos Perdidos ocupa 20,78% da área em estudo.

A pesquisa constatou que a ocupação do solo está de certa forma condizente com a legislação municipal, porém, cabe salientar que esta legislação data de 2011, portanto, pode ter se adequadado à realidade existente na época de sua elaboração, não sendo fruto de um planejamento urbano consciente iniciado com a colonização da cidade na década de 40. Ficou evidente que conforme a expansão urbana ocorreu ao longo das décadas, estas áreas foram sendo ocupadas por edificações e estas por atividades e/ou habitantes, o que resulta em uma maior concentração populacional nas áreas mais antigas.

Este fato está relacionado também com diferentes fases econômica ao qual o país, estado, região e município passaram ao longo da sua história. Fazendo com que em cada uma dessas fases aumentasse a quantidade e tipologia de atividades no município, e conseqüentemente atraindo mais pessoas para residirem na área urbanizada, que por sua vez, não possuía uma infraestrutura, principalmente de coleta e tratamento de esgoto adequado para suprir as demandas.

As conseqüências destes fatos fizeram com que os rios dessas microbacias, onde a área urbana está inserida, sofram os reflexos antrópicos. Perceptivelmente as microbacias com urbanização mais antiga são as que mais sofrem com os impactados das atividades antrópicas que ocorrem no território.

A partir do momento que as atividades antrópicas descaracterizam as propriedades físico-química-biológica das águas, a destinação de uso destas podem ser alteradas, podendo inclusive tornarem impróprias para qualquer tipo de uso. Desta forma, o impacto na economia, saúde, bem estar, qualidade de vida e ambiental (homem, animais e plantas) podem sofrer danos em diferentes escalas, alguns até irreversíveis.

Com os resultados, foi possível perceber que realmente existem relações dos poluentes encontrados nas amostras com as atividades antrópicas. Alguns não foram detectados, porém caso houvesse o resultado de todas as amostras a realidade seria outra. Pois nas 4 primeiras coletas, houve apenas em uma a interferência da chuva, que é responsável pelo processo de escoamento de poluentes do solo, oriundos de atividades antrópicas, escoando-os para os rios. Toda via, essas amostras foram analisadas todos os componentes propostos na pesquisa e utilizados para a análise de componentes principais, que resultou em caracterização de cada ponto de coleta.

Estas constatações são de suma importância para o desenvolvimento do município, diante das consequências ambientais, saúde da população, que esses impactos causam para a vida de animais que dependem desta água para sobreviver, das pessoas que acabam tendo contato com a água provocando inúmeras doenças e necessitando de suporte médico. Diante destes fatos, o município é prejudicado economicamente, pois precisa investir mais na área da saúde, agricultores precisam buscar água de qualidade para manter suas atividades, assim como setores industriais são impedidos de utilizar esta água em qualquer processo.

Como sugestões futuras, poderia ser analisado os casos de doenças causadas por água contaminada, mapeando as ocorrências e fazendo o cruzamento desta informação com análises químicas e microbiológicas destes 9 pontos de coleta. Outra possibilidade de pesquisa, seria identificar as regiões da cidade que possuem maiores cargas de poluentes através de análises das águas coletadas na rede pluvial.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Eliseu; SOUZA, Geraldo Silva; MARRA, Renner. Êxodo E Sua Contribuição À Urbanização. **Revista de Política Agrícola**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 80–88, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2007. (Caderno de recursos hídricos v. 5). Disponível em: [http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DO\\_ENQUADRAMENTO.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf). Acesso em: 24/05/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Cuidando das Águas: soluções para melhorar a qualidade**. Brasília, DF: ANA, 2013a. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2489>. Acesso em: 17/05/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013**. Brasília, DF: ANA, 2013 b. Disponível em: [https://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite\\_relatorioConjuntura/rojeto/index.html](https://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/rojeto/index.html). Acesso em: 24/05/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: [https://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite\\_relatorioConjuntura/rojeto/index.html](https://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/rojeto/index.html). Acesso em: 12/12/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Portal da qualidade das águas. Enquadramento - bases conceituais**. [20--]. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>. Acesso em: 30/06/2020.

ANDRADE, Aparecido Ribeiro De; FELCHAK, Ivo Marcelo. A Poluição Urbana e o Impacto na Qualidade da Água do Rio das Antas - Irati/PR. **Geoambiente On-line**, Jataí-GO, v. 0, n. 12, p. 108–132, 2009.

ANGÉLICA, Maria; COSTA, Maciel. Da lama ao caos: um estuário chamado Baía de Guanabara. **Cadernos Metrópole**, [S. l.], v. 17, n. 33, p. 15–39, 2015.

APHA; AWWA; WPCF. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association. **American Public Health Association, Washington**, [S. l.], 2005.

BAVARESCO, Paulo Ricardo. **Ciclos Econômicos Regionais - modernização e empobrecimento no Extremo Oeste catarinense**. Chapecó: Argos, 2005.

