

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DA EFICIÊNCIA DAS ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS
RIOS CAÍ, GRAVATAÍ E SINOS, RIO GRANDE DO SUL

PRISCILA NEILAND DA COSTA

ORIENTADOR: PROFESSOR DOUTOR SIDNEI LUÍS BOHN GASS

PORTO ALEGRE, JULHO DE 2022.

PRISCILA NEILAND DA COSTA

Orientador: Professor Doutor Sidnei Luís Bohn Gass

Banca Examinadora:

Professora Dra. Lucimar de Fátima dos Santos Vieira – PPG em Geografia / IG / UFRGS

Professor Dr. Luis Alberto Basso – PPG em Geografia / IG / UFRGS

Professora Dra. Magali da Silva Rodrigues – Tecnologia em Gestão Ambiental / IFRS/POA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial de obtenção do título de Mestre em Geografia.

PORTO ALEGRE, JULHO DE 2022.

CIP - Catalogação na Publicação

Neiland da Costa, Priscila

Análise da distribuição e da eficiência de tratamento de efluentes sanitários nas bacias hidrográficas dos rios Cai, Gravataí e Sinos, Rio Grande do Sul / Priscila Neiland da Costa. -- 2022. 106 f.

Orientador: Sidnei Luís Bohn Gass.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Efluentes de origem sanitária. 2. Estação de Tratamento de Efluentes. 3. Eficiência de tratamento. 4. Distribuição espacial de ETEs. 5. Bacias hidrográficas dos rios Cai, Gravataí e Sinos. I. Bohn Gass, Sidnei Luís, orient. II. Título.

Para minha mãe aquela que está perto e também distante, mais um paradoxo do universo!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Sul – UFRGS, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Posgea e aos professores das disciplinas que cursei, os quais de distintas formas contribuíram com uma palavra, uma indicação ou sugestão para o trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que possibilitou a realização do meu Mestrado;

Ao professor doutor Sidnei Luís Bohn Gass, que gentil e pacientemente me orientou para a construção do trabalho respeitando minhas limitações e contribuindo para meu crescimento acadêmico.

À Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Hoessler – FEPAM, ao Serviço Municipal de Água e Esgotos de São Leopoldo – SEMAE, ao Serviço de Água e Esgoto de Novo Hamburgo - COMUSA, ao Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Caxias do Sul – SAMAE e ao Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre – DMAE pela disponibilização dos dados solicitados;

Ao meu amigo e colega Sidney Arruda, com quem descobri ter muitas afinidades em meio a pós-graduação e a vida! Pessoa inspiradora, a qual tenho um imenso carinho, respeito e admiração. Obrigada por ouvir minhas lamentações, por dividir teu conhecimento comigo e por estar presente, mesmo na distância física!

À minha amiga e irmã Aline Taube, uma das mulheres que mais me inspira! Tenho muitos predicados para te descrever, mas aqui quero apenas te agradecer por teu constante apoio, pela tua confiança, por teus conselhos, por tua presença e acima de tudo pelo Rafa! Amo vocês!

A meu pai Vitor que acreditou que isso pudesse ser possível! Obrigada pelas críticas e pelas palavras de força que possibilitaram minha busca pelo conhecimento;

À minha doce mãe Selita, que em meio a todas as limitações impostas pela vida, fez o seu melhor, muitas vezes passando por privações para que eu pudesse me desenvolver e estudar! Amo-te para o sempre!

Minha gratidão especial é para Marcelo, por sua amizade e companheirismo, por sua compreensão com minhas ausências e preocupação com meu bem estar, por sua generosidade, paciência e interesse por meu tema de estudo. Te amo sem fim!

[...] Esses exemplos do presente precisam mudar
o rumo do futuro

Terminar bem aliviou nossas almas, mas deixou
uma questão no ar

Se deixarmos ficar como está

Nossa vez também vai chegar

Porque o que destrói a raça humana é a
incompreensão de ser humano.

(Dorsal Atlântica, 1988).

RESUMO

Saneamento básico é dignidade e um direito de toda população, o qual está garantido pela Constituição Federal e regulamentado pela Lei Federal n.º 14.026 de 2020. Dentre o conjunto de serviços e infraestruturas operacionais que promovem o saneamento, está o tratamento de efluentes sanitários, o qual é indispensável para preservação dos recursos hídricos e promoção de saúde e bem estar social. Os empreendimentos que tratam os efluentes sanitários são denominados Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs, as quais necessitam de licenciamento ambiental nas fases que vão desde sua execução até o acompanhamento de seu desempenho. As fases do licenciamento são descritas na Resolução CONAMA n.º 237/1997, a qual define Licença Prévia– LP, Licença de Instalação – LI e Licença de Operação – LO. O licenciamento no Rio Grande do Sul é realizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Hoessler – FEPAM, e por municípios que possuem convênio de delegação de competências com a mesma. Quando concluído o processo de licenciamento, as ETEs devem atender a padrões de lançamento estabelecidos na Resolução CONSEMA n.º 355/2017 conforme faixa de vazão, ou características do corpo receptor. Ainda que existam legislações específicas e procedimentos técnicos, o tratamento de efluentes sanitários apresenta um cenário bastante deficitário, sobretudo no Rio Grande do Sul, onde cerca de apenas 16,7% dos municípios possuem ETEs, IBGE (2020). Este trabalho buscou conhecer a localização espacial de ETEs com processos de LP, LI e LO de modo a verificar o atual cenário e possível incremento no tratamento de efluentes, e ainda, avaliar o atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos na Resolução CONSEMA em três importantes bacias hidrográficas do Estado: bacia do rio Caí, rio Gravataí e rio dos Sinos. As informações foram solicitadas à FEPAM e aos municípios conveniados pertencentes aos limites das Bacias. Os resultados encontrados apresentam um cenário ainda bastante precário com expectativas discretamente promissoras de incremento. A partir da construção de mapas temáticos foi possível verificar que em sua maioria, as ETEs com LO estão inseridas em regiões de grandes aglomerados urbanos, os quais também apresentam processos de LI e LP. Novos empreendimentos com LI abrangem de forma modesta uma maior parcela nas três Bacias. A capacidade de população atendida por ETE nas três bacias equivale a 31,86% do total. Ao analisar as bacias de maneira individual, o destaque se deu com a bacia do rio dos Sinos, a qual atende com ETE cerca de 41,55% de sua população atualmente e possui uma previsão 65,31% de atendimento para os próximos anos. Quanto as bacias dos rios Caí e Gravataí, essas contam atualmente com aproximadamente 27,64% e 23,69% de capacidade de população atendida por ETE respectivamente, e somam números que continuarão abaixo dos 30% para os próximos anos. O padrões de lançamento da CONSEMA, de modo geral não atendem na totalidade aos limites de Coliformes, *E.coli*, fósforo, nitrogênio, DBO, DQO e por vezes sólidos e óleos e graxas. Assim de maneira geral, os resultados demonstram que além de escassas, as ETEs por vezes não alcançam a eficiência adequada para emissão.

Palavras-chave: Tratamento de Efluentes. Licenciamento Ambiental. Bacia hidrográfica. Mapas Temáticos. Padrões de lançamento.

ABSTRACT

Basic sanitation is dignity and a right of the entire population, which is guaranteed by the Federal Constitution and regulated by Federal Law No. 14,026 of 2020. Among the set of services and operational infrastructures that promote sanitation, there is the treatment of sanitary effluents, which is indispensable for the preservation of water resources and the promotion of health and social well-being. The enterprises that treat sanitary effluents are called Effluent Treatment Stations – ETEs, which require environmental licensing in the phases that range from their execution to the monitoring of their performance. Licensing phases are described in CONAMA Resolution No. 237/1997, which defines Preliminary License – LP, Installation License – LI and Operating License – LO. Licensing in Rio Grande do Sul is carried out by the Henrique Luis Hoessler State Environmental Protection Foundation – FEPAM, and by municipalities that have an agreement to delegate powers with it. When the licensing process is completed, the ETEs must meet the release standards established in CONSEMA Resolution No. 355/2017 according to the flow rate, or characteristics of the receiving body. Although there are specific laws and technical procedures, the treatment of sanitary effluents presents a very deficient scenario, especially in Rio Grande do Sul, where about only 16.7% of the municipalities have ETEs IBGE (2020). This work sought to know the spatial location of ETEs with LP, LI and LO processes in order to verify the current scenario and possible increase in the treatment of effluents, and also to evaluate the compliance with the release standards established in the CONSEMA Resolution in three important hydrographic basins in the State: Caí river basin, Gravataí river and Sinos river. The information was requested from FEPAM and the contracted municipalities belonging to the limits of the Basins. The results found present a still very precarious scenario with discreetly promising expectations of increase. From the construction of thematic maps, it was possible to verify that most of the ETEs with LO are located in regions of large urban agglomerations, which also present LI and LP processes. New developments with LI modestly cover a larger share in the three Basins. The population capacity served by ETE in the three basins is equivalent to 31.86% of the total. When analyzing the basins individually, the highlight was the Rio dos Sinos basin, which currently serves about 41.55% of its population with ETE and has a forecast of 65.31% of service for the coming years. As for the Caí and Gravataí river basins, these currently have approximately 27.64% and 23.69% of population capacity served by ETE respectively, and add up numbers that will remain below 30% for the next years. CONSEMA's release standards, in general, do not fully meet the limits of Coliforms, E.coli, phosphorus, nitrogen, BOD, COD and sometimes solids and oils and greases. Thus, in general, the results demonstrate that, in addition to being scarce, the ETEs sometimes do not reach adequate emission efficiency.

Keywords: Wastewater treatment. Environmental Licensing. Hydrographic basin. Thematic Maps. Release standards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.	17
Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do rio Caí.	21
Figura 3. Enquadramento bacia hidrográfica do rio Caí.	23
Figura 4. Mapa de usos e cobertura da terra na bacia do rio Gravataí.	26
Figura 5. Enquadramento bacia hidrográfica do rio Gravataí	28
Figura 6. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do rio dos Sinos.	31
Figura 7. Enquadramento bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	33
Figura 8. Sistema de ordem de canais segundo Strahler.	39
Figura 9. Esquema típico de tratamento preliminar.	55
Figura 10. Esquema simplificado de um decantador primário.	56
Figura 11. Esquema simplificado de fossa séptica.	57
Figura 12. Fluxograma de fossa séptica seguida por filtro anaeróbio.	58
Figura 13. Fluxograma de típica lagoa facultativa.	59
Figura 14. Fluxograma de processo de lodos ativados.	60
Figura 15. Esquema simplificado de filtro biológico.	61
Figura 16. Princípios de funcionamento de um reator UASB.	62
Figura 17. Fluxograma de processos desenvolvidos na pesquisa.	72
Figura 18. Mapa de distribuição espacial de ETE.	77
Figura 19. Gráfico de percentual atual e previsão de incremento de tratamento em população.	79
Figura 20. Mapa de municípios com LI e LO de ETE na bacia hidrográfica do rio Caí.	80
Figura 21. Mapa de municípios com LI e LO de ETE na bacia hidrográfica do rio Gravataí.	81
Figura 22. Mapa de municípios com LP, LI e LO de ETE na bacia hidrográfica dos Sinos.	82
Figura 23. Mapa da localização das ETEs com informação de monitoramento na bacia hidrográfica do rio Caí.	84
Figura 24. Mapa da localização das ETEs com informação de monitoramento na bacia hidrográfica do rio Gravataí.	87
Figura 25. Mapa da localização das ETEs com informação de monitoramento na bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Caracterização de parâmetros físicos dos efluentes listados na Resolução n.º 355/2017 do CONSEMA.	46
Quadro 2. Caracterização dos parâmetros químicos dos efluentes que constam no texto da Resolução CONSEMA n.º 355/2017.....	48
Quadro 3. Caracterização do parâmetro biológico coliformes termotolerantes dos efluentes ao que consta no texto da Resolução CONSEMA n.º 355/2017.....	50
Quadro 4. Relação de municípios com informação apresentada pela FEPAM.....	69
Quadro 5. Relação de informações solicitadas a FEPAM e informações fornecidas.....	70
Quadro 6. Relação tipos de tratamento das ETEs analisadas.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem de usos e cobertura da terra na bacia do rio Caí.	22
Tabela 2. Porcentagem de usos e cobertura da terra na bacia do rio Gravataí.	27
Tabela 3. Porcentagem de usos e cobertura da terra na bacia do rio dos Sinos.	32
Tabela 4. Limites definidos pela Resolução CONSEMA n.º 355/2017 para DBO ₅ , DQO, SST e Coliformes Termotolerantes conforme faixa de vazão do efluente.	52
Tabela 5. Limites definidos pela Resolução CONSEMA n.º 355/2017 para Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total conforme faixa de vazão do efluente.	53
Tabela 6. Síntese de fase de licenciamento de ETE nos municípios por bacia hidrográfica.	73
Tabela 7. Números de atendimento populacional pelas ETE com LO por bacia hidrográfica.	78
Tabela 8. ETEs que não atenderam integralmente aos padrões de lançamento na bacia hidrográfica do rio Caí.	85
Tabela 9. Parâmetros não atendidos integralmente por ETEs localizadas na bacia hidrográfica do rio Gravataí.	88
Tabela 10. Parâmetros não atendidos integralmente por ETEs localizadas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	91

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. DELIMITAÇÃO DOS OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
3.1. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Caí.....	18
3.4. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Gravataí	24
3.5. Caracterização da bacia hidrográfica do rio dos Sinos.....	29
4. REFERENCIAL TEÓRICO	34
4.1. A bacia hidrográfica como unidade de análise.....	37
4.2. As geotecnologias na construção dos Sistemas de Informações sobre recursos hídricos.....	40
4.3. Definições para impactos ambientais	42
4.4. Características dos parâmetros de emissão dos efluentes.....	45
4.5. Infraestruturas de tratamento	53
4.6. Critérios legais para o processo de licenciamento ambiental.....	63
5. METODOLOGIA	68
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
6.1. Relação dos tipos de tratamento empregados nas ETEs encontradas	74
6.2. Análise geral de ETEs existentes e incremento no tratamento.....	76
6.3. Eficiência no atendimento aos padrões de lançamento	83
6.4. Monitoramento aos padrões de lançamento de ETEs na bacia hidrográfica do rio do Caí.....	84
6.5. Monitoramento aos padrões de lançamento de ETEs na bacia hidrográfica do rio Gravataí	86

6.6. Monitoramento aos padrões de lançamento de ETEs na bacia hidrográfica do rio dos Sinos.....	89
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
8. REFERÊNCIAS.....	94

1. INTRODUÇÃO

À medida que se entende a água como um recurso natural, o qual é indispensável a manutenção e equilíbrio de todas as formas de vida, estudos relacionados a sua qualidade e disponibilidade são de extrema importância em pesquisas de cunho ambiental, tendo em vista a necessidade do maior número de informações reunidas para uma adequada gestão dos recursos hídricos. Além disso, a interpretação de dados possibilita a reflexão e um consequente fomento do uso racional da água, o que inclui o olhar atento com o posterior lançamento de efluentes de origem sanitária e seu consequente impacto no retorno ao meio ambiente.

O tratamento de efluentes sanitários é um importante e eficiente processo na prevenção dos mais distintos impactos de ordem socioambiental. Viegas (2012) descreve que “a dignidade da vida humana, animal e vegetal está intrinsecamente ligada à disponibilidade de recursos hídricos em qualidade e quantidade suficientes à satisfação das necessidades básicas dos seres vivos” (VIEGAS, 2012, p. 24).

A Lei Federal n.º 14.026 de 15 de julho de 2020¹, a qual atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico, descreve em seu Art. 3º, Inciso I, o mesmo como sendo o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020).

Os efluentes de origem sanitária como parte integrante e fundamental do saneamento básico, devem receber especial atenção, onde para isso necessitam ser tratados antes de serem devolvidos ao meio ambiente. Nesse sentido, os empreendimentos denominados Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs, as quais reproduzem, em um menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos d’água (LEONETI *et al.*, 2011, p. 333) são indispensáveis a correta manutenção e preservação dos recursos hídricos.

As ETEs têm por finalidade reduzir a carga poluidora para que ao final do processo de tratamento, tanto da fase líquida quanto a sólida estejam de acordo com as legislações e resoluções ambientais específicas em vigor. No caso do estado do Rio Grande do Sul, a Resolução n.º 355 de 2017, do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA dispõe

¹ A Lei Federal n.º 11.445 de 2007 estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico no País, sendo essa a mais alterada pela Lei n.º 14.026 de 2020 de forma a aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País.

sobre os critérios e padrões de emissão² de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais (RIO GRANDE DO SUL, 2017). Assim, as ETEs devem obedecer aos limites descritos na Resolução para que se comprove a eficiência do tratamento e segurança no lançamento.

Além de atenderem aos padrões de emissão, os quais são descritos na Resolução e estabelecidos na mesma conforme a faixa de vazão de projeto do empreendimento ou de acordo com as características específicas do corpo receptor, as ETEs necessitam de licenciamento ambiental. Esse é emitido por órgão ambiental responsável, o qual estabelece as condições, restrições e medidas de controle que deverão ser obedecidas pelo empreendedor para localizar, instalar, ampliar e operar algum tipo de empreendimento. Isso fica estabelecido na Resolução n.º 237 de 1997 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, o qual descreve as distintas fases do licenciamento ambiental, passando pela Licença Prévia – LP, Licença de Instalação – LI e Licença de Operação – LO (BRASIL, 1997).

As licenças emitidas descrevem as condicionantes para as particularidades de cada ETE. Parâmetros como: temperatura, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Demanda Química de Oxigênio – DQO, Sólidos Suspensos Totais – SST, Sólidos Sedimentáveis – SS, nitrogênio, fósforo, coliformes, óleos e graxas minerais, vegetais e animais, devem atender aos padrões de emissão de acordo com a vazão dimensionada para o tratamento com base na Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

Apesar de garantido por lei e devendo atender a uma série de critérios técnicos e operacionais, o saneamento básico no Brasil ainda é bastante deficitário, onde a parcela que corresponde ao esgotamento sanitário é ainda extremamente negligenciada e conseqüentemente deficitária. Atualmente no Brasil, a estimativa é que 49,1% dos efluentes sanitários gerados sejam tratados (SNIS³, 2020). O dado demonstra o atraso e permite a reflexão quanto a eficiência das políticas públicas adotadas para o tema até o momento de modo geral no País.

² Para efeito da Resolução se considera Padrão de emissão: valor máximo permitido, atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais.

³ Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento gerenciado pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. A citação é referente a publicação do ano de 2020 com dados coletados no ano de 2019.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB⁴ publicada em 2020 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE com dados relativos ao ano de 2017 aponta que no estado do Rio Grande do Sul, 159 dos 497 municípios contam com rede coletora⁵ de esgoto em funcionamento, o que equivale a 31,99%. Já o número de municípios que contam com ETEs em operação é de 83, o que equivale a 16,70% de municípios com tratamento efetivo, sendo que destes, apenas 65⁶ empreendimentos operam com licença ambiental em vigor, valor este considerado extremamente deficitário para um Estado importante do ponto de vista econômico e social (IBGE, 2020a).

O cenário precário, além de impactos ambientais e na saúde da população, gera por consequência, despesas com o tratamento de doenças⁷ relacionadas ao saneamento inadequado, como demonstram os dados extraídos do sistema DATASUS do Ministério da Saúde, onde no estado do Rio Grande do Sul, somente nos meses que vão de janeiro a junho do ano de 2021, as despesas com internações por doenças ligadas a má qualidade da água totalizaram um valor de R\$ 808.081,07⁸ reais. Além disso, existem ainda maiores despesas com o posterior tratamento da água para consumo humano, onde certamente será necessário maior uso de insumos e energia.

Em 2012 o IBGE analisou a qualidade⁹ de rios brasileiros que cortam grandes áreas urbanas, atravessam zonas industrializadas ou passam por muitas cidades de médio e grande porte. No Rio Grande do Sul, os rios analisados foram Caí, Gravataí e Sinos, os quais

⁴ Informação retirada da Tabela 151 – esgotamento sanitário. Disponível para *download* em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=downloads>>. Acesso em 03 de ago. de 2021.

⁵ Tubulação instalada ao longo das vias públicas para encaminhamento do esgoto coletado ao local de tratamento ou lançamento final. PNSB/IBGE, Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em 03 mai. de 2021.

⁶ Tabela 137 - esgotamento sanitário. Disponível para *download* em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=downloads>>. Acesso em 03 de ago. de 2021.

⁷ As doenças consideradas neste foram as mesmas analisadas em 2020 pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, no estudo Suplemento – Saneamento e COVID-19 – 1º trimestre/2020, disponível em: <http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2020/06/ABES_Suplemento-saneamento-e-covid-19.pdf>, considerando os dados do DATASUS, são elas: febres tifóide e paratífóide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível e outras doenças infecciosas intestinais.

⁸ Tabela Internações por Região de Saúde (CIR) segundo Região de Saúde/Município construída no sistema DATASUS, disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nirs.def>>. Acesso em 03 de ago. de 2021.

⁹ Considerou a Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO de pontos de coleta amostrais. Os índices foram atualizados nos anos de 2013, 2014 e 2015 a nível nacional, contudo os três rios analisados no Rio Grande do Sul não possuem dados para o ano de 2014. O rio dos Sinos em 2013 e 2015 apresentou níveis iguais ou menores em relação aos anos anteriores. Em 2015 o rio Gravataí apresentou valores bastante próximos ao ano de 2013. Já o rio Caí em sua última análise em 2013 apresentou os menores valores em relação a média histórica (análise histórica de 2007 a 2015). Tabela com valores médios anuais disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3927#resultado>>. Acesso em 03 mai. de 2021.

apresentaram algum grau de comprometimento em função de matéria orgânica oriunda de efluentes sanitários sem tratamento (IBGE, 2012).

O presente estudo se propôs a reunir informações acerca do tratamento de efluentes sanitários nas bacias hidrográficas, as quais estão inseridos os três rios analisados pelo IBGE. A intenção foi conhecer a localização espacial das ETEs dentro dos limites das bacias hidrográficas dos rios Caí, rio dos Sinos e rio Gravataí, por meio da construção de mapas temáticos, os quais permitiram verificar as ETEs que já se encontram em fase de LO, bem como da possibilidade de incremento ao cenário por meio dos empreendimentos em fase de LP e LI. Desse modo, pode-se conferir também o percentual de população atual e futura contemplada pela oferta do serviço de tratamento, bem como, identificar os municípios que possuem processos de licenciamento ambiental em vigor.

Além disso, o presente estudo também avaliou o atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONSEMA n.º 355 de 2017, das ETEs em operação com base nas campanhas amostrais de monitoramentos de lançamento de efluentes tratados do ano de 2019.

Os dados trabalhados foram reunidos com base em informações fornecidas ou disponibilizadas no *site* da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM, e pelos municípios que possuem convênio de delegação de competências em licenciamento e fiscalização ambiental com a mesma que estejam inseridos nos limites da área de estudo.

Desta forma, por meio de licenças ambientais em suas distintas fases e campanhas amostrais de lançamento de efluentes tratados, realizou-se um pequeno diagnóstico da distribuição espacial de ETEs, do percentual de capacidade de população atendida atualmente e previsão de incremento de tratamento, bem como de suas eficiências na remoção de contaminantes oriundos de efluentes sanitários.

2. DELIMITAÇÃO DOS OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Diante da relevância do tema efluentes sanitários e da necessidade constante de atualização de dados relacionados ao saneamento básico, como forma a contribuir com a reunião e tratamento de informações que possibilitem o planejamento e gestão, este trabalho apresentou como seu objetivo geral, a elaboração de um diagnóstico das ETEs localizadas nas

bacias hidrográficas dos rios Caí, Gravataí e Sinos, por meio da distribuição espacial, percentual populacional de atendimento e eficiência de remoção de carga poluidora dos empreendimentos.

2.2. Objetivos específicos

De modo a alcançar o objetivo geral, trabalhou-se os seguintes objetivos específicos:

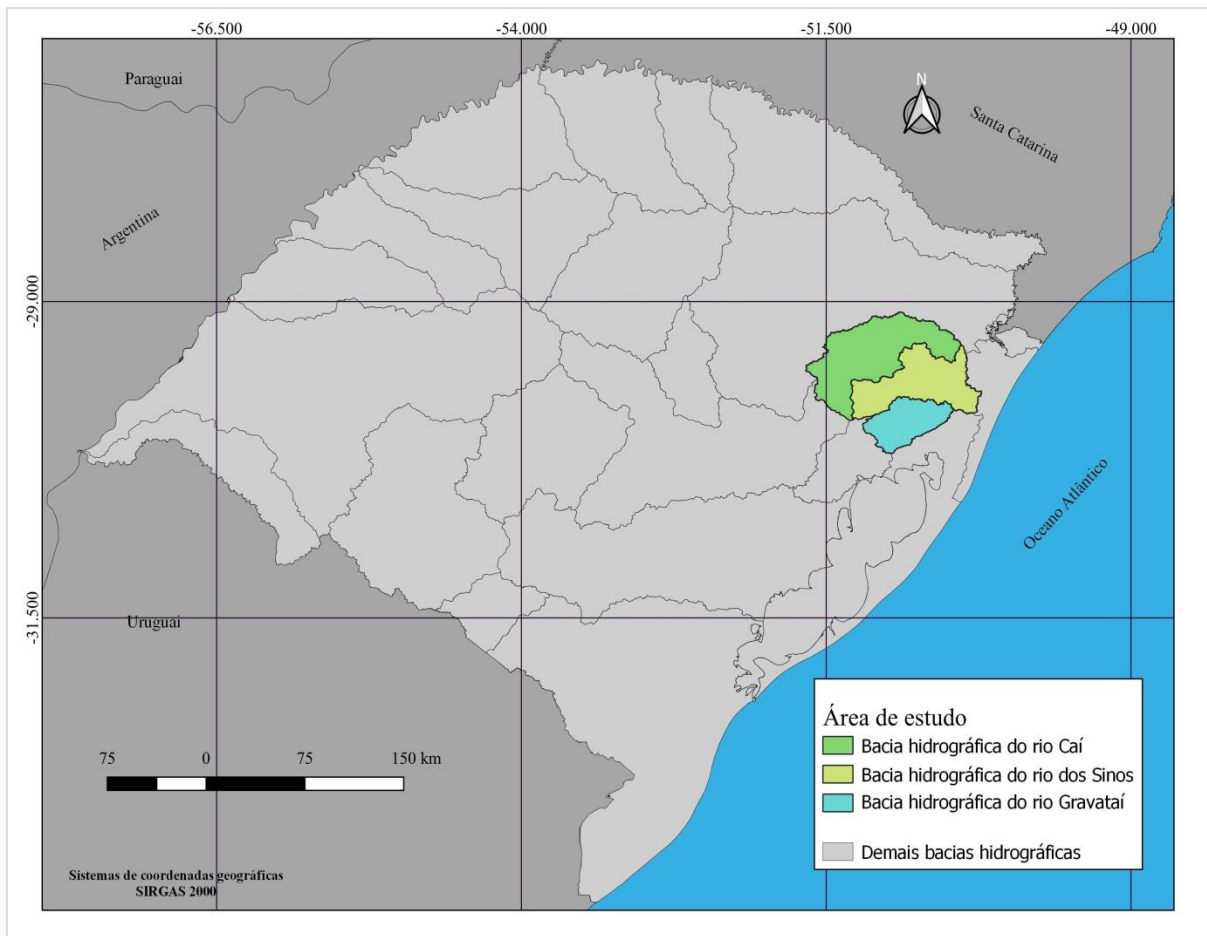
- Identificar como se dá a distribuição espacial atual dos empreendimentos com LP, LI e LO em vigor nas bacias hidrográficas da área de estudo;
- Examinar como está o atendimento aos padrões de emissão de efluentes tratados estabelecidos na Resolução CONSEMA n.º 355/2017¹⁰ pelas ETEs em operação com LO em vigor;
- Avaliar o possível incremento na oferta do serviço de tratamento por meio das LP e LI em vigor;
- Conhecer qual o percentual aproximado de tratamento em população atendida que cada bacia apresenta.

3. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho aborda os aspectos que envolvem o saneamento básico na parcela que abrange o tratamento de efluentes de origem sanitária nas bacias hidrográficas dos rios Caí, Sinos e Gravataí como demonstrado no mapa da Figura 1.

¹⁰ Tomando como referência informações relativas ao monitoramento do ano de 2019.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b), (SEMA 2018).

Os rios Caí, Gravataí e Sinos, são utilizados no estado do Rio Grande do Sul pelo IBGE na forma de se obter os Índices de Desenvolvimento Sustentável – IDS, os quais têm objetivo de fornecer informações necessárias ao desenvolvimento do País. Os dados trabalhados seguem o marco ordenador proposto em 2001 e revisto em 2007 pela Organização das Nações Unidas – ONU, e são organizados nas dimensões: ambiental, social, econômica e institucional. Especificamente a dimensão ambiental, contempla o tema saneamento como um importante exemplo no acompanhamento do desenvolvimento sustentável, cabendo seu enquadramento e análise também na dimensão social e econômica (IBGE, 2012).

O texto da Constituição Estadual do Rio Grande do Sul, em seu Art. 171 institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, o qual integra o Sistema Nacional de Gerenciamento, que adota a bacia hidrográfica como a unidade básica de planejamento e gestão dos recursos hídricos (RIO GRANDE DO SUL, 1989). Deste modo, a Lei Estadual n.º 10.350 de 1994, que regulamenta o Art. 171, a qual se estabelece a Política Estadual dos Recursos Hídricos,

apresenta entre seus princípios, em seu Art. 1º, Parágrafo único, a bacia hidrográfica como unidade básica de intervenção (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

3.1. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Caí

A bacia hidrográfica do rio Caí é situada na porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul, limita-se a oeste e norte com a bacia do rio Taquari-Antas, ao sul com a bacia do rio Baixo Jacuí e a oeste com a bacia do rio dos Sinos. A área de drenagem da Bacia é de 4.983,38 km² (SEMA, 2007, p.01).

Inserida na região hidrográfica do lago Guaíba, a bacia hidrográfica do rio Caí é uma das mais populosas e industrializadas da Região. A população residente é estimada em 656.577 habitantes, sendo que 566.903 se encontram em área urbana e 89.673 em área rural (SEMA, 2020a).

Os municípios que compõem a Bacia na forma total ou parcial de seus territórios somam-se 41, são eles: Alto Feliz, Barão, Bom Princípio, Brochier, Canela, Capela de Santana, Carlos Barbosa, Caxias do Sul, Dois Irmãos, Estância Velha, Farroupilha, Feliz, Gramado, Harmonia, Igrejinha, Ivoti, Lindolfo Collor, Linha Nova, Maratá, Montenegro, Morro Reuter, Nova Hartz, Nova Petrópolis, Nova Santa Rita, Pareci Novo, Picada Café, Portão, Presidente Lucena, Salvador do Sul, Santa Maria do Herval, São Francisco de Paula, São José do Hortêncio, São José do Sul, São Pedro da Serra, São Sebastião do Caí, São Vendelino, Sapiranga, Três Coroas, Triunfo, Tupandi e Vale Real (SEMA, 2020b). Todos os municípios da Bacia originam-se de Porto Alegre ou Santo Antônio da Patrulha, sendo Triunfo o município mais antigo da região, emancipado de Rio Pardo em 1831 (SEMA, 2007, p. 25).

Do ponto de vista hidrográfico, a Bacia se caracteriza por apresentar um curso de água principal (rio Caí), o qual é dividido em alto, médio e baixo Caí, e alguns afluentes de maior porte, como, por exemplo: arroio Piaí, arroio Forromeco, arroio Cadeia e arroio Maratá, e ainda um conjunto de barramentos, que são as barragens do Salto, Blang e Divisa (SEMA, 2007, p. 05).

As barragens do Salto, Blang e Divisa compõem o Sistema Salto, essas estão localizadas no trecho superior da bacia do rio Caí. A função dessas é a regularização das vazões para geração de energia na bacia do rio dos Sinos, através de uma transposição de vazões. As três barragens não geram energia no próprio eixo do Rio, a vazão regularizada é

transposta para a bacia do rio dos Sinos através de um túnel, cuja tomada de água encontra-se na lateral esquerda da barragem de Salto. Esse túnel tem 2.080 metros de extensão e leva água para a Usina Hidrelétrica Bugres, que tem sua vazão completamente derivada da bacia do rio Caí (SEMA, 2007, p. 40).

A atividade com predominância na Bacia é a agricultura, no entanto a atividade industrial e do comércio são também bastante desenvolvidas, com destaque para o ramo de metalurgia e metal – mecânica. Na região mais plana da Bacia, principalmente na sub-bacia do arroio Cadeia, os curtumes são as manufaturas com maior destaque (FEPAM, 2011?a).

Colonizada por açorianos, alemães e italianos, a região inicialmente tinha como atividade principal, a agricultura de subsistência, onde a partir do século XX, se iniciam práticas comerciais, de manufatura e posteriormente da indústria, a qual ganhou um forte impulso com a construção da BR-116 da década de 1930, onde se desenvolveram as indústrias têxtil, metalúrgica, de madeiras e de alimentos. Já na década de 1940 surgem as indústrias dos setores de bens intermediários como metalurgia e siderurgia. O que consolida a importância do eixo Norte-Sul (Caxias do Sul – Porto Alegre), que passou também a exercer forte influência na ocupação urbana, com um notável contingente de habitações populares (SEMA, 2007, p. 13-28).

O recorte espacial da Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA onde estão localizados os municípios mais ao norte como: Dois Irmãos, Estância Velha, Ivoti, Nova Hartz, Portão e Sapiranga, o destaque se dá aos setores especializados na indústria coureiro-calçadista e de papelão. A expansão do setor coureiro-calçadista se dá ao fato da formação estabelecida pela imigração alemã na região e ao direcionamento da produção tanto para o mercado interno quanto para a exportação (IPEA, 2000, p. 162).

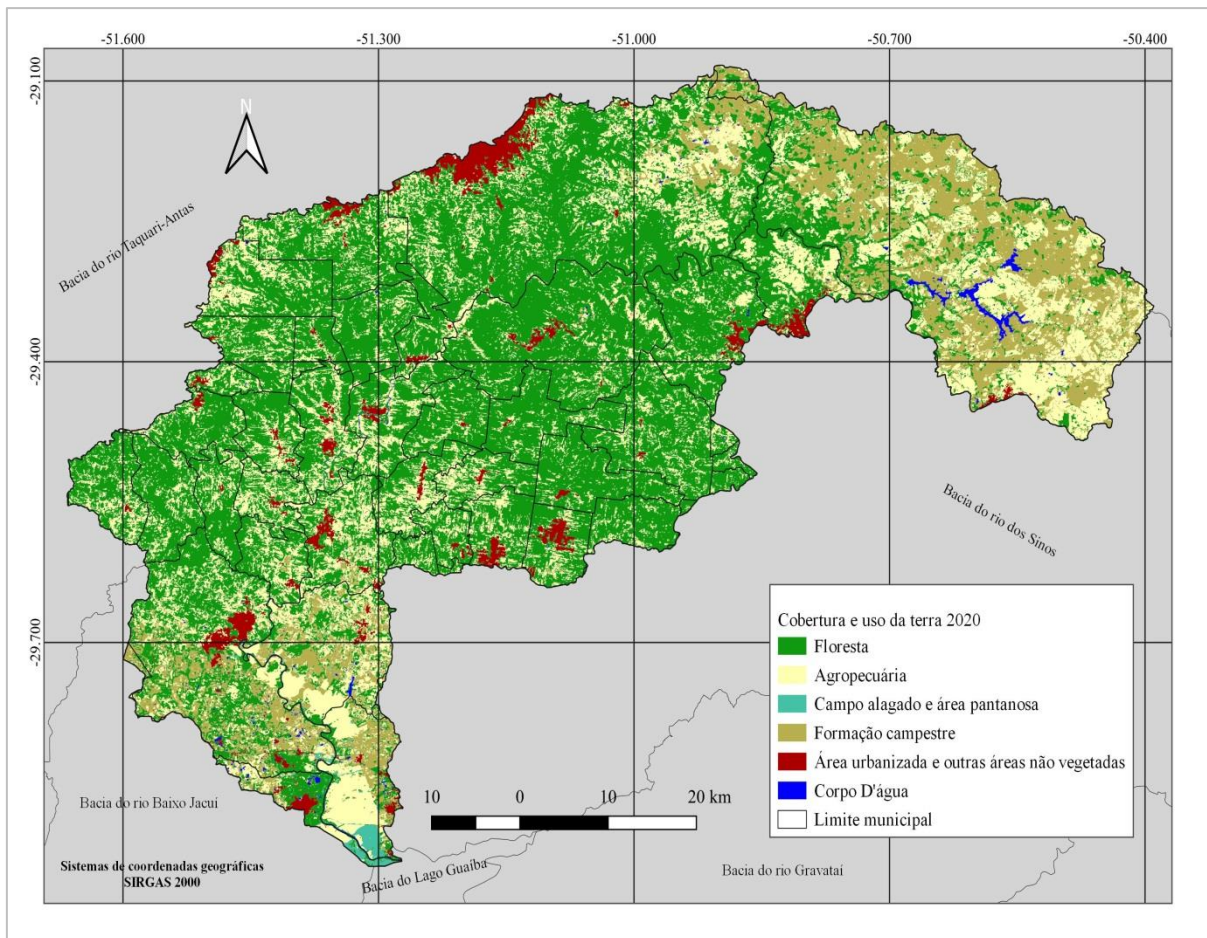
O município de Montenegro especificamente possui destaque por sua grande expansão industrial, na qual se destacam os gêneros de produtos alimentares, bebidas, química e calçados. O destaque do município de Triunfo se mostra de forma distinta, dado à instalação do Pólo Petroquímico na década de 1980, o qual não estabelece interdependência técnica com as demais atividades locais (IPEA, 2000, p. 162-166).

Na aglomeração urbana do nordeste, apresentam destaque os municípios de Caxias do Sul e Farroupilha, os quais possuem uma economia mais diversificada e uma rede urbana mais densa, onde está uma importante estrutura agroindustrial com destaque para a vitivinicultura. Com relação a indústria, nessa predominam-se os gêneros de alimentos, bebidas, têxtil e madeira para um parque mais diversificado com segmentos mais dinâmicos como material de transporte, elétrico e comunicações, metal-mecânica (IPEA, 2000, p. 160).

O eixo turístico é constituído pelos municípios de: Gramado, Canela, Nova Petrópolis e São Francisco de Paula, onde a economia é baseada no turismo e as atividades terciárias como hotelaria, comércio, gastronomia, artes e cinema se concentram. Já o setor industrial se dá por meio de pequenas e médias empresas nos gêneros de vestuário, calçados e artefatos de tecidos, madeira, mobiliário, mecânica e metalurgia, onde os últimos dois se inserem no contexto metal-mecânico especificamente no município de Caxias do Sul. A indústria da madeira também faz parte da história da região, na qual a marca “móveis de Gramado” é bastante tradicional, bem como os “chocolates de Gramado” reconhecidos nacionalmente (IPEA, 2000, p. 165).

No setor do agropecuário se desenvolve desde a bovinocultura de corte na região dos Campos de Cima da Serra, juntamente com a silvicultura para celulose e indústria moveleira, há também o uso intensivo do solo para bataticultura. Na região serrana predominam a fruticultura (videiras, frutas de caroço, morango), olericultura, avicultura, suinocultura e gado de leite. Nas nascentes no município de São Francisco de Paula está presente a bovinocultura de corte e silvicultura e em sua foz o sistema de arroz irrigado onde existe a agricultura patronal, no restante predomina-se a agricultura familiar nas pequenas propriedades. No arroio Cadeia coexistem a olericultura, bovinocultura de leite com acacicultura, já na região do arroio Forromeco encontra citricultura, que convive com acacicultura. (SEMA, 2007a, p. 44). O mapa da Figura 2 possibilita a visualização de modo geral do uso e cobertura da terra nos limites da Bacia.

Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do rio Caí.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b), (MapBiomias, 2020), (SEMA, 2018).

No mapa da Figura 2 percebe-se que as áreas com aglomerados urbanos dispersos por praticamente toda extensão da Bacia, há uma extensa cobertura florestal, principalmente em municípios da porção central, assim como regiões de intensa agropecuária associada a formações campestres na porção nordeste da Bacia. Nas proximidades a foz também há presença considerável da agropecuária e vegetação campestre com remanescentes de formação florestal. Na Tabela 1 é demonstrado as porcentagens do uso e cobertura da terra (classes) na Bacia a partir das informações do MapBiomias para o ano de 2020.

Tabela 1. Porcentagem de usos e cobertura da terra na bacia do rio Caí.

Classe	Área (%) 2020
Floresta	52,65
Agropecuária	29,74
Formação campestre	13,29
Área urbanizada e outras áreas não vegetadas	3,19
Corpo D'água	0,75
Campo alagado e área pantanosa	0,38
	100

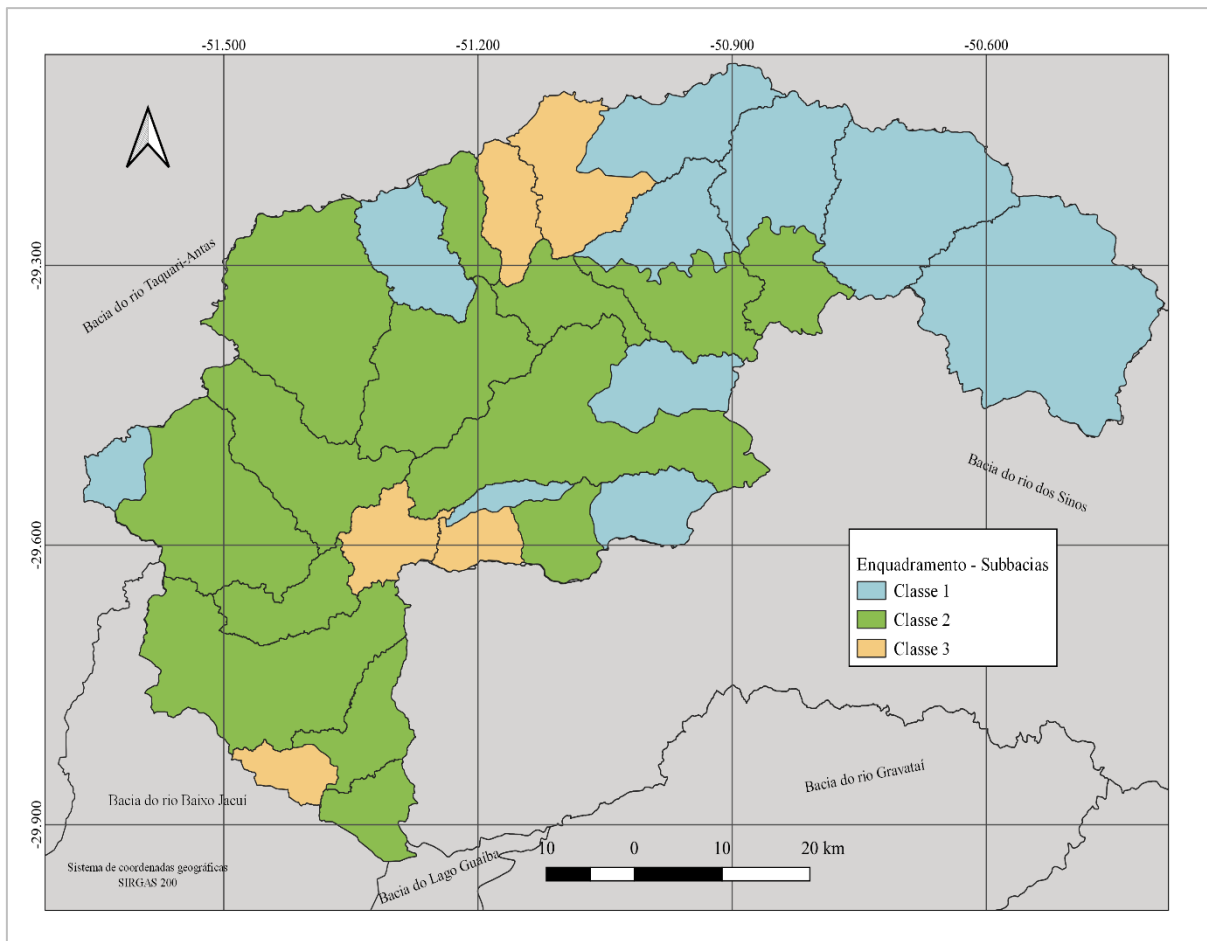
Elaborado pela autora a partir de MapBiomias (2020).

Percebe-se que a classe predominante na Bacia é composta por floresta, com área significativa de agropecuária, seguida por formações campestres. A área urbanizada concentra um maior aglomerado ao norte, região do município de Caxias do Sul e também no curso inferior da Bacia, nessa porção a FEPAM descreve, que há uma maior quantidade de efluentes sanitários chegando ao rio principal, sem qualquer redução da carga, onde nenhum município, no trecho, trata seus esgotos cloacais (FEPAM, 2011?a).

Na Figura 3 é representado o enquadramento da Bacia, o qual foi realizado por trechos das sub-bacias, conforme Resolução do CRH¹¹ n.º 50 de 2008. Percebe-se que em regiões onde há predominância de área urbanizada, a classe de água é dois, bem como na porção que vai do centro ao sul da Bacia, onde já com há também a incidência da classe três. Nas regiões na parte norte e nordeste, onde há presença de agropecuária e predominância de formações campestres, a classe um se apresenta mais frequente.

¹¹Conselho Estadual de Recursos Hídricos: <13110406-resolucao-crh-50-2008-aprova-enquadramento-das-aguas-das-bacias-hidrograficas-dos-rios-cai-pardo-tramandai-e-lago-guaiba.pdf (sema.rs.gov.br)>. Acesso em jan. de 2022.

Figura 3. Enquadramento bacia hidrográfica do rio Caí.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (SEMA, 2018).

O rio Caí apresenta valores de média histórica¹² de DBO que oscilam entre 1,1 e 2,1 mg/L. Quando avaliada a média anual do IQA, o Rio fica com o valor de 68,9¹³, o que corresponde a categoria de qualidade Boa (IBGE, 2017a).

A FEPAM também considera o IQA na avaliação da qualidade da água, no entanto, a Fundação possui uma pequena adaptação da metodologia¹⁴, o que faz com que o IQA do rio Caí seja Regular¹⁵ em alguns trechos, chegando próximo ao Ruim no ano de 2011 para amostragens realizadas no rio Cadeia, um importante tributário do rio Caí. (FEPAM, 2011?a).

¹² Referente a médias dos anos de 2005 a 2013.

¹³ Valor de média anual para 2009, último dado que o IBGE analisou pelo IDS.

¹⁴ Retirada do parâmetro temperatura, e utiliza o nitrogênio amoniacal em lugar do nitrato. Em seu cálculo são considerados os parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, DBO, pH, nitrogênio amoniacal, fosfato total, turbidez, sólidos totais. As faixas são: Muito Ruim de 0 a 25, Ruim de 26 a 50, Regular de 51 a 70, Boa de 71 a 90 e Excelente de 91 a 100. Disponível em: < <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp>>. Acesso em 03 de mai. de 2021.

¹⁵ Médias dos anos de 1992 a 2011.

Em 2019 a Fundação realizou campanhas amostrais ao longo do rio Caí, onde esse apresenta qualidade Boa. Parâmetros como Nitrogênio Amoniacal e DBO apresentaram valores compatíveis com a Classe 1, no entanto, para *Escherichia coli* (parâmetro que é utilizado para aferir nível de coliformes fecais), apresentou em 40% das amostras o intervalo compreendido na Classe 2 e 10% na Classe 3, o que demonstra algum nível de comprometimento por lançamento de efluentes (FEPAM, 2020a, p. 21).

3.4. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Gravataí

A bacia hidrográfica do rio Gravataí que integra a Região Hidrográfica do Guaíba, essa está localizada na porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul, e faz limite a leste com a bacia hidrográfica Litorânea, a norte com a bacia do rio dos Sinos e a oeste com a bacia do Lago Guaíba. A área de drenagem da Bacia é de 2.020 km² (COMITÊ GRAVATAY, 2012, p. 31).

Localizada entre a Depressão central e a Planície costeira. Sua população residente é estimada em 1.379.259 habitantes, onde 1.349.232 é urbana e 30.027 rural (SEMA, 2020a). A Bacia abrange parte da capital do Estado, Porto Alegre, e é composta por nove municípios, os quais estão inseridos de forma parcial ou total, esses são: Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Glorinha, Gravataí, Porto Alegre, Santo Antônio da Patrulha, Taquara e Viamão (SEMA, 2020b).

A bacia do rio Gravataí apresenta elevações acentuadas em sua porção norte e menores ao sul, com uma área de planície central no sentido sudoeste-nordeste. Entre estas elevações, no município de Santo Antônio da Patrulha, existe uma grande área plana e alagadiça, formada pelo Banhado Grande, esse também é chamado por Chico Lomã, que é o nome do principal arroio formador do Banhado (COMITÊ GRAVATAY, 2012, p. 32).

O Banhado Grande, que atua como regulador de vazão, originalmente ocupava uma área de 450 km², sendo reduzido para apenas 50 km² atualmente, isso em função do uso da água para irrigação das culturas de arroz (FEPAM, 2011?c). Esse dado é extremamente preocupante e demonstra o uso inadequado da água na Bacia o que consequentemente contribui para uma série de conflitos gerados pelos distintos usos da água. Faz-se necessária a constante discussão com os usuários da água, principalmente com o setor arrozeiro para que o problema ambiental não se torne algo irreversível.

O Banhado é uma importante Unidade de Conservação – UC, criada pelo Decreto Estadual n.º 38.971 de 23 de outubro de 1998, e é integrante do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. No Parágrafo Único do Decreto de criação fica descrito o Banhado Grande como o conjunto de banhados formadores do rio Gravataí, conhecidos pelos nomes de Banhado do Chico Lomã, Banhado dos Pachecos e Banhado Grande (RIO GRANDE DO SUL, 1998). A UC é uma Área de Preservação Ambiental – APA de uso sustentável, ou seja, são permitidas diversas atividades ou empreendimentos dentro de seus limites, se essas forem compatíveis com a preservação de seus ecossistemas. Na UC estão inseridos os municípios de Glorinha, Gravataí, Santo Antônio da Patrulha e Viamão, municípios bastante urbanizados e com presença de atividades agrossilvipastoris.

O sistema de drenagem da bacia do rio Gravataí pode ser classificado em três compartimentos hidráulicos: nascentes, Banhado Grande e curso inferior (rio Gravataí). O rio Gravataí é um rio de planície, de baixa velocidade e bastante sinuoso, tem sua formação no Banhado Grande, percorre a bacia no sentido leste-oeste, onde drena as águas dos municípios situados entre a Serra Geral e a Coxilha das Lombas, tem sua foz no Delta do Jacuí, sendo sua distância de 61,4 km aproximadamente (COMITÊ GRAVATAY, 2012, p. 32).

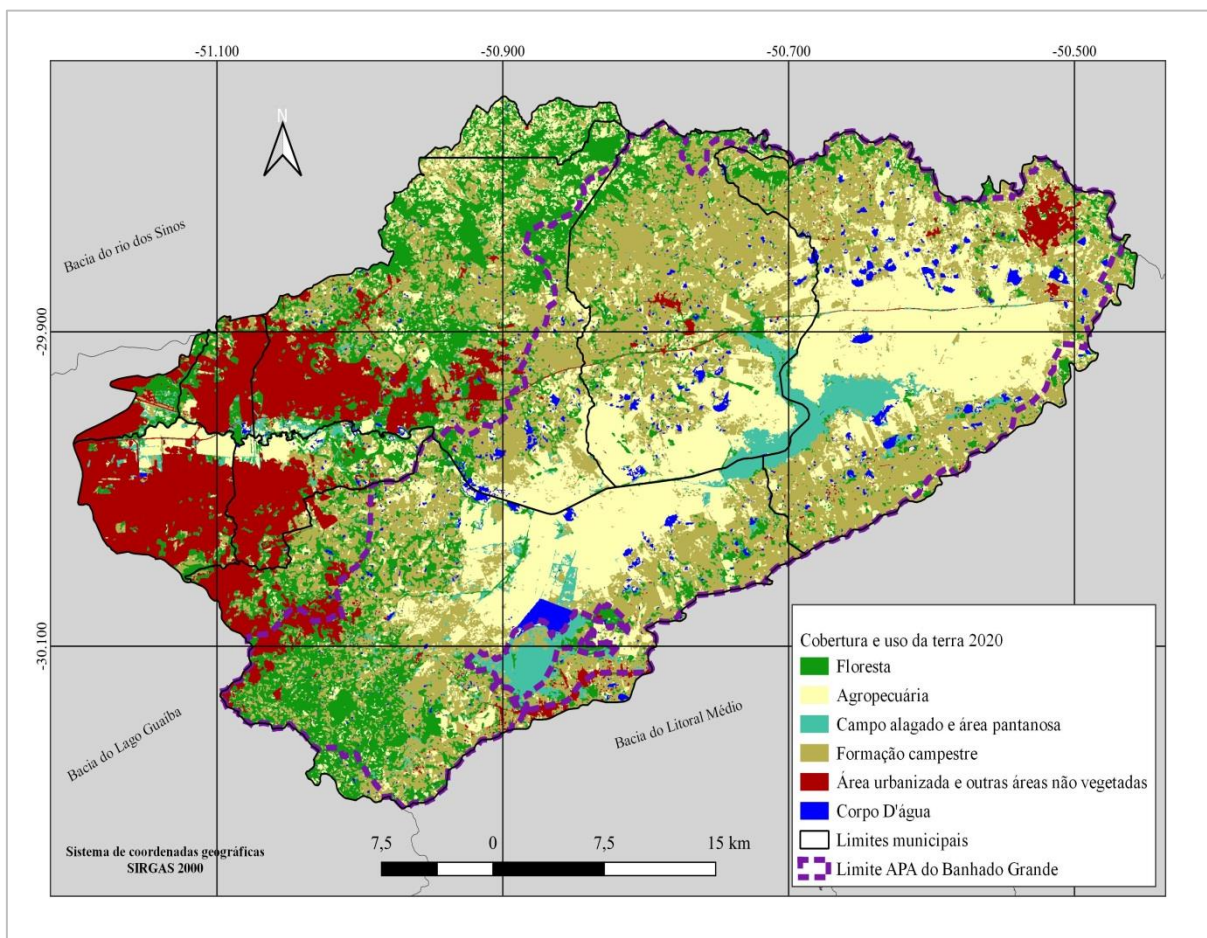
Devido a ampliação da irrigação para o cultivo do arroz, o rio Gravataí teve parte do seu leito retificado e sua planície de inundação passou a ter uma malha de canais em seu trecho médio. O extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), na década de 1960, retificou parte do curso do rio principal a partir da construção de um canal que percorre 25 km na calha original do Rio, a partir do Banhado Grande até próximo ao limite oeste da APA do Banhado Grande (GUASSELLI *et. al.*, p. 122, 2018).

Em grande parte, as lavouras de arroz são irrigadas entre a primavera e o verão, períodos nos quais ocorrem as maiores estiagens na Bacia. Esta prática tem causado uma série de conflitos, devido à alta demanda da irrigação da lavoura, entre o abastecimento de água para o consumo da população, a pecuária e as atividades industriais (GUASSELLI *et. al.*, p. 128, 2018).

Os municípios que compõem a Bacia possuem, de modo geral, uma economia forte e diversificada, baseada principalmente nos setores secundário e terciário, com destaque para os municípios de Porto Alegre, Canoas e Gravataí. Existem ainda dois distritos industriais, nos municípios de Cachoeirinha e Gravataí, onde predominam os segmentos metal-mecânico e alimentício, e também o Parque Industrial do município de Canoas, com a presença de grandes indústrias como a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP) – Petrobrás e Repsol YPF. Nas cidades menores da Bacia, o setor industrial também está presente. Em Santo Antônio da

Patrolha predominam as indústrias alimentícia e metal-mecânica e ainda, o município de Taquara onde se destacam as indústrias calçadistas, de beneficiamento de madeira, química, metalúrgica, eletrônica e alimentícia (COMITÊ GRAVATAY, 2012, p. 79). No mapa da Figura 4 é possível verificar por meio das informações do MapBiomias para o ano de 2020, como se caracteriza o uso e cobertura da terra nos limites da bacia do rio Gravataí, bem como as atividades existentes dentro dos limites da APA do Banhado Grande.

Figura 4. Mapa de usos e cobertura da terra na bacia do rio Gravataí.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b). (MapBiomias, 2020), (SEMA, 2018).

No mapa da Figura 4 de usos do solo na bacia do Gravataí, se destacam as áreas úmidas encontradas dentro da APA do Banhado Grande, classificados neste como Campo alagado e área pantanosa, juntamente com remanescentes de florestas. São presentes também as atividades relativas à agropecuária, juntamente a formações campestres. Há presença de áreas urbanizadas pontuais.

Na porção oeste localizada fora da APA se localiza uma intensa área urbanizada, onde se destaca a atividade agropecuária em meio ao aglomerado urbano. Na parte ao norte está o

predomínio de floresta associada a formação campestre. A Tabela 2 permite verificar as porcentagens do uso e cobertura (classe) na Bacia.

Tabela 2. Porcentagem de usos e cobertura da terra na bacia do rio Gravataí.

Classe	Área (%) 2020
Formação campestre	33,7
Floresta	19,6
Área urbanizada e outras áreas não vegetadas	12,67
Campo alagado e área pantanosa	4,44
Corpo D'água	2,25
	100

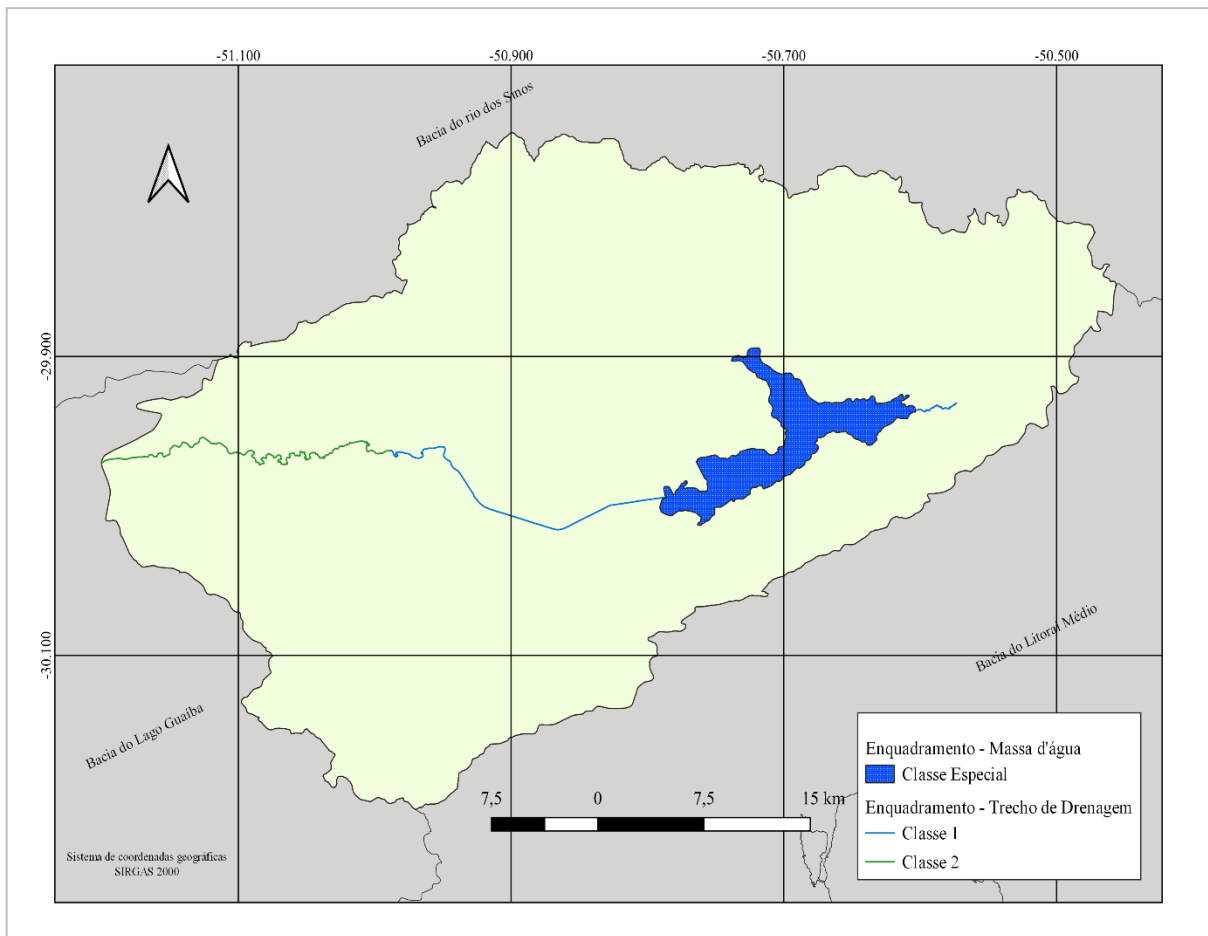
Elaborado pela autora a partir de MapBiomas (2020).

A classe predominante na Bacia é composta por Formações campestres, seguida das atividades ligadas a agropecuária e floresta. A classe área urbanizada e outras áreas não vegetadas ocupa também uma parcela bastante considerável da Bacia. A classe Campo alagado e área pantanosa, refere as extensas áreas úmidas localizadas ao sul e ao leste dentro dos limites da APA do Banhado Grande.

Na Figura 5 é possível verificar de forma simplificada o enquadramento do trecho principal da bacia do rio Gravataí, conforme Resolução CRH¹⁶ n.º 58 de 2009. Onde encontra-se a classe especial na área núcleo da APA do Banhado Grande, bem como a classe um nas regiões adjacentes a área úmida, as quais apresentam intenso uso para agropecuária e formações campestres com pouca ou nenhuma área densamente urbanizada. Já na porção leste que vai até junto a foz, a qual apresenta intensa urbanização, a classe é dois.

¹⁶ Conselho Estadual de Recursos Hídricos: <Resolução CRH 58-2009 Aprova Enquadramento Gravatai (sema.rs.gov.br)>. Acesso em jan. de 2022.

Figura 5. Enquadramento bacia hidrográfica do rio Gravataí



Fonte: elaborado pela autora a partir de (SEMA, 2018).

Em 2021 a FEPAM publicou um relatório com a série histórica de monitoramentos em sete pontos distintos da bacia do rio Gravataí, esses vão desde o arroio Chico Lomã até sua foz, as campanhas representam os anos de 2010-2013 e 2015-2020. De maneira geral as amostras apresentaram um crescente aumento do comprometimento da água junto a foz do rio Gravataí, onde, o parâmetro de *Escherichia coli*. no período correspondente a 2010-2013, apresentavam valores de qualidade dentro de limites para Classe 3 quase que em sua totalidade, já no período amostral que compreende 2015-2020, passa a apresentar uma queda na qualidade em relação a Classe 3. O parâmetro DBO apresentou similaridade entre os espaços tempo 2010-2013 e 2015-2020 junto a foz, com episódios que extrapolam a Classe 3.

3.5. Caracterização da bacia hidrográfica do rio dos Sinos

A bacia hidrográfica do rio dos Sinos está situada na porção leste do estado do Rio Grande do Sul, essa está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba, fazendo limite a oeste e norte com as bacias do rio Caí e rio Taquari-Antas, ao sul com a bacia do Baixo Jacuí e Lago Guaíba e a leste com a bacia do rio Gravataí e bacia do rio Tramandaí. O rio dos Sinos deságua no Delta do Rio Jacuí, onde também afluem os rios Caí e Gravataí. A área de drenagem da Bacia é de 3.649 km² (SEMA, p. 03, 2014?).

Localizada entre o Planalto Meridional, Depressão central e a Planície costeira, a população residente é estimada em 1.447.678 habitantes, sendo 1.375.288 urbana e 72.390 rural (SEMA, 2020a). Ao todo são 30 municípios que em parte ou na totalidade de seus territórios compõem a Bacia, esses são: Araricá, Cachoeirinha, Campo Bom, Canela, Canoas, Capela de Santana, Caraá, Dois Irmãos, Estância Velha, Esteio, Gramado, Gravataí, Igrejinha, Ivoti, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Osório, Parobé, Portão, Riozinho, Rolante, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara e Três Coroas (SEMA, 2020b).

De modo geral a bacia do rio dos Sinos pode ser dividida em três compartimentos: o alto Sinos, delimitada a montante no município de Caraá até o rio Ilha, nesse trecho a ocupação é rarefeita e o uso do solo é predominantemente rural; médio Sinos formado essencialmente pelo segmento correspondente a bacia do rio Paranhana, nesse trecho já se concentra certa porção urbanizada, como os municípios de Três Coroas, Igrejinha, Parobé e Taquara, e o compartimento do baixo Sinos, compreendido a partir da região dos municípios de Sapiranga e Campo Bom até sua foz, região com predominância urbana, com certo destaque para o cultivo do arroz irrigado nas várzeas do Rio. É no segmento baixo Sinos onde estão as sedes urbanas das maiores cidades da Bacia como Novo Hamburgo, São Leopoldo, Esteio, Sapucaia do Sul e Canoas (SEMA, p. 3-4, 2014?).

Um fator que favorece a situação da bacia do rio dos Sinos é a contribuição de água proveniente da bacia do rio Caí, através do sistema hidrelétrico do Salto, que por meio de um túnel desvia entre 5 a 9 m³/s para dentro do rio Paranhana. Isso representa cerca de 10% da vazão normal do rio dos Sinos em sua foz (COMITÊSINOS, [s.d]).

As populações indígenas que viviam na região foram quase que em sua totalidade expulsas ou acabaram por miscigenarem-se com imigrantes. Estes povos chamavam o Rio de Cururuá e Itapuá, o que significa “Rio dos Ratões do Banhado” e “Rio das Pedras que

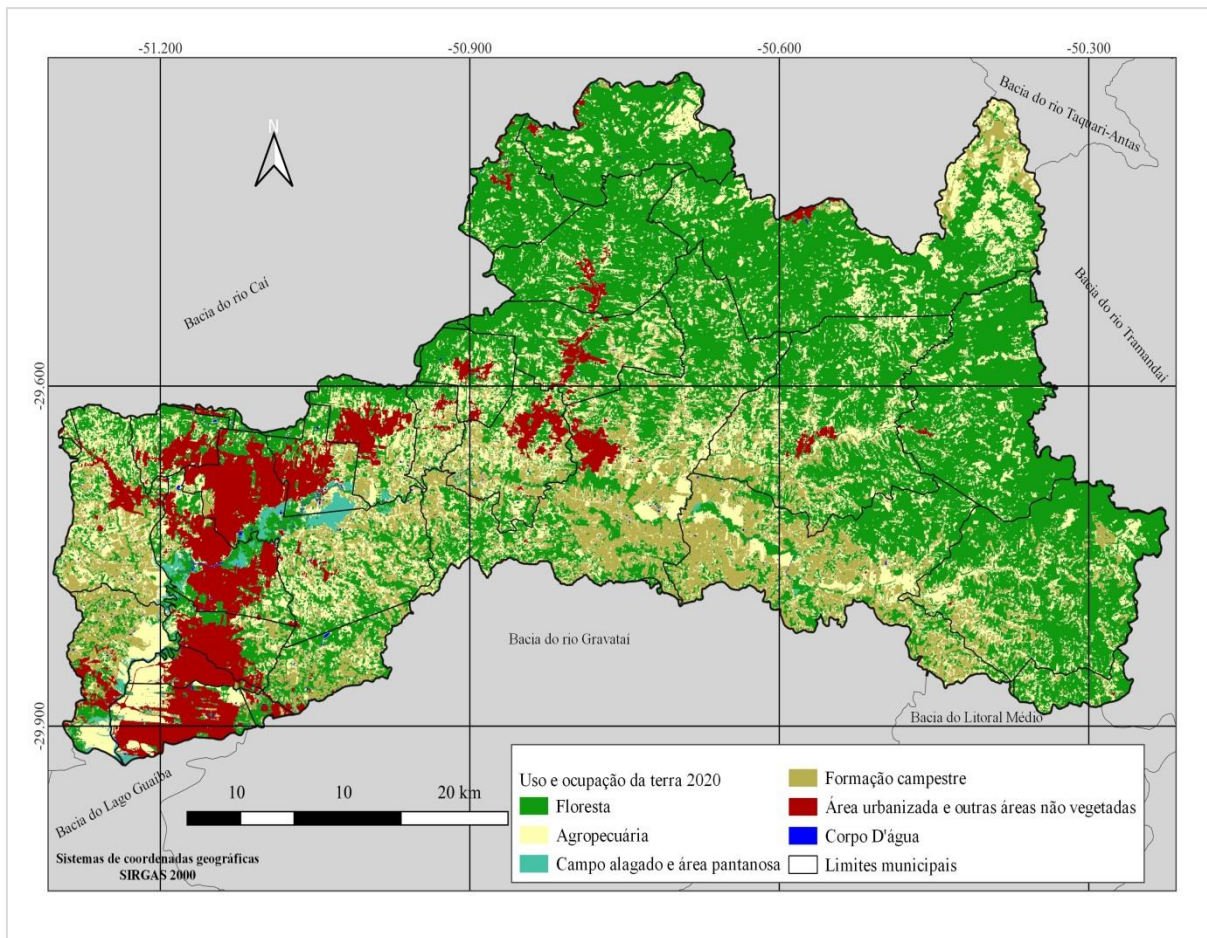
Gritam”, respectivamente. Essas denominações relacionam-se com os sons advindos de um mamífero aquático que costuma habitar a região (COMITÊSINOS, [s.d]).

No ano de 1824 chegaram os primeiros colonos alemães. Esses inicialmente dedicaram-se a agricultura, e com o tempo foram se formando pequenos núcleos comerciais que utilizavam o Rio como meio de transporte, o que fez prosperar um intenso comércio com a capital Porto Alegre. Na sequência na região também ganhou espaço o artesanato com couro, o qual era comercializado com as regiões vizinhas, essas oficinas artesanais deram origem as pequenas e médias indústrias de calçados (COMITÊSINOS, [s.d]).

Na porção superior do rio dos Sinos que vai do município de Caraá até o município de Rolante, a baixa densidade populacional se vincula as pequenas propriedades rurais, nas quais predominam as culturas de arroz, cana de açúcar e hortaliças. Nesse trecho a pecuária também é pouco desenvolvida, porém encontram-se pequenas criações de gado leiteiro, suínos e aves. Em sua porção média, entre os municípios de Taquara e Sapiranga a densidade populacional passa a aumentar, e em seu trecho inferior que vai do município de Campo Bom até sua foz no delta do Jacuí a concentração populacional e industrial se intensifica (FEPAM, 2011?b).

A região de maior densidade populacional, equivalente a porção considerada média a inferior, a qual apresenta um perfil econômico voltado às atividades industriais, com pouca participação da agropecuária. A indústria na região é bastante diversificada, abrangendo desde os ramos tradicionais como os calçados, passando por alimentos, móveis e metalurgia, indo até a média-alta tecnologia com veículos automotores, máquinas e equipamentos (SPMDR, 2015, p. 12). No mapa da Figura 6 a partir das informações do ano de 2020 do MapBiomas, se verifica as classes de uso e cobertura da terra no interior dos limites da Bacia.

Figura 6. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do rio dos Sinos.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b), (MapBiomias, 2020), (SEMA, 2018).

Na bacia do rio dos Sinos (Figura 6), a porção do Alto Sinos apresenta baixa intensidade de urbanização, onde há presença de atividades agropecuárias e formações campestres, assim como em sua porção média, na qual a área urbana passa a se intensificar. Na direção do Baixo Sinos é possível perceber a intensa área urbanizada, associada a agropecuária remanescentes de florestas e considerável formação campestre. Na Tabela 3 estão relacionadas as porcentagens do uso e cobertura (classe) na Bacia.

Tabela 3. Porcentagem de usos e cobertura da terra na bacia do rio dos Sinos.

Classe	Área (%) 2020
Floresta	51,72
Agropecuária	23,32
Formação campestre	14,9
Área urbanizada e outras áreas não vegetadas	8,84
Campo alagado e área pantanosa	0,88
Corpo D'água	0,34
	100

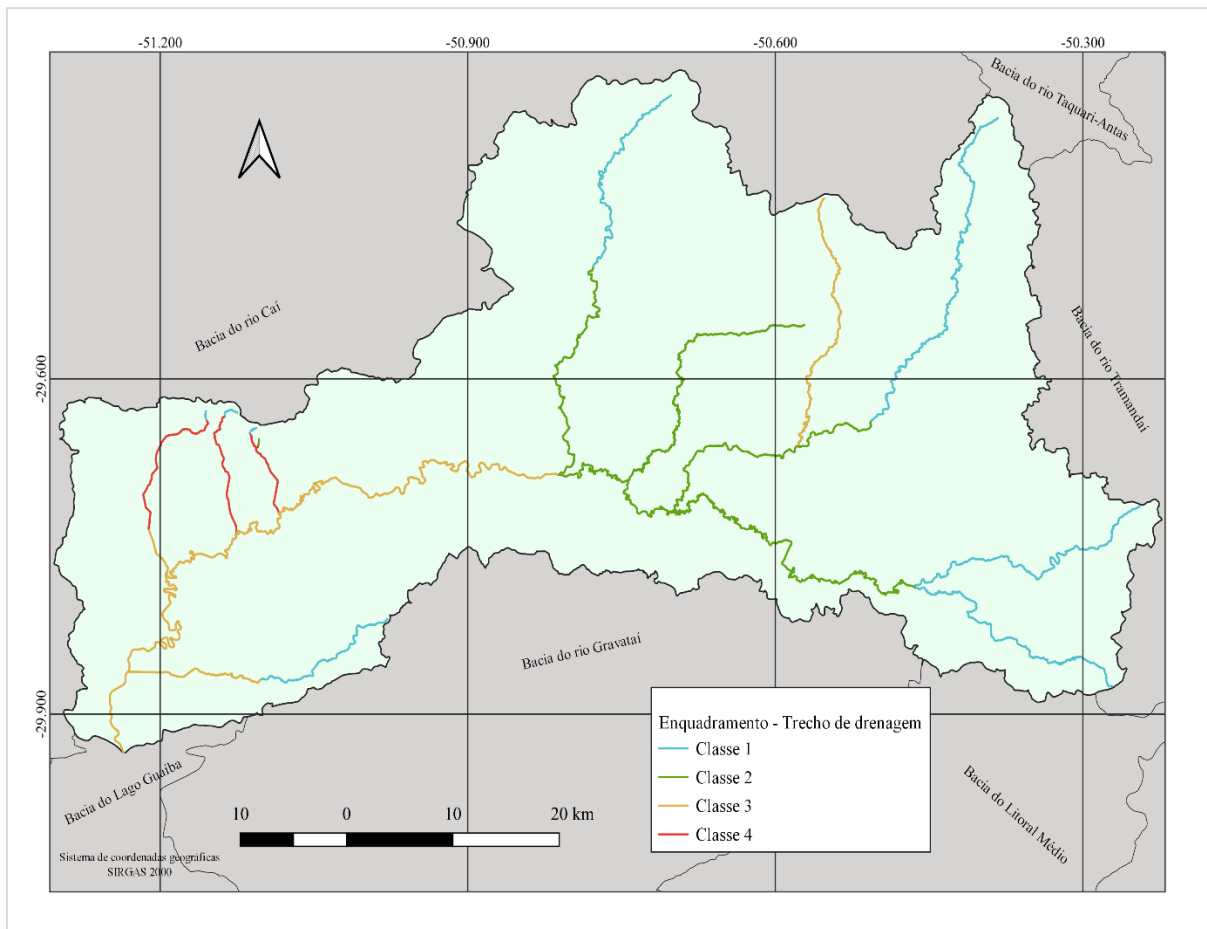
Elaborado pela autora a partir de MapBiomias (2020).