BONA, Avelino De. **Evolução Histórica de São Miguel do Oeste - SC: Edição Comemorativa do Cinquentenário do município (1954 – 2004)**. São Miguel do Oeste: McLee, 2004.

BRASIL. Decreto-lei nº 7.841 de 8 de agosto de 1945. Institui o Código de Águas Minerais. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 13689, 20 ago.1945. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del7841.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del7841.htm). Acesso em: 5 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 119, n.167. p. 16509, 02 set. 1981. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm) Acesso em:15 mar. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 124, n. 31, p. 2548-2549, 17 fev. 1986. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=745](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745) . Acesso em: 15 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6-8, p. 470, 09 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em:15 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 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. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 053, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450) . Acesso em: 15 abr. 2020.

CARR, Geneviève M.; NEARY, James P. **Water Quality for Ecosystem and Human Health**. 2ª ed. Ontario: United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System/Water Programme, 2008.

CARVALHO, Glauca Lemes; SIQUEIRA, Eduardo Queija. Qualidade da Água Do Rio Meia Ponte no Perímetro Urbano do município de Goiânia - Goiás. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 19–33, 2011.

CHUPIL, Henrique. **Acidentes ambientais e planos de contingência**. Cu: InterSaberes, 2014.

D'AGUILA, Paulo Soares. *et al.* Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do município de Nova Iguaçu. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 791–798, 2000.

DEÁK, Csaba. **Em busca das categorias da produção do espaço**. São Paulo: Annablume, 2016.

DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos. **O Processo de Urbanização no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2020. Disponível em: [https://circam.epagri.sc.gov.br/circam\\_arquivos/site/doc310\\_bd\\_epagri.pdf](https://circam.epagri.sc.gov.br/circam_arquivos/site/doc310_bd_epagri.pdf). Acesso em: 20 jul. 2020.

ESPINDOLA, Haruf Salmen; NODARI, Eunice Sueli. Rio Doce : riscos e incertezas a partir do desastre de Mariana ( MG ). **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 39, nº 81, p. 141-162, 2019.

FARIA, Rita; PEDROSA, António. Impactos da Urbanização na Degradação do solo urbano e sua relação com o incremento de inundações urbanas em Santa Maria da Feira. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAND DEGRADATION AND DESERTIFICATION, 2005, Uberlandia. **Anais [...]**. Uberlândia: União Geográfica e COMLAND, 2005 p. 12.

FILHO, Valmor José Freddo. **Qualidade Das Águas Subterrâneas Rasas Do Aquífero Barreiras: Estudo De Caso Em Benevides - PA**. 2018. 112f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10585#:~:text=O%20pH%20variou%20de%204,02%20mg%2FL%2C%20respectivamente>. Acesso em: 12 ago. 2019.

FONTOURA, Leandro Nazareth Jerônimo. Planejamento urbano-ambiental : o uso e ocupação do solo no Distrito Federal. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 01, 2013.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltados para análises de águas e esgotos sanitário e industrial**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. p. 110.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GORSKI, Maria Cecília Barvieri. **Rios e Cidades: rupturas e reconciliação**. São Paulo: Editora Sesc São Paulo, 2010. 330p.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista Da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

HABERLAND, Nara Tudela. *et al.* Análise Da Influência Antrópica Na Qualidade Da Água Do Trecho Urbano Do Rio Das Antas Na Cidade De Irati , Paraná. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 21, p. 53–67, 2012.

HADDAD, Eduardo Abjoud; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, carste do alto São Francisco, Minas Gerais. **Geosul**, [S. l.], p. 79–102, 2010.

HEATHCOTE, Isobel W. **Integrated Watershed Management: Principles and Practice**. 2. ed. New Jersey: John Willey & Sons, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico Brasileiro 1950/2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019a. Disponível em: <https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=CD91>. Acesso em: 21 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: Gráfica Digital, 2010. Disponível em: <http://antarakepri.com/berita/29665/kawasan-perdagangan-bebas-batam-belum-dukung-ukm>. Acesso em: 21 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-2020-censo4.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 21 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cadastro Central de Empresas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/993>. Acesso em: 21 jul. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil - Explore os indicadores**. 2021. Disponível em:  
<https://www.painelsaneamento.org.br/explore/localidade?SE%5BI%5D=42>. Acesso em: 11 set. 2021.

LEE, Kil Seong; CHUNG, Eun Sung. Development of integrated watershed management schemes for an intensively urbanized region in Korea. **Journal of Hydro-Environment Research**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 95–109, 2007.

LOESCH, Cláudio. **Métodos estatísticos multivariados**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. Disponível em:  
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788502146105>. Acesso em: 15 set. 2019.