As classes predominantes na Bacia são compostas por floresta, agropecuária e formação campestre respectivamente. A área urbanizada se alarga, onde a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura - SEMA aponta a predominância de sistemas de disposição de efluentes sanitários em fossas sépticas, com 60% dos domicílios urbanos sendo atendimentos por este tipo de disposição. (SEMA, p. 66, 2014?).

Na Figura 7 é representado os trechos enquadrados segundo a Resolução CHR¹⁷ n.º 149 de 2014, na qual é possível verificar que em regiões com menor ou nenhuma área urbanizada, a classe dos trechos é um, enquanto em regiões com presença de área urbanizada, a classe chega a ser quatro. A classe três predomina em grande parte da Bacia, sobretudo nas porções central e junto a foz, em que se contrata intensa atividade agropecuária associada a formações campestres com intensa urbanização.

¹⁷ Conselho Estadual de Recursos Hídricos: <G020 - Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - Sema - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura>. Acesso em jan. de 2022.

Figura 7. Enquadramento bacia hidrográfica do rio dos Sinos.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (SEMA, 2018).

As médias anuais de IQA no rio dos Sinos ficam na casa dos 50, onde no último ano em que foi possível¹⁸ realizar o cálculo (2010) chegou a 56,6, índice considerado bom, porém já bastante próximo de regular (IBGE, 2017).

Seguindo a metodologia da FEPAM, os trechos próximos as amostragens¹⁹ nas nascentes variam de regular a boa, o destaque vai para o arroio Luiz Rau, um dos principais arroios do município de Novo Hamburgo, onde as médias sempre apresentaram o índice ruim. Nos demais pontos amostrais, trechos como arroio Portão e Canoas de modo geral ficam com índice de ruim e regular (FEPAM, 2011?b).

Em 2019 a FEPAM emitiu um relatório da qualidade da água superficial no rio dos Sinos, para isso utilizou-se de uma série histórica entre os anos de 2010-2013 e de coletas mais recentes, entre os anos de 2015-2019, o Relatório considerou três pontos de amostragens, os quais possuem grande representatividade, sendo o primeiro mais próximo de

¹⁸ Na falta de algum parâmetro não é possível calcular o IQA.

¹⁹ Todas as amostragens do cenário correspondem aos anos de 1990 a 2011.

nascentes no município de Parobé, o segundo representando locais com grande adensamento urbano na foz do canal João Correa, esse representando os adensamentos de municípios como São Leopoldo e Novo Hamburgo, e o terceiro nas proximidades de sua foz na ponte da Tabai – Canoas. Entre os parâmetros utilizados, estão a DBO e *Escherichia coli*, Nitrogênio Amoniacal e Fósforo.

Os resultados apresentam valores que comprometem o uso da água para usos mais nobres, como o abastecimento humano, nos pontos que representam o Baixo Sinos (região de São Leopoldo e ponto Tabai Canoas), os padrões mostram qualidade inferior ao ponto a montante. A análise da série histórica em conjunto com as coletas mais recentes, demonstrou que a qualidade do rio dos Sinos não evoluiu nos últimos anos, e ainda, por vezes apresentou valores de maior comprometimento dentro da última série amostral. A FEPAM aponta a possibilidade da qualidade do Rio estar se tornando algo crônico, com a falta de investimento em melhorias de Sistemas de Esgotamento Sanitário – SES, os quais são relativos a ETEs, sistema de rede coletas e bombeamento de efluentes (FEPAM, p. 37, 2019).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

O termo *sanear* é oriundo do latim o que significa tornar saudável, higienizar e limpar (BARROS, 2014a). A compreensão da importância do acesso à água de qualidade em quantidade suficiente, da necessidade do tratamento de efluentes e dos impactos procedentes de sua ausência na saúde e bem-estar social ou ainda no ambiente natural, não é algo restrito ao período contemporâneo. As civilizações da Idade Antiga já destinavam alguma atenção ao tema, como descrito por Barros:

Na Grécia antiga, já havia o hábito de enterrar as fezes ou as afastar para locais distantes das habitações. Na Babilônia foi construída a primeira galeria de esgotos da história. Em 2.500 a. C., Egípcios e Chineses já utilizavam métodos para obtenção de água subterrânea. O primeiro sistema de abastecimento de água foi criado na Assíria, em 691 a.C., o aqueduto de Jerwan. Já o Império Romano foi a primeira grande civilização a cuidar especificamente do saneamento, em 312 a.C. foi construído o aqueduto de Aqua Apia com cerca de 17 quilômetros de extensão (BARROS, 2014a).

A queda do Império Romano fez com que os conhecimentos construídos a respeito de hidráulica, saneamento e gestão fossem ignorados durante toda Idade Média (século V d.C. ao XV d.C.). Alguns fatores oriundos da falta de cuidado e atenção para com o saneamento são também descritos por Barros:

A população da Europa tinha o consumo de água limitado as apenas um litro por habitante, diariamente. O abastecimento de água era feito por meio da captação direta dos rios, diferente das práticas romanas (captação a longas distâncias). O baixo consumo acarretou em graves consequências à saúde pública, o que contribuiu para que grande parte da população escavasse poços no interior de suas casas, os quais eram contaminados devido à proximidade a fossas e esterco de animais, colaborando para o avanço de doenças em um período de grandes epidemias. Na China e na Índia não foi diferente, mais de 23 milhões de pessoas foram levadas a óbito em menos de 12 anos (BARROS, 2014b).

Já Idade Moderna e Idade Contemporânea, o conhecimento sobre a relação entre a saúde e o saneamento se fortaleceu nos países capitalistas, o que possibilitou a execução de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (MCID, 2011, p. 22-23).

No Brasil o primeiro indicativo de saneamento ocorreu em 1561, quando Estácio de Sá mandou escavar na cidade do Rio de Janeiro o primeiro poço para abastecimento. Em 1723²⁰ passou a operar o primeiro aqueduto do País, hoje conhecido como Arcos da Lapa, também na capital do Rio de Janeiro (BARROS, 2014c).

Durante o Brasil Império, a mão de obra escravizada também foi utilizada na forma de saneamento, conhecidos como “tigres”²¹, os cativos eram responsáveis pelo recolhimento de recipientes contendo urina e fezes para descartá-los em algum corpo hídrico (PEREIRA, 2019).

Os incômodos e impactos gerados pela ausência de saneamento geraram distintas estratégias de modo a afastar os efluentes, visto que a qualidade dos recursos hídricos é inerente a qualidade de vida. Ainda que distante do ideal, o País apresentou avanços quanto a normativas para a promoção do saneamento básico, o que não significa necessariamente executá-las.

O presente estudo trabalhou questões relacionadas ao esgotamento sanitário, o qual a Lei n.º 14.026 de 2020 descreve em seu Art. 3º, Inciso I, alínea b, como:

Constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente (BRASIL, 2020).

²⁰ As obras do mesmo iniciaram-se no ano de 1673. Disponível em: <<https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/>>. Acesso em 15 de mai. de 2020.

²¹ O conteúdo continha ureia e amônia e ao extravasar dos recipientes deixava marcas esbranquiçadas sobre a pele negra, parecidas com listras. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50526902>>. Acesso em 15 mai. de 2020.

O saneamento no Brasil atualmente é um direito assegurado por lei. Na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que embora não apresente uma definição específica ou conceito, é descrito em seu Art. 23, Inciso IX, como sendo de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios promover melhorias de condições do saneamento básico no Brasil (BRASIL, 1988)

A Lei Federal n.º 10.257 de 10 de julho de 2001, que estabelece o Estatuto da Cidade, institui as diretrizes gerais da política urbana, em seu Art. 2º, Inciso I, onde da garantia do direito a cidades sustentáveis, as quais estão incluídos entre outros, o direito ao saneamento ambiental adequado (BRASIL, 2001).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, definida pela Lei Federal n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997, descreve em seu Art. 2º, Inciso I como um de seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Na Lei são descritas as competências dos poderes Executivos, do Distrito Federal e dos municípios, os quais promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, cobertura e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federais e estaduais de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

O tratamento adequado dos efluentes de origem sanitária é uma parcela fundamental e indispensável na promoção de saneamento básico adequado. A ausência ou precariedade de sistemas de coleta e tratamento compromete a qualidade dos recursos hídricos, o que gera impactos de toda ordem, os quais vão desde os ecossistemas de fauna e flora, doenças parasitárias ou infecciosas, despesas com recursos econômicas para atender ao sistema de saúde e no posterior tratamento da água para consumo humano. Em Viegas (2012), o autor descreve fatores responsáveis pela degradação dos recursos hídricos:

Ao lado da poluição ambiental, a escassez de água potável decorre do aumento irracional e desenfreado da população mundial, sem que as políticas de ordenamento territorial e de meio ambiente atendam adequadamente a essas novas demandas – já que é certo que as pessoas possuem necessidades infinitas, e que os recursos são limitados, o que não é diferente em relação à água (VIEGAS, 2012, p. 31).

Nesse sentido, o aumento demográfico não pode ser associado diretamente ou unicamente aos impactos de ordem hídrica, haja vista o vasto conhecimento de distintas técnicas que possibilitam a diminuição do lançamento de cargas poluidoras em corpos hídricos. Assim, Metcalf & Eddy acrescentam que:

A evolução do setor de tratamento de esgotos é a história da preocupação com os temas de saúde e ambientais, especialmente em função do crescimento das cidades. Os métodos de tratamento de esgotos foram, inicialmente, desenvolvidos com

enfoque na saúde pública e nas condições adversas causadas pela descarga de esgotos no meio ambiente (METCALF & EDDY, 2016, p. 04).

Na busca pela compreensão de um tema singular como o saneamento básico, o conceito de espaço se torna o ponto de partida para uma análise geográfica. Em Santos (2006, p. 39), o espaço é descrito como “um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá”. Nesse sentido pode-se interpretar os sistemas de objetos como sendo o conjunto das infraestruturas, onde essas podem ser públicas ou privadas, jurídicas ou civis, já o sistema de ações, são as intervenções que modificam ou dão origem ao sistema de objetos, ou seja, os sistemas interagem.

Sendo o espaço um sistema de objetos e ações, esse certamente necessita de uma adequada gestão e planejamento de forma a sua correta manutenção. No entanto, o espaço hoje se encontra como “um sistema de objetos cada vez mais artificiais, povoado por sistemas de ações igualmente imbuídos de artificialidade, e cada vez mais tendentes a fins estranhos ao lugar e a seus habitantes” (Santos, 2006, p. 39).

À medida que as interações dos sistemas avançam no espaço, é previsível que a produção de rejeitos de toda ordem se apresente como algo que demande atenção constante, o que é o caso do correto manejo de efluentes sanitários, o qual se faz extremamente necessário de modo a evitar o comprometimento dos distintos cursos d’água, dos quais os sistemas de ações e objetos são diretamente dependentes.

4.1. A bacia hidrográfica como unidade de análise

A delimitação espacial deste estudo é a bacia hidrográfica, que Guerra (1993, p. 48) descreve como “o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais se verifica a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dado o lençol concentrado – os rios”.

Em outras palavras Silveira (1993, p. 40) define como “[...] a área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório”. O autor ainda aprofunda descrevendo que:

A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes²² e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório. A precipitação que cai sobre as vertentes infiltra-se totalmente nos solos até haver saturação superficial destes, momento em que começam a decrescer as taxa de infiltração e a surgir crescentes escoamentos superficiais, se a precipitação persistir. [...] a água produzida nas vertentes tem como destino imediato a rede de drenagem, que se encarrega de transportá-la à seção de saída da bacia (SILVEIRA, 1993, p. 40).

Algumas características sobre as bacias hidrográficas e os corpos d'água que as compõem se fazem necessárias comentar, de forma a compreender melhor sua dinâmica de funcionamento, como é o caso dos divisores de água, que Bielenki Júnior & Barbassa referem como:

A linha que delimita a área de contribuição da bacia. A rigor, existem dois divisores de água, um definindo a área de contribuição de escoamento na superfície, e outro, a contribuição do escoamento de água do solo. O divisor de água superficial é claramente definido pela topografia, enquanto o divisor de água no solo depende das camadas de solos e rochas abaixo da superfície (BIELENK JÚNIOR & BARBASSA, 2012, p.70).

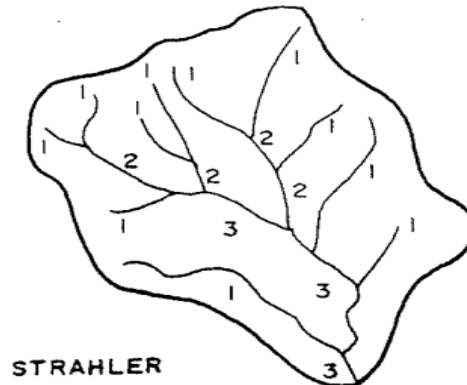
Outro aspecto relevante a ser apontado, é o ordenamento de canais da rede de drenagem. Um dos métodos dessa hierarquia fluvial é o ordenamento proposto por Strahler, que estabelece que:

Todos os canais sem tributários são de primeira ordem, mesmo que sejam nascentes dos rios principais e afluentes; os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem; os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; sucessivamente (STRAHLER, 1957 *apud* SILVEIRA, 1993, p. 47).

A Figura 8 apresenta um exemplo de ordenação dos canais de uma rede de drenagem conforme o sistema apresentado.

²² Planos de declives que divergem das cristas (linha determinada pelos pontos mais altos) ou dos interflúvios (pequenas ondulações que separam os vales) (GUERRA, 1993). Dicionário geológico e geomorfológico. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23450.pdf>>. Acesso em 03 de abr. de 2020.

Figura 8. Sistema de ordem de canais segundo Strahler.



Fonte: Silveira (1993, p. 48).

As formas dos escoamentos dos rios podem ser divididas em três categorias, como expõe Stein (2017, p. 36):

[...] Os rios intermitentes ou temporários: aqueles que secam em períodos de estiagem. Os rios perenes: que não apresentam interrupção no fluxo de suas águas em nenhum período e os rios efêmeros: que se manifestam apenas em ocasiões de grandes chuvas e podem levar décadas para se manifestar.

Sendo a bacia hidrográfica um sistema amplo e complexo, o conhecimento de seu comportamento e especificidades de cada ambiente se torna algo profundamente importante de modo a garantir a sua preservação. No caso das formas de escoamento dos rios, entender sua tipologia se torna indispensável para o planejamento dos locais de instalação de emissários de lançamentos de efluentes, visto que a vazão de um rio estará associada a sua capacidade de diluição e autodepuração da carga contendo material orgânico e inorgânico lançado.

Fitz (2012, p. 87) salienta que quando se realiza o planejamento espacial de determinada região é importante entender que as bacias hidrográficas não obedecem aos limites de propriedades, de municípios, de estados ou países. O autor complementa afirmando que:

Muitos projetos podem perder sua qualidade quando se utilizam bases meramente políticas para sua execução. Para desenvolver um melhor diagnóstico e um adequado planejamento dos recursos naturais existentes, é de fundamental importância o conhecimento da realidade física da área a ser estudada. O uso das unidades hidrográficas bacia, sub-bacia e microbacia ajusta-se perfeitamente a essa sistemática de gestão (FITZ, 2012, p. 88).

A parcela da água acessível por meio das tecnologias atuais e economicamente compatível com os seus múltiplos usos é definida como recurso hídrico (PEREIRA JÚNIOR, 2004, p. 03). A Lei Federal n.º 9.433 de 08 de janeiro de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a qual apresenta o conjunto de objetivos, instrumentos, diretrizes, metas, programas e responsabilidades pela gestão dos recursos hídricos, que visam entre outros, assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados à atual e às futuras gerações. A Lei estabelece em seu Art. 1º, Inciso V, a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos²³ (BRASIL, 1997).

Em Tucci (1997, p.26), o autor narra que “no passado, a ocupação do homem na bacia foi realizada com pouco planejamento, tendo como objetivos o mínimo custo e o máximo benefício de seus usuários, sem a preocupação com a preservação do meio ambiente”.

Nesse sentido, a reflexão do autor vai ao encontro do que é sabido como um fator histórico e uma das maiores causas do comprometimento dos recursos hídricos, que é a escassa e por vezes ineficiente coleta e tratamento de efluentes sanitários, onde além de danos aos ambientes naturais, pode acometer implicação na saúde e qualidade de vida das populações por conta da ausência de adequada gestão ambiental.

4.2. As geotecnologias na construção dos Sistemas de Informações sobre recursos hídricos

O Sistema de Informações sobre recursos hídricos é um dos importantes instrumentos da Política Nacional. Em seu Art. 27 os objetivos do Sistema em caráter geral buscam reunir, divulgar e, sobretudo, atualizar de forma constante o maior número possível de informações a cerca de qualidade e quantidade dos recursos hídricos no território nacional, para que assim essas forneçam os subsídios necessários a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de modo haver a gestão eficiente dos mesmos (BRASIL, 1997).

²³O Art. 32 descreve os objetivos do gerenciamento: coordenar a gestão integrada das águas, arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos, implementar a Política Nacional, planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Os integrantes do Sistema Nacional são descritos no Art. 33 da Lei: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacia Hidrográfica, os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e as Agências de Água.

De encontro a isso, a ciência geográfica proporciona por meio de suas tecnologias, importantes ferramentas, técnicas ou conhecimentos, que se valem da reunião, manipulação, tratamento e análise de informações espaciais, as quais podem ser aplicadas e contribuir a estudos relacionados aos recursos hídricos.

Um ramo do conhecimento que se difundiu bastante nos últimos anos e que tem cada vez mais suas potencialidades exploradas e consideradas indispensáveis a uma correta tomada de decisão é o geoprocessamento (MEDEIROS, 2012, p. 04).

Na expressão de Fitz (2008, p. 108), o geoprocessamento “é entendido como uma técnica que, utilizando um Sistema de Informações Geográficas – SIG, busca a realização de levantamentos, análises e cruzamentos de informações georreferenciadas [...]”. Os SIGs por sua vez, são constituídos por *softwares*, metodologias aplicadas, dados coletados e tratados, *hardwares* específicos e recursos humanos (MEDEIROS, 2012, p. 05-06).

Assim compreende-se SIG como uma geotecnologia empregada ao uso do geoprocessamento, assim como bancos de dados geográficos e a cartografia por exemplo. Para o do banco de dados, necessita-se apresentar uma estrutura espacial definida para que seja permitida a aplicação do geoprocessamento (FITZ, 2008, p. 108), enquanto que na cartografia se buscará apresentar um modelo para apresentar os dados no espaço geográfico (D’ALGE, 2001 p. 141).

Os mapas construídos no decorrer do presente estudo, se valerem das técnicas de geoprocessamento com uso de SIG e podem ser classificados como mapas temáticos, os quais são descritos por Fitz:

[...] são representados determinados aspectos ou temas sobre outros mapas já existentes, denominados mapas-base. Utiliza-se de simbologias diversas para a representação dos fenômenos espacialmente distribuídos na superfície. Qualquer mapa que apresente informações diferentes da mera representação do terreno pode ser classificado como temático (FITZ, 2012, p. 28).

Câmara *et al.*, (2004, p. 01-02) acrescenta que a percepção da distribuição espacial de distintos fenômenos possibilita a sua mensuração e relação com a localização no espaço, ou seja, a análise espacial de dados geográficos incorpora o espaço ao estudo. A exemplo disso, o autor refere o caso pioneiro de John Snow, considerado pai da epidemiologia, o qual incorporou o espaço em sua análise, quando no século XIX em Londres relacionou a localização dos óbitos ocasionados por cólera a uma bomba de água, a qual abastecia a Cidade e que localizava-se a jusante de um ponto de lançamento de dejetos daquela

população, relacionando assim as mortes com a disposição dos equipamentos de saneamento da época.

A gestão dos recursos hídricos combina a necessidade de distintas informações com os mais variados graus de complexidade. Para Júnior & Barbassa (2012, p. 03), os SIGs permitem e facilitam o gerenciamento de uma bacia hidrográfica, pois além de diagnósticos, podem promover também prognósticos de situações futuras por meio de modelos.

A exemplo de utilização das geotecnologias para gestão de recursos hídricos, Lins *et. al.* (2020, p. 09), destacam a oportunidade de construir uma macro visão para os sistemas de saneamento, entre esses estão conhecer a distribuição da rede de coleta de esgoto, detectar falhas no sistema, localizar dados cadastrais de consumidores e identificar ligações cortadas, clandestinas ou suprimidas, o que contribui como medida eficaz de gestão, a medida que permite aos responsáveis pelas decisões em caráter públicos e privados executarem planos ou ações corretivas de maneira ágil e economicamente viável em um menor período de tempo, de forma a atender demandas específicas de uma comunidade e meio ambiente.

Ainda sobre saneamento, as geotecnologias também podem contribuir com o controle e acompanhamento das Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs, permitindo uma fácil e rápida manipulação de grande quantidade de dados alfanuméricos que são produzidos por uma Estação, como medições, análises laboratoriais, atendimento as normas legais e vazão de lançamento (PIRES *et. al.* 2010).

Bielenki Júnior & Barbassa (2012, p. 03-04) destacam que as funcionalidades dos SIGs fomentaram o uso de uma nova terminologia “Sistemas de Suporte à Decisão” (SSDs) com aplicações em recursos hídricos, o que já vem sendo utilizado para ajudar a equalizar as ofertas e demandas por água dentro de uma bacia hidrográfica.

Além de todo suporte a gestão, a constante reunião e tratamento de dados a cerca de recursos hídricos, as geotecnologias contribuem com a compreensão da evolução histórica do saneamento, o que permite acompanhar locais mais e menos contemplados e relacioná-los ao espaço geográfico.

4.3. Definições para impactos ambientais

A Lei Federal n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu Art. 3º define como:

- I - meio ambiente 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;
- II - degradação da qualidade ambiental a alteração adversa das características do meio ambiente;
- III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:
 - a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
 - b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
 - c) afetem desfavoravelmente a biota;
 - d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
 - e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

Visto a Lei, a Resolução do CONAMA²⁴ n.º 001 de 23 de janeiro de 1986, em seu Art.

1º, considera e define impacto ambiental como sendo:

- [...] 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:
- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
 - II - as atividades sociais e econômicas;
 - III - a biota;
 - IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
 - V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

A Resolução também refere no Art. 6º²⁵, Inciso II, que o impacto ambiental pode ser positivo ou negativo (benéfico e adverso), direto ou indireto, imediato e a médio e longo prazo, temporário ou permanente. No presente estudo não se tem a intenção de aprofundar a análise quanto a questões jurídicas vinculadas ao juízo de impacto ambiental, no entanto, se julga importante apontar, ainda brevemente, o fato da ausência ou quando da ineficiência do tratamento dos efluentes ser considerada como um impacto ambiental.

A depender da escala espacial e de tempo trabalhados, esse impacto pode ser entendido como direto, isso por conta do comprometimento de causa e efeito que gera diretamente nos corpos hídricos, em outras circunstâncias também pode ser indireto, pois desencadeia uma séria de consequências no ambiente natural que comprometem os organismos e a saúde humana. Além disso, geram implicações imediatas pontuais, principalmente em locais próximos aos seus emissários, visto quando lançadas altas

²⁴ Conselho Nacional de Meio Ambiente, esse é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA que foi instituído pela Lei Federal n.º 6.938/81, regulamentada pelo Decreto n.º 99.274/90. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/o-que-e-o-conama>>. Acesso em 03 de mai. de 2019.

²⁵ Quando refere a EIA – Estudo de Impacto Ambiental, e quais as necessidades técnicas mínimas que esse deve desenvolver.

concentrações de matéria orgânica e inorgânica, bem como de médio e longo prazo, por conta de sua decomposição e efeito cumulativo no ambiente.

Para mais, ainda pode ser temporário, pois a depender das características do corpo hídrico receptor e das concentrações de contaminantes no efluente, esse pode passar por um processo de diluição de sua carga poluidora, entretanto quando do lançamento contínuo e indiscriminado, esses podem gerar sequelas por vezes de difícil remediação ou até mesmo irreversíveis sendo também permanentes a depender da vazão e tempo de lançamento. A título de exemplo, efluentes sanitários sem tratamento quando lançados recentemente podem gerar odores desagradáveis e maior turbidez, a medida que esse efluente passa a se decompor, o odor será intensificado e a depender de suas características, a proliferação de organismos aeróbios pode levar a eutrofização do corpo hídrico.

Partindo do entendimento que todo tipo de ação antrópica acarreta em impactos ambientais, é importante fazer a consideração de que esses podem também ser benéficos, e a relação homem-ambiente ser equilibrada, uma vez que tomados os princípios do desenvolvimento sustentável.

A necessidade do desenvolvimento econômico é algo inevitável, contudo, esse deve ter foco na melhoria na qualidade de vida das populações, e isso pode ser traduzido como o uso racional dos recursos naturais tendo por objetivo o equilíbrio ecológico, (BARBOSA, 2014, p.19),

A exemplo de impactos positivos o autor ainda elenca atividades como: reciclagem de resíduos, recuperação de áreas degradadas, implementação de áreas de proteção ambiental, práticas de proteção do solo entre outros projetos que visem a prevenção ou mitigação de danos como impactos positivos no meio ambiente. Entende-se assim que apesar de gerar impactos negativos durante o processo de implantação de uma Estação de Tratamento de Efluentes – ETE, ou seja, na fase em que ocorrem as obras civis, esses quando minimizados e mitigados de forma adequada, permitem o avanço futuro e implicam em impacto positivo posterior, no sentido de evitarem ou diminuírem que altas cargas de materiais orgânicos e inorgânicos tenham contato com os recursos hídricos e assim desencadeiem uma série de impactos e consequências negativas.

4.4. Características dos parâmetros de emissão dos efluentes

Os Fundamentos do desenvolvimento sustentável possibilitam a exploração dos recursos naturais de forma racional, para isso é necessário que se estabeleçam limites dessas alterações de forma a garantir os mesmos direitos às gerações futuras (BARBOSA, 2014, p. 15).

Em Matos (2010, p. 117), é descrito que “da água distribuída pelo sistema de abastecimento público e que efetivamente é utilizada nas atividades humanas, 80%, em média, é transformada em esgoto, o qual deve ser coletado [...]”. O autor segue narrando que a água demanda grandes quantidades de energia em sua captação, tratamento e distribuição, e que especificamente no caso do uso doméstico, é gerado um grande volume de efluentes, os quais apresentam um elevado potencial poluidor, sendo uma das principais fontes de poluição das águas.

Efluente de origem sanitária para o presente estudo é a tradução de esgoto doméstico, o qual é oriundo de instalações comerciais, institucionais e públicas, sendo chamado também de esgoto sanitário (METCALF & EDDY, 2016, p. 09). Os principais constituintes dos efluentes são: fezes, urina, águas de banho, de processamento de alimentos, manutenção pessoal e compostos orgânicos e inorgânicos (METCALF & EDDY, 2016, p. 60).

No conceito de Von Sperling (2005 p. 20), a “água usada (esgoto bruto): com a utilização da água, esta sofre novas transformações na sua qualidade, vindo a constituir-se em despejo líquido”, onde suas características variam de acordo com o clima, situação social, econômica, e hábitos da população. Efluentes sanitários²⁶ apresentam aproximadamente 99,9% de água, onde o restante é equivalente a sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e microrganismos. É devido a essa parcela de 0,1% que há a necessidade de tratar os efluentes (VON SPERLING, 2005, p. 84-85).

A vista disso os efluentes sanitários apresentam propriedades ou características que são expressas por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos, as quais manifestam as condições do efluente bruto e tratado. Esses parâmetros são avaliados por meio de ensaios e análises realizadas em campo e em laboratório as quais permitem obter valores ou informações que são indicadores de comprometimento da água.

²⁶ Na obra o autor utiliza em seu texto o termo “esgoto” que é tomado como sinônimo de efluente, este último é usado nesse trabalho de modo a padronizar os termos utilizados.

No estado do Rio Grande do Sul, a Resolução do CONSEMA²⁷ n.º 355 de 13 de julho de 2017 dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

A Resolução define em seu Art. 2º, Inciso XXIX, o “padrão de emissão como: valor máximo permitido, atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais”. (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

Para a compreensão da representatividade dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, na sequência esses são apresentados de forma sintetizada, tendo como referência os padrões elencados na Resolução CONSEMA n.º 355/2017. Essa informação se torna relevante, pois permite um completo entendimento das fases e tipos de tratamento empregados em efluentes, os quais serão descritos posteriormente.

Os principais parâmetros que podem ser mensuráveis fisicamente revelam: a temperatura, a cor, o odor, sólidos e materiais flutuantes. Para o caso de sólidos especificamente, esses podem ser classificados por tamanho e estado e apresentar formas orgânicas e inorgânicas, assim como os materiais flutuantes (VON SPERLING, 2005, p. 87). No Quadro 1 estão relacionadas em síntese as principais características, suas descrições e determinadas interferências no corpo receptor²⁸.

Quadro 1. Caracterização de parâmetros físicos dos efluentes listados na Resolução n.º 355/2017 do CONSEMA.

Parâmetro	Características/Descrição	Interferência
Cor	Avalia condição fresca (ligeiramente cinza) ou séptica (cinza escuro ou preto).	Vincula-se mais a condições estéticas, do que fisiológicas.
Odor	Quando desagradável sugere efluente fresco, enquanto que odor fétido demonstra efluente séptico.	Diversos gases são responsáveis por sua geração, em especial o gás sulfídrico (H ₂ S) que é tóxico aos organismos e corrosivo.
Temperatura	A intensidade varia conforme características do efluente, tipo de tratamento, região ou período do ano.	Quando elevada, influencia na atividade das bactérias, o que resulta no maior consumo do oxigênio dissolvido.

²⁷ Conselho Estadual de Meio Ambiente, Órgão que compõe o Sistema Estadual de Proteção Ambiental (Lei Estadual n.º 10.330 de 27 de dezembro de 1994), de caráter deliberativo e normativo, responsável pela aprovação e acompanhamento da implementação da Política Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/10.330.pdf>>. Acesso em 03 de ago. de 2020.

²⁸ Descrito na Resolução n.º 355/2017 como: qualquer coleção de água superficial que recebe o lançamento de efluentes líquidos.

Sólidos Totais ²⁹	Apresentam distintas dimensões e podem ter origem orgânica ou inorgânica. Todos os contaminantes da água com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos.	Responsável pelas principais impurezas associadas às alterações nas características físicas da água.
	Quando em suspensão são responsáveis pela turbidez (interferem na passagem de luz na água).	Intercepta a luz solar, o que prejudica a vida aquática por dificultar ou não permitir a realização da fotossíntese. Quanto maior a estabilidade em suspensão, maior o efeito poluente da partícula.
	Quando dissolvidos são partículas menores, as quais abrangem os sólidos coloidais ³⁰ .	A depender de sua constituição podem comprometer a vida aquática. São transportados por longas distâncias.
	Quando sedimentáveis se constituem por um material mais grosseiro.	São responsáveis pela formação de lodo oriundo do efluente. São depositados mais próximos a seus emissários.
Materiais Flutuantes	Materiais suspensos com menor densidade de origem orgânica ou inorgânica.	Geram aspectos desagradáveis no corpo receptor e por vezes obstruções dos coletores, aderências nas redes de esgoto e acúmulo nas unidades de tratamento.

Fonte: adaptado pela autora a partir de Matos (2010); Von Sperling, (2005).

A qualidade física da água influencia diretamente nos aspectos químicos e biológicos, a exemplo dos sólidos, que podem comprometer a passagem de luz e assim impedir a realização da fotossíntese dos organismos, assim como a temperatura, que quando elevada favorece a atividade e a proliferação de bactérias aeróbias que conseqüentemente irão consumir uma maior quantidade do oxigênio dissolvido disponível na água, o que resulta na sua eutrofização.

No que se referem aos parâmetros químicos, esses configuram outra forma importante a ser monitorada, uma vez que também alteram diretamente a qualidade da água, e podem se de origem orgânica ou inorgânica. No Quadro 2 relaciona-se de forma breve os parâmetros

²⁹ Soma de todos os sólidos.

³⁰ Aspecto homogêneo por conta do tamanho extremamente pequeno da partícula.

químicos listados na Resolução n.º 355/2017 do CONSEMA e suas principais características e descrições, bem como algumas possíveis interferências corpos hídricos.

Quadro 2. Caracterização dos parâmetros químicos dos efluentes que constam no texto da Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

Parâmetro	Características/Descrição	Interferência
pH	Potencial Hidrogeniônico. Representa a concentração de íons de hidrogênio (H ⁺): pH < 7: condições ácidas pH = 7: neutralidade pH > 7: condições básicas	Em despejos de efluentes sanitários sua variação é oriunda da oxidação da matéria orgânica. Valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática.
Nitrogênio ³¹ (N)	Na água é encontrado na forma molecular, orgânica, amônia, nitrito e nitrato. Fornece informações sobre o estágio de decomposição do efluente (efluente fresco associado ao N na forma orgânica ou de amônia, efluente séptico esta associada a forma de nitrato).	Quando em elevadas concentrações pode conduzir a um crescimento exagerado de algas (processo denominado eutrofização). A conversão da amônia em nitrito e deste em nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido o que afeta a vida aquática. Na forma de amônia, é tóxico aos peixes.
Fósforo (P)	Na água está presente principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. É um nutriente essencial ao crescimento de microrganismos.	Em altas concentrações pode conduzir a um crescimento exagerado de algas (eutrofização).
Oxigênio Dissolvido (OD)	Tem origem na dissolução do oxigênio atmosférico e na produção pelos organismos fotossintéticos. É essencial para os organismos aeróbios. É o principal parâmetro de caracterização dos efeitos de comprometimento da água por despejos orgânicos.	Os valores de OD inferiores a saturação são indicativos da presença de matéria orgânica. Os organismos aeróbios ao realizarem seus processos respiratórios, podem reduzir as concentrações de OD no meio, levando a morte diversos organismos aquáticos.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ³²)	Medida da quantidade de oxigênio necessária para que os processos biológicos degradem a matéria orgânica. Retrata de uma forma indireta o	Em conjunto possibilitam conhecer a biodegradabilidade dos efluentes, sendo parâmetros de fundamentais para

³¹ A Resolução do CONSEMA n.º 355/2017 estabelece sua forma amoniacal.

³² Usa-se frequentemente DBO₅, medida da quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica em um período de cinco dias.

	teor de matéria orgânica uma indicação do potencial do consumo de OD.	caracterização do grau de comprometimento de um corpo d'água.
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Medição do carbono orgânico, usualmente utilizada como substituta da BDO (por se tratar de uma análise que necessita de menor tempo). Mede a quantidade de OD necessária a oxidação da matéria orgânica. Utiliza agentes oxidantes em condições ácidas.	
Metais	Al, Ar, Ba, Cd, Co, Cr, Cr (VI), Sn, Li, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, V, Zn.	Tolerados apenas em concentrações muito baixas, pois se concentram na cadeia trófica, o que resulta em grande dano para organismos situados nos degraus superiores. São tóxicos para os ambientes aquáticos e aos consumidores da água.
Fluoreto	Forma iônica do elemento flúor.	Em altas concentrações é tóxico para os ambientes aquáticos e causa danos a saúde humana.
Cianeto Total	Compostos que contêm o ânion cianeto.	A toxicidade em organismos aquáticos é aumentada com aumento de pH e temperatura e com a diminuição de OD.
Espumas	Escumas – bolhas de ar. Origem nos surfactantes ³³ . Composta por matéria orgânica não biodegradável.	Impede a entrada de luz na água, o que prejudica a fotossíntese pelas algas e conseqüentemente a disponibilização do OD as bactérias aeróbias, as quais são fundamentais na decomposição do material orgânico em suspensão.
Substâncias Tenso-ativas que reagem com Azul de Metileno ³⁴	São detergentes e surfactantes. Compostos orgânicos que modificam as propriedades da água. Reagem ao azul de metileno (cromatografia ³⁵).	Comprometimentos estéticos e formação de espumas por conta de surfactantes. Aceleração da eutrofização.
Óleos e graxas	Podem ser de origem vegetal, animal e mineral.	Prejuízos na oxigenação da, pois interfere nas

³³ Tenso-ativos. Reduzem a tensão da água.

³⁴ MBAS – *Metilene Blue Active Substances*.

³⁵ Método analítico definido como a separação de dois ou mais compostos diferentes por distribuição entre fases, uma das quais é estacionária e a outra móvel.

	Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos ³⁶ .	trocas gasosas entre a água e a atmosfera. São fontes geradoras de sólidos flutuantes.
Sulfeto	Oriundos da decomposição da matéria orgânica que contenha enxofre (S). Oxidação do sulfato em condições anaeróbias	Podem causar odor característico e desagradável na água. Em altas concentrações são corrosivos e tóxicos.

Fonte: Adaptado pela autora a partir de Bonfim, 2006; Brito, 2015; Matos, 2010; Von Sperling, (2005).

A análise dos parâmetros químicos da água é indispensável, a medida que essa detecta micro e macro poluentes, o que leva ao comprometimento do metabolismo dos organismos, além de serem cumulativos e tóxicos em alguns casos.

A má qualidade das águas também ocorre por conta de despejos com a presença de organismos vivos. Dentre os seres vivos pertencentes aos reinos animal, vegetal e protista, possuem destaque as bactérias, protozoários, fungos, vírus e algas (MATOS, 2010, p. 2011). Para o caso das impurezas relacionadas a microrganismos presentes nos efluentes, Von Sperling (2005, p. 37), enfatiza a extrema importância dos parâmetros de ordem biológica, vista as potencialidades da transmissão de distintas doenças que esses possibilitam. Para sua determinação de forma direta, em geral são utilizados organismos indicadores de contaminação fecal pertencentes ao grupo coliformes.

A Resolução do CONSEMA n.º 355/2017 define padrões a serem obedecidos para o parâmetro Ccoliformes Termotolerantes³⁷. As bactérias do grupo coliforme incluem os organismos do gênero pertencente à família *Esterobacteriaceae*, esses organismos são muito comuns em fezes de animais de sangue quente (METCALF & EDDY, 2016, p. 59).

No Quadro 3 estão relacionadas as principais características relacionadas ao parâmetro Coliformes Termotolerantes ao que consta na Resolução do CONSEMA.

Quadro 3. Caracterização do parâmetro biológico coliformes termotolerantes dos efluentes ao que consta no texto da Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

Parâmetro	Características/Descrição	Interferência
Coliformes Termotolerantes	Subgrupo das bactérias do grupo coliforme. Está presente no trato intestinal de humanos e animais	Sua presença indica contaminação por fezes. É patogênica e causadora de doenças de veiculação

³⁶ Hidrocarbonetos.

³⁷ A Resolução descreve em seu Parágrafo único que a bactéria *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro Coliformes termotolerantes e a proporção de correlação entre eles definida junto ao órgão ambiental competente.

	homeotérmicos. Tem como seu principal representante a <i>Escherichia coli</i> , de origem exclusivamente fecal.	hídrica, como distúrbios gastrointestinais e infecções.
--	---	---

Fonte: Adaptado pela autora a partir de Rio Grande do Sul, 2017; Metcalf & Eddy, (2016).

A Resolução do CONSEMA n.º 355/2017 estabelece os limites, ou seja, padrões de lançamento para cada parâmetro, porém ainda em seu Art.11 salienta da possibilidade de inclusão de padrões de emissão para outros parâmetros não previstos³⁸, e ainda, no Art. 18, descreve que também podem ser estabelecidos critérios mais restritivos para os parâmetros de seu texto em função das características individuais de um determinado corpo receptor. Essas variações devem estar baseadas em pareceres e fundamentações técnicas de profissionais habilitados e capacitados para tal (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

Os padrões de lançamento para os parâmetros DBO, DQO, Sólidos Suspensos Totais, Coliformes Termotolerantes e Fósforo³⁹ são estabelecidos exclusivamente conforme a vazão de dimensionamento do empreendimento, ou seja, sua capacidade de tratamento (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

De outra forma, a Resolução descreve em seu Art. 6º, parágrafo 5º, “que órgão ambiental competente poderá mediante análise técnica fundamentada, autorizar o lançamento [...] em desacordo com as condições e padrões estabelecidos [...], se observado”:

- I – comprovação da inexistência de alternativas locacionais e técnicas sustentáveis;
- II – atendimento as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e finais conforme os enquadramentos dos corpos hídricos previstos nos respectivos Planos de Recursos Hídricos de Bacia Hidrográfica;
- III – estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento;
- IV – realização de estudo de capacidade de suporte do corpo hídrico receptor, a expensas do empreendedor [...], (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

No Art. 7º, a Resolução também determina que a vazão dos efluentes líquidos deve ter uma relação com a vazão de referência⁴⁰ do corpo hídrico receptor para que o lançamento não impacte os usos múltiplos dos recursos hídricos superficiais associados ao seu enquadramento (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

³⁸ Em função do contínuo desenvolvimento de novas substâncias tóxicas, bem como a alteração do enquadramento de substância/elemento tido por não tóxico para tóxico.

³⁹ Sempre com eficiência de 75%.

⁴⁰ No Inciso XXXIII da Resolução é definido como vazão de referência do corpo hídrico receptor (Qchr): a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH.

A Resolução n.º 355/2017 trás em seu texto no Art. 17, Inciso II, o que segue:

Para efluentes líquidos sanitários, os parâmetros DBO₅, DQO, Sólidos Suspensos Totais (SST) e Coliformes Termotolerantes devem atender aos valores de concentração estabelecidos ou a eficiência mínima fixada, conforme as faixas de vazão referidas (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

Na Tabela 4, conforme o corpo da Resolução estão elencados os padrões a serem atendidos pelos parâmetros relacionados em função de cada faixa de vazão de lançamento.

Tabela 4. Limites definidos pela Resolução CONSEMA n.º 355/2017 para DBO₅, DQO, SST e Coliformes Termotolerantes conforme faixa de vazão do efluente.

Faixa de vazão do efluente (m ³ /d)		DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Coliformes Termotolerantes	
					NMP/ 100 mL	Eficiência
(1)	Q < 200	120	330	140	-	-
(2)	200 ≤ Q < 500	100	300	100	10 ⁶	90%
(3)	500 ≤ Q < 1.000	80	260	80	10 ⁵	95%
(4)	1.000 ≤ Q < 2.000	70	200	70	12 ⁵	95%
(5)	2.000 ≤ Q < 10.000	60	180	60	10 ⁴	95%
(6)	10.000 ≤ Q	40	150	50	10 ³	95%

Fonte: Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

O Art. 18 a Resolução aponta que também podem ser estabelecidos critérios mais restritivos pelo órgão ambiental responsável em função de aspectos como características físicas, químicas e biológicas, hidrológicas, usos da água e enquadramento legal, desde que apresentada fundamentação técnica que os justifique. Em seu Parágrafo Único de mesmo Artigo, a Resolução ainda determina que:

Para efluentes líquidos sanitários o órgão ambiental competente poderá exigir padrões para os parâmetros fósforo e nitrogênio amoniacal em corpos receptores com registro de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou a eficiência mínima fixada, conforme as faixas de vazão (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

A Tabela 5 descreve conforme o corpo da Resolução os padrões a serem atendidos especificamente para os parâmetros Nitrogênio Amoniacal, o qual se dá sempre por 20 mg/L, independentemente da vazão lançada, e limites para Fósforo Total em função da faixa de lançamento.

Tabela 5. Limites definidos pela Resolução CONSEMA n.º 355/2017 para Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total conforme faixa de vazão do efluente.

Faixa de vazão do efluente (m ³ /d)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Fósforo Total	
			(mg/L)	Eficiência
(1)	Q < 1.000	20	4	75%
(2)	1.000 ≤ Q < 2.000	20	3	75%
(3)	2.000 ≤ Q < 10.000	20	2	75%
(4)	10.000 ≤ Q	20	1	75%

Fonte: Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

Entende-se que os padrões dos parâmetros podem sofrer variações conforme especificidades, local de implantação e do corpo hídrico receptor de cada empreendimento. Isso como mencionado é definido pelo órgão competente e responsável pela emissão das licenças ambientais, tendo como base as investigações preliminares, os pareceres e os estudos de viabilidade técnica, os quais devem abranger e considerar as características do corpo hídrico, no sentido de classe, vazão, zona de mistura, análise das características do ambiente a montante, bem como a alternativa locacional mais adequada para planejar, implantar e operar uma ETE.

4.5. Infraestruturas de tratamento

Dado ao grande impacto gerado por conta do lançamento de efluentes sanitários, distintas técnicas foram desenvolvidas para tratar e controlar a emissão de cargas orgânicas e inorgânicas que comprometem a saúde ambiental como um todo. De encontro a isso, Metcalf & Eddy, (2016, p. 4) acrescentam que [...] “se tornou necessário desenvolver novos métodos de tratamento visando acelerar as forças da natureza, sob condições controladas, em estações de tratamento projetadas para utilizar menores áreas de instalação”.

As infraestruturas que tratam efluentes sanitários são denominadas de Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs. Para um correto planejamento de sua implantação, muitos aspectos devem ser observados quando da escolha do tratamento a se empregar. Entre os mais relevantes descritos por Von Sperling (2005, p. 212-215), estão características do afluente, as tecnologias a serem empregadas, as condições ambientais do corpo receptor, como o poder de

autodepuração, bem como características climáticas, a qualidade que será requerida após o lançamento, o atendimento a legislação específica e a viabilidade locacional e financeira.

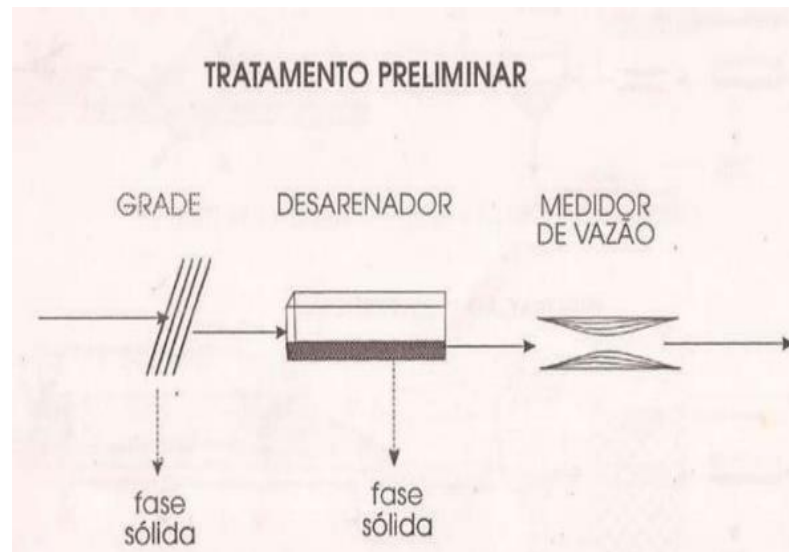
Da mesma forma que os parâmetros contidos nos efluentes, os métodos de tratamento dividem-se em físicos, químicos e biológicos, os quais são processos denominados por Metcalf & Eddy, (2016, p. 10-11) como unitários, onde as suas interligações compõe um sistema de tratamento completo.

Aos processos físicos predominam-se as forças físicas, como exemplo pode-se citar o peneiramento/gradeamento, sedimentação e floculação. Nos processos químicos são adicionados compostos químicos para que ocorra, por exemplo, a precipitação, a adsorção e a desinfecção. Já em processos biológicos são efetuados por meio da atividade orgânica, sendo utilizado para remoção de substâncias orgânicas biodegradáveis, coloidais ou dissolvidas e também para remoção de nitrogênio e fósforo (METCALF & EDDY, 2016, p. 10-12).

O tratamento empregado na remoção dos contaminantes dos efluentes é dividido em: preliminar, primário, secundário, terciário e avançado. De maneira a compreender de forma concisa alguns dos principais métodos de tratamentos empregados e entender objetivo de remoção de cada sistema, na sequência são descritas algumas das principais características e tecnologias utilizadas, juntamente com seus objetivos de remoção.

O tratamento preliminar (Figura 9) visa a remoção principalmente de sólidos grosseiros e areia. Os mecanismos são basicamente físicos, como peneiramento por meio de grades e a sedimentação, a qual visa a remoção de sólidos de maiores dimensões e densidades. Além da remoção de sólidos maiores, o tratamento preliminar também é feito de forma a proteger as unidades de tratamento subsequentes, como bombas e tubulações. É no tratamento preliminar que se realiza a medição de entrada, que pode ser uma calha de dimensões padronizadas (calha *Parshall*), onde o valor medido do nível do líquido pode ser correlacionado com a vazão, adotam-se também vertedores (retangulares ou triangulares), ou ainda mecanismos para a medição em tubulações fechadas (VON SPERLING, 2005, p. 182). A medição de vazão é de extrema necessidade de modo a aferir a quantidade de efluente tratado.

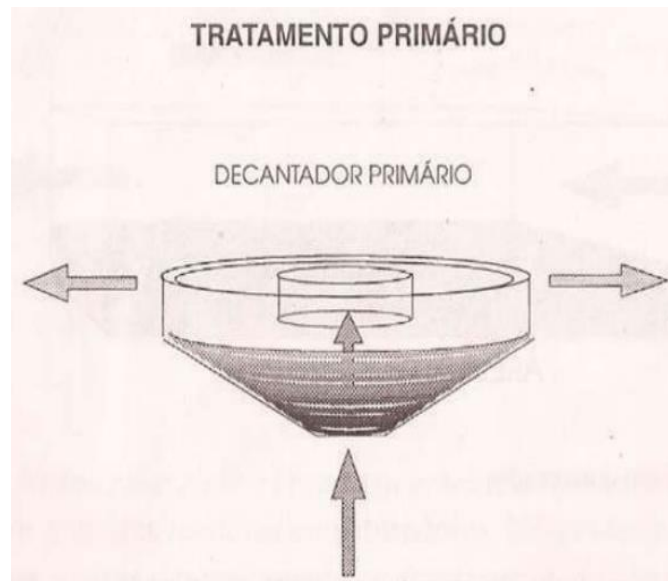
Figura 9. Esquema típico de tratamento preliminar.



Fonte: Von Sperling (2005, p. 183).

No tratamento primário, o objetivo principal é a remoção dos sólidos em suspensão, sedimentáveis e flutuantes. Após o tratamento preliminar, o efluente ainda mantém sólidos em suspensão não grosseiros. A remoção por processos simples como a sedimentação implicam na redução da carga de DBO. Os dispositivos de tratamento primário, geralmente chamados de tanques de decantação primários (Figura 10) são estruturas geralmente circulares ou retangulares, nas quais o efluente flui vagarosamente, isso permite que os sólidos em suspensão sedimentem gradualmente no fundo, onde são removidos por meio de raspadores mecânicos. Já os materiais flutuantes, como óleos e graxas, por sua menor densidade, ascendem para a superfície dos decantadores, onde são coletados para posterior tratamento (VON SPERLING, 2005, p. 182).

Figura 10. Esquema simplificado de um decantador primário.

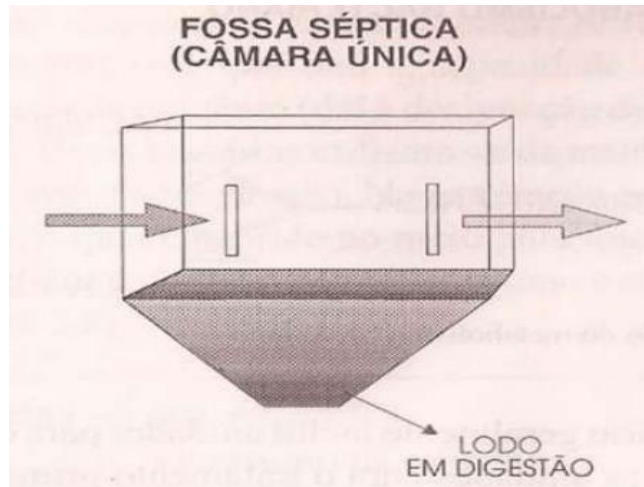


Fonte: Von Sperling, 2005, p. 184).

Existem também as chamadas soluções individuais que são conhecidas como tanques sépticos, tanques *Imhoff* ou fossas sépticas (Figura 11). Essa configura-se como uma das alternativas encontradas frequentemente em locais com ausência de rede coletora de esgoto ou ETE, por se tratar de sistema de baixo custo econômico e não necessitar do emprego de energia ou grandes áreas para instalação. Jordão & Pessoa (2014, p. 250) não consideram tanques sépticos como sendo decantadores primários, e sim somente as unidades que possibilitam a sedimentação propriamente dita sem sua digestão.

De outro modo, Von Sperling (2005, p. 184) define que fossas sépticas são também decantadores primários, onde os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, e lá permanecem por um longo período (meses) para que ocorra sua estabilização em condições anaeróbias.

Figura 11. Esquema simplificado de fossa séptica.



Fonte: Von Sperling (2005, p. 184).

Ainda sobre as fossas sépticas, essas necessitam de atenção quanto a manutenções periódicas, correto dimensionamento e operação, visto que o sistema pode ocasionar danos as águas subterrâneas, quando não impermeabilizados de forma adequada, o que possibilita riscos a saúde por conta da presença constante de patogênicos. O tratamento por meio de fossas sépticas individuais é bastante utilizado em regiões rurais ou com déficit na rede coletora, bem como em regiões periféricas (MDR, 2021, p. 96). No entanto, sabe-se que também são frequentemente utilizadas na forma coletiva (para uma determinada soma de habitantes), nesses casos, seu dimensionamento é proporcional aos habitantes por ela atendidos e geralmente se dá seguida de filtros anaeróbios, os quais aumentam a eficiência de remoção de carga poluente.

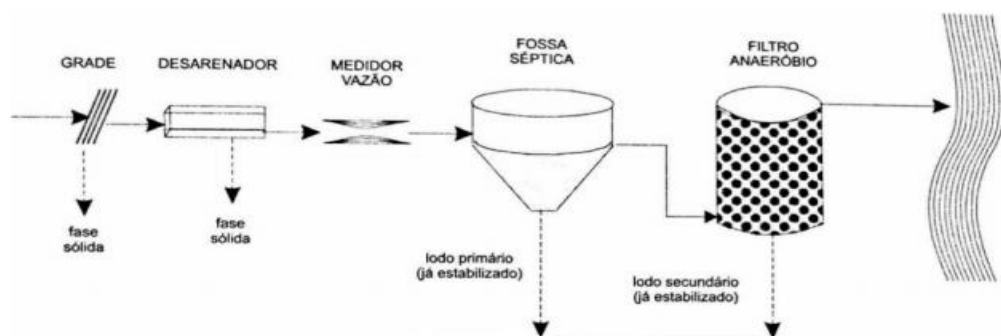
O processo consiste em retenção do esgoto que pode variar de 12 a 24 horas, dependendo da contribuição do afluente. Simultaneamente ocorre a sedimentação dos sólidos em suspensão (60 a 70%), o denominado lodo. A parcela dos sólidos não sedimentáveis é retida na superfície (escumas), o processo se dá por digestão anaeróbia, tanto do lodo, quanto da espuma (JORDÃO & PESSOA, 2014, p. 392-393).

As fossas sépticas são tidas como formas alternativas de tratamento por não apresentarem eficiências de remoção de carga poluidora satisfatórias. Como descrito por Jordão & Pessoa (2014, p. 406-409), as fossas sépticas apenas reduzem a carga orgânica em um grau aceitável em algumas condições, porém não removem totalmente os sólidos e o efluente gerado apresenta frequentemente cor e odor por conta da presença de gás sulfídrico. Os autores também acrescentam que esses dispositivos são um tipo de tratamento primário, os

quais não atingem eficiências maiores do que 50% de redução de sólidos em suspensão e 30% de DBO.

O tratamento por meio de fossas sépticas pode ser acrescido de filtro anaeróbio como exposto anteriormente. Von Sperling (2005, p. 202-203) descreve que a matéria orgânica efluente da fossa séptica se dirige ao filtro anaeróbio, onde ocorre a sua remoção, o fluxo do líquido é ascendente⁴¹. A Figura 12⁴² apresenta a disposição dos equipamentos em série usados pelo processo.

Figura 12. Fluxograma de fossa séptica seguida por filtro anaeróbio.



Fonte: Von Sperling (2005, p. 203).

Em relação ao tratamento secundário, esses têm por essência a inclusão de uma etapa biológica. Onde o principal objetivo do tratamento é a remoção da matéria orgânica na forma de DBO, no qual organismos como bactérias, protozoários e fungos se alimentam da matéria orgânica presente no efluente transformando-a em gás carbônico, água e material celular⁴³ (VON SPERLING 2005, p. 185).

Existem infinitas tecnologias considerando o nível secundário, na sequência são descritos de maneira sintética os sistemas de lagoas de estabilização, de lodos ativados, de filtros biológicos e de tratamento anaeróbio.

As lagoas de estabilização possuem estruturas bastante simples, e podem ser utilizadas de forma única ou em conjunto com suas variáveis.

As lagoas facultativas (Figura 13) requerem extensas áreas e dependem apenas de fenômenos naturais, onde o efluente permanece em média por 20 dias. Como a atividade fotossintética ocorre na superfície, diminuindo a medida que a profundidade aumenta e também por não ocorrer a noite, é necessário que bactérias que atuam na degradação sejam

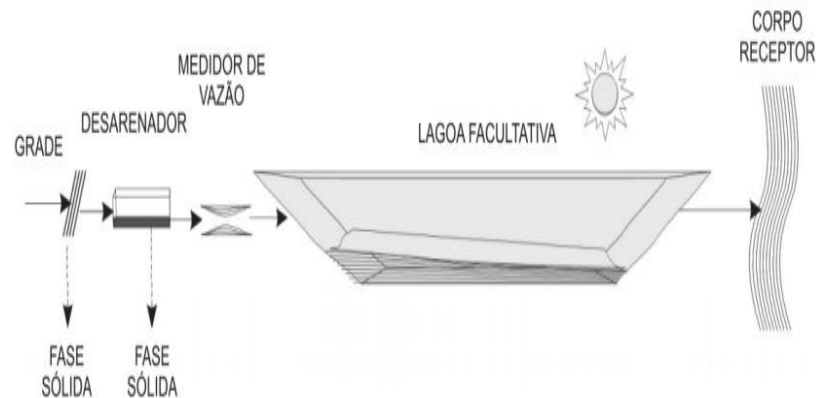
⁴¹ Entrada é na parte inferior do filtro, e a saída na parte superior.

⁴² A figura não representa unidades individuais, ou seja, residências que possuem o sistema de tratamento preliminar.

⁴³ Crescimento e reprodução dos microrganismos.

facultativas. Na lagoa facultativa, a matéria orgânica em suspensão sedimenta, constituindo o lodo de fundo, enquanto a matéria solúvel e em suspensão permanece dispersa no líquido, o sistema apresenta valores satisfatórios para remoção de DBO e patógenos (VON SPERLING, 2005, p. 186-222).

Figura 13. Fluxograma de típica lagoa facultativa.



Fonte Von Sperling (2005, p. 188).

Outra variação desses sistemas são as lagoas anaeróbias seguidas de facultativas, que consistem em uma lagoa de grande profundidade, na qual a fotossíntese praticamente não ocorre, ou seja, em condições anaeróbias onde essa é seguida por uma lagoa facultativa. As bactérias anaeróbias possuem uma taxa metabólica inferior as aeróbias, deste modo o processo de decomposição é menor na lagoa anaeróbia. No entanto, essa remove cerca de 50 a 60% da carga poluidora de esgoto bruto, onde o remanescente é tratado na lagoa facultativa. Esse processo é muito conhecido como sistema australiano, e tem uma eficiência bastante considerável na redução de DBO, contudo, por possuir condições anaeróbias pode por vezes gerar maus odores. Esse sistema é utilizado para locais que dispõem de menor área para instalação de uma ETE que seja por meio de tratamento em lagoas (VON SPERLING, 2005, p. 189-222).

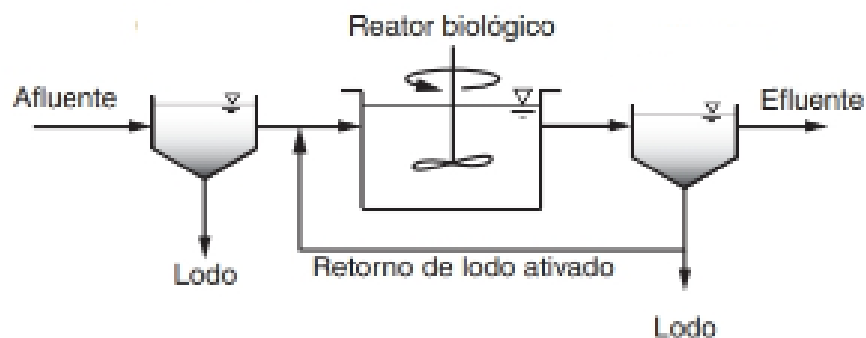
Para o caso de tratamento por meio de lagoas de estabilização que necessitem de espaço menor que no caso das australianas, pode-se ainda trabalhar com os processos de lagoas aeradas facultativas. A diferença está que enquanto na lagoa apenas facultativa o oxigênio é advindo principalmente da fotossíntese, no caso da lagoa aerada facultativa o oxigênio é obtido por meio de aeradores mecânicos, onde com a introdução de oxigênio, o processo de decomposição da matéria orgânica se dá de forma mais rápida. O sistema é denominado também facultativo pelo fato do nível de energia introduzido pelos aeradores ser

suficiente apenas para a oxigenação, e não para manter os sólidos em suspensão na massa líquida. Assim os sólidos tendem a se sedimentar ao fundo e a ser decompostos de forma anaeróbica. O sistema com essa configuração apresenta uma maior eficiência em relação a facultativa e menor incidência de odores em relação a anaeróbica. (VON SPERLING, 2005, p. 190-222).

Existe ainda o tratamento de efluentes por meio de lagoas aeradas de mistura completa, as quais são seguidas por lagoas de decantação que são um meio de trabalhar com os sistemas de lagoas em espaços menores. No processo o nível de aeração é maior, o que permite uma maior oxigenação do efluente, isso faz com que os sólidos sejam mantidos em suspensão juntamente com as bactérias, facilitando o processo de decomposição pelas mesmas. A biomassa que permanece em suspensão posteriormente é direcionada para uma lagoa de decantação, onde há o acúmulo de sólidos sedimentáveis que necessitam de remoção periódica (VON SPERLING, 2005, p. 191-222).

Nos processos de tratamento por meio de lodos ativados (Figura 14), várias configurações de processo são possíveis a partir de seus componentes básicos, onde em muitos casos, é utilizado o conjunto de processos físicos e químicos para o tratamento preliminar e primário dos efluentes. O método básico é constituído por um reator no qual os microrganismos são adicionados ao efluente e mantidos em suspensão e aerados, para posteriormente se separarem em unidades de separação do sólido-líquido. O lodo separado retorna para o processo em um ciclo contínuo ou também na forma de batelada (METCALF & EDDY, 2016, p. 673-674).

Figura 14. Fluxograma de processo de lodos ativados.

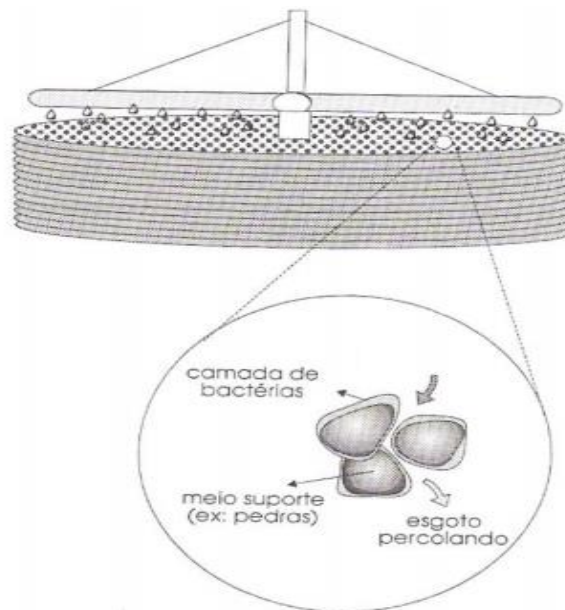


Fonte: Adaptado pela autora a partir de Metcalf & Eddy, (2016, p. 674).

Outro sistema de tratamento bastante comum são os sistemas de filtros biológicos, o qual como define Jordão & Pessoa (2014, p. 468), não retrata exatamente o mecanismo do processo, sendo uma denominação incorretamente empregada, pois não se trata de peneiramento ou filtração. De forma simplificada, o sistema consiste no contato do efluente com uma massa biológica no filtro biológico, fazendo com que ocorra a oxidação química. Assim, o mecanismo do processo se dá pela alimentação e percolação do efluente através de um meio suporte, onde a passagem do efluente promove o crescimento e aderência de material orgânico, o qual é chamado de Zooglea.

Na descrição de Von Sperling (2005, p. 197), os filtros biológicos (Figura 15) são sistemas aeróbios, onde o ar circula nos espaços vazios (ex. cascalhos), onde fornece o oxigênio para os microrganismos que serão responsáveis pela degradação do efluente. A aplicação dos efluentes sobre o meio é frequentemente feita através de distribuidores rotativos, movidos pela própria carga hidrostática, onde o líquido escoar rapidamente pelo meio suporte.

Figura 15. Esquema simplificado de filtro biológico.



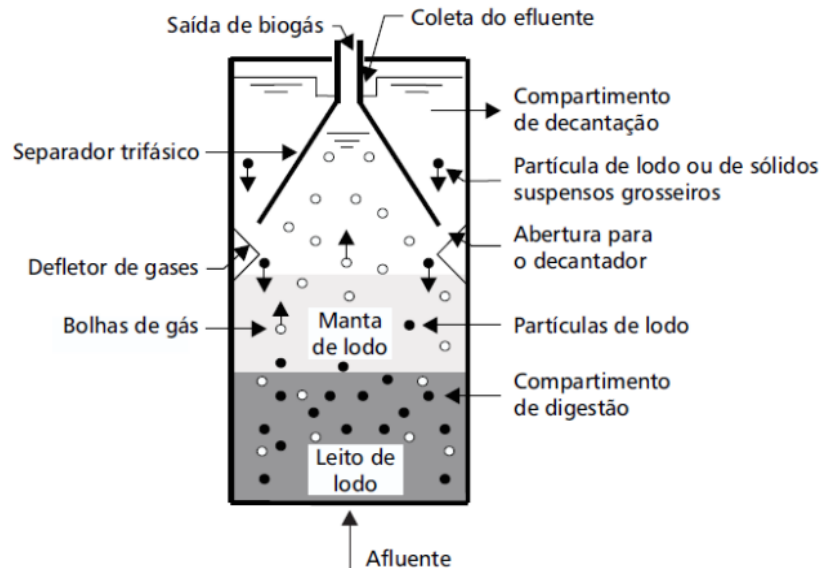
Fonte: Von Sperling (2005, p. 198).

Quanto aos sistemas de tratamento anaeróbios, podem-se citar dois processos de tratamento, as fossas sépticas, já relacionadas, e os *Upflow Anaerobic Sludge* - UASB⁴⁴, os quais apresentam uma operação bastante simples, e que vem sendo muito utilizados no Brasil. Os reatores UASB (Figura 16) consistem em tanques fechados, os quais possuem

⁴⁴ Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente – RAFA em tradução.

internamente uma espécie de defletor e coifa, os quais conduzem os gases gerados no processo para um ponto de coleta. O lodo responsável pela degradação da matéria orgânica (chamada manta de lodo) fica no fundo do reator, onde ocorre a digestão anaeróbia, o efluente tem contato com a manta de lodo e segue no sentido ascendente, no trajeto parte da matéria orgânica fica retida no lodo e há a geração de biogás (JORDÃO & PESSOA, 2014, p. 831).

Figura 16. Princípios de funcionamento de um reator UASB.



Fonte: Jordão & Pessoa (2014, p. 832).

Existem ainda os tratamentos tidos como terciário ou avançado, os quais objetivam a remoção poluentes tóxicos, compostos não biodegradáveis ou a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário, esse tratamento é bastante raro ainda no Brasil (VON SPERLING, 2005, p. 170), principalmente no que refere a sistemas públicos de tratamento de efluentes. Esses processos também são utilizados quando os sistemas convencionais não atendem ao tratamento esperado para uma determinada característica de efluentes, como patogênicos e materiais não biodegradáveis ou ainda quando da necessidade de geração de água de reuso. Geralmente são sistemas que se valem de cloração, carvão ativado ou osmose reversa⁴⁵. Costumam ser bastante onerosos, fato pelo qual são ainda pouco utilizados.

Ao final do tratamento de efluentes, distintos subprodutos são gerados, como é o caso dos resíduos oriundos do gradeamento, areias, escumas e lodo. A esses materiais é necessário

⁴⁵ O termo é utilizado pois não há difusão e sim uma filtração. O processo consiste na aplicação de pressão no efluente para que esse passe por uma membrana. É muito utilizado em processos industriais como alimentação de caldeiras.

dar o adequado tratamento e destinação. Entre as alternativas empregadas com maior frequência, estão a disposição no solo após estabilização do material ou encaminhamento para aterro sanitário (VON SPERLING, 2005, p. 208-210).

Uma ETE é indispensável para que o desenvolvimento econômico e social acompanhem e respeitem os limites do meio ambiente, no entanto, é um empreendimento que deve ser planejado e estudado de forma preliminar a sua implantação. Para isso, as alternativas locacionais devem ser avaliadas em conjunto com a escolha do método de tratamento mais adequado, passando pelas características qualitativas e quantitativas do efluente, bem como das possibilidades técnicas e econômicas no momento de sua implantação e posterior operação eficiente.

4.6. Critérios legais para o processo de licenciamento ambiental

A Constituição Federal de 1988 em seu Art. 24, Inciso VI define que compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar corretamente sobre os recursos naturais, a proteção do meio ambiente e o controle da poluição (BRASIL, 1988). A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, como fundamenta o Art. 1º, Inciso II da Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

No estado do Rio Grande do Sul, a Lei n.º 10.350 de 30 de dezembro de 1994, institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, na qual em seu Art. 2º define como objetivo, a promoção da harmonização entre os múltiplos e competitivos usos dos recursos hídricos e sua limitada e aleatória disponibilidade temporal e espacial. No Inciso III do mesmo artigo define-se como uma de suas finalidades a prevenção da degradação e a promoção da melhoria de qualidade da água, de forma que assegure a disponibilidade dos recursos hídricos a atual e às gerações futuras, em padrões de qualidade e quantidade adequados (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

Com o entendimento que a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais passam com obviedade pelas questões de qualidade e quantidade da água, o controle e o monitoramento das emissões de efluentes de ordem sanitária se fazem de extrema necessidade na busca por um ambiente equilibrado e sustentável.

O saneamento básico promove o que a legislação determina, pois permite evitar, controlar ou mitigar o comprometimento dos recursos hídricos por lançamento de altas cargas de matéria orgânica e inorgânica oriundas de atividades domésticas.

No Código Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, instituído pela Lei Estadual n.º 15.434 de 09 de janeiro de 2020, descreve em seu Art. 14, Inciso XII, o licenciamento ambiental como um importante instrumento de aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos.

A Resolução CONAMA⁴⁶ n.º 237 de 19 de dezembro de 1997 dispõe sobre os critérios utilizados no licenciamento ambiental, esse é definido em seu Art. 1º, Inciso I como:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental (BRASIL, 1997).

A Resolução descreve também a licença ambiental com seu Inciso II, de mesmo artigo como sendo o:

Ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental (BRASIL, 1997).

Em seu anexo 1, a Resolução também apresenta uma lista das atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, onde dentre os considerados serviços de utilidade estão os interceptores, emissários, estação elevatória e tratamento de esgoto sanitário (BRASIL, 1997). Sendo assim, para instalação e operação de ETEs é necessário o processo de licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental competente.

O texto da Resolução CONAMA n.º 237/1997, estabelece os órgãos ambientais competentes em licenciamento ambiental no âmbito Federal, Estadual ou Municipal, em seu Art. 4º define que, compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, o licenciamento de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional:

- I - localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; no mar territorial; na plataforma continental; na zona econômica exclusiva; em terras indígenas ou em unidades de conservação do domínio da União.
- II - localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais Estados;
- III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados;
- IV - destinados a pesquisar, lavar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em

⁴⁶ Conselho Nacional do Meio Ambiente - Órgão criado pela Lei Federal n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981.

qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN;
 V - bases ou empreendimentos militares, quando couber, observada a legislação específica (BRASIL, 1997).

Em seu Art. 5º, a Resolução descreve que compete ao órgão ambiental estadual ou do Distrito Federal o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades:

- I - localizados ou desenvolvidos em mais de um Município ou em unidades de conservação de domínio estadual ou do Distrito Federal;
- II - localizados ou desenvolvidos nas florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente relacionadas no artigo 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e em todas as que assim forem consideradas por normas federais, estaduais ou municipais;
- III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios;
- IV - delegados pela União aos Estados ou ao Distrito Federal, por instrumento legal ou convênio (BRASIL, 1997).

Quando da competência em âmbito municipal, o Art. 6º da Resolução define que:

Ouvidos os órgãos competentes da União, dos Estados e do Distrito Federal, quando couber, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades de impacto ambiental local⁴⁷ e daquelas que lhe forem delegadas pelo Estado por instrumento legal ou convênio.

A Resolução CONSEMA n.º 372 de 22 de fevereiro de 2018 também elenca os empreendimentos e atividades para as quais se faz necessário o licenciamento ambiental. Esses são referidos por Códigos do Ramo – CODRAM e divididos em medidas porte. Os empreendimentos que tratam efluentes de origem sanitária estão descritos como Sistemas de Esgotamento Sanitário – SES, os quais são entendidos como: interceptores, coletores tronco, estações elevatórias, linhas de recalque, tratamento e/ou emissários, o número de seu CODRAM é o 3512,10⁴⁸, e suas respectivas medidas porte, são medidas em m³ e divididas em porte mínimo (até 4.000), pequeno (4.000 a 8.000,00), médio (8.000,01 a 24.000,01), grande (24.000,01 a 40.000,00) e excepcional (maior que 40.000,00). Todas as medidas porte são consideradas como empreendimento com alto potencial poluidor (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

⁴⁷ “É a consequência de alguma intervenção no meio ambiente que afeta somente uma área específica dentro do município, não causando danos fora dos limites daquela cidade”. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/servicos/envia_mail/orientacoes.asp>. Acesso em 02 de mar. de 2019. A Resolução do CONAMA não descreve o que se entende por impacto local.

⁴⁸ CODRAM relativo a ETes públicas, ou seja, não considera ETes relacionada a empreendimentos de parcelamento do solo, universidades, hospitais ou semelhantes. Para esses existem outros CODRAM com medidas porte distintas dessa.

No estado do Rio Grande do Sul compete a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Hoessler – FEPAM o licenciamento e fiscalização na esfera estadual⁴⁹. Tendo os empreendimentos de SES alto potencial poluidor, é de responsabilidade da Fundação o seu licenciamento e posterior monitoramento ambiental na fase de operação, visto que as emissões de efluentes podem comprometer corpos d'água fora dos limites políticos dos municípios pertencentes a uma bacia hidrográfica.

No entanto, a Resolução do Conselho de Administração da FEPAM n.º 008 de 21 de novembro de 2006, estabelece diretrizes e critérios gerais para convênios de delegação de competências em licenciamento e fiscalização ambiental entre a FEPAM e municípios do Rio Grande do Sul. Para fixação do Convênio, os municípios devem atender aos pré-requisitos definidos no Art. 1º da Resolução:

- a) estar atuando efetivamente no licenciamento e fiscalização ambiental há, no mínimo, cinco anos da sua habilitação pelo CONSEMA, conforme Resolução CONSEMA n.º 004/2000;
- b) ter mais de 50 mil habitantes;
- c) possuir equipe técnica de profissionais habilitados à realização das atividades previstas no convênio;
- d) estar em dia com no mínimo 50% do licenciamento das atividades e empreendimentos de impacto local, cadastrados no município, e possuir cronograma de regularização dos empreendimentos não licenciados, aprovado pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente (FEPAM, 2006).

Atualmente a Fundação tem firmado o convênio com quinze⁵⁰ municípios, são eles: Canoas