LOPES, Débora Nogueira; GRIGIO, Alfredo Marcelo. Multitemporal analysis of the land use and occupation of the city of Tibau - RN over the years 1999, 2006 and 2016. **Anuário do Instituto de Geociências**, [S. l.], v. 42, n. 3, p. 599–608, 2019.

MAZIERO, Celi. **Expansão Urbana do município de São Miguel do Oeste – SC, Num Contexto Social, Geomorfológico e Expansão Urbana do município de São Miguel do Oeste – SC**. 2018. 99f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3706>. Acesso em: 22 ago. 2019.

MOLFI, Paulo Roberto. **A urbanização e os impactos ambientais em Palmas: o caso do Jardim Aurenny III**. 2009. 130f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em:  
<https://repositorio.unb.br/handle/10482/4495>. Acesso em: 22 ago. 2020.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2003.

PEREIRA, Ana Carolina Amaral; GARCIA, Marcelo Loureiro. DISPOSIÇÃO DE LODO DE ETE DE INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA NO SOLO: EFEITOS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA. **Geociências**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 275–283, 2017.

PEREIRA JÚNIOR, José de Sena. Recursos Hídricos - Conceituação Disponibilidade e Usos. **Consultoria Legislativa - Câmara dos Deputados**, [S. l.], p. 24, 2004.

PILAR, Gustavo. *et al.* **DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE ASPECTOS AMBIENTAIS GERAIS DO RIO GUAMERIM NO ESPAÇO URBANO DE SÃO MIGUEL DO OESTE-SC**. São Miguel do Oeste: Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2009.

PIRATوبا, Alba Rocio Aguilar. *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 435–456, 2017. ISSN: 1980-993X. DOI: 10.4136/ambi-agua.1910.

PIROLI, Edson Luís. **Introdução ao Geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. ISSN: 1098-6596.

PRIORI, Angelo. *et al.* A modernização do campo e o êxodo rural. *In: História do Paraná: séculos XIX e XX*. Maringá: Eduem, 2012. p. 115–127.

REIS FILHO, Nestor Goulart. **Contribuição ao estudo da evolução urbana do Brasil (1500-1720)**. São Paulo: Pioneira, 1968.

RIBEIRO, M. **Contaminação do solo por metais pesados**. 2013. 249f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Gestão e Ordenamento Ambiental) – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2013. Disponível em:  
<https://recil.grupolusofona.pt/bitstream/10437/4770/1/TeseFinalMarcosRibeiro27-01-14.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

ROLNIK, Raquel. **O que é cidade**. 4. ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.

SAID, A. *et al.* Exploring an innovative watershed management approach: From feasibility to sustainability. **Energy**, [S. l.], v. 31, n. 13, p. 2373–2386, 2006.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental - conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, Rozely Ferreira Dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. v. 184

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo. Razão e Emoção**. Editora Universidade, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, Milton. **A Urbanização Brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2013.

SÃO MIGUEL DO OESTE [Plano Diretor]. **Lei Complementar nº 002 de 22 dez. de 2011**. Dispõe sobre normas relativas ao plano diretor do município de São Miguel do Oeste, estado de Santa Catarina e dá outras providências. São Miguel do Oeste: Câmara Municipal, 2011.

SHIKLOMANOV, Igor A. **World fresh water resources**. Paris: Unesco, 1998.

SOUZA, Gisele De. *et al.* Avaliação da qualidade da água no Rio Inferninho em Santa Catarina e proposta de calibração do modelo de cálculo da vazão de diluição de poluentes. In: TALLER INTERNACIONAL RED RIEGOS CYTED, 2008, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Programa Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/15814904-Avaliacao-da-qualidade-da-agua-no-rio-inferninho-em-santa-catarina-e-proposta-de-calibracao-do-modelo-de-calculo-da-vazao-de-diluicao-de-poluente.html>. Acesso em: 24 mai. 2020.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

SPIRN, Anne Whiston. **O Jardim de granito a natureza no desenho da cidade**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1995.

UBALDO, Beatriz Marques. *et al.* Evolução histórica do processo de ruptura entre o homem e a natureza. **Revista Interdisciplinar em Cultura e Sociedade (RICS)**, São Luís, v. 4, p. 385–393, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA, World Water Assessment Programme. **Não deixar ninguém para trás - Resumo executivo Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Colombella: WWAP, 2019. Disponível em: [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap). Acesso em: 20 mai. 2019.

UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA. **Diagnóstico do Plano Diretor Municipal**. São Miguel do Oeste: Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2009. 95p.

VARGAS, Reinaldo Romero. *et al.* Assessment of the environmental quality of the cachoeirinha- inverno watershed, guarulhos municipality (state of São Paulo, Brazil), as an urbanization reflex. **Pesquisas em Geociências**, [S. l.], v. 46, n. 2, 2019.

XU, Jingwei. *et al.* Spatiotemporal dynamics of water yield service and its response to urbanisation in the Beiyun River Basin, Beijing. **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 11, n. 16, 2019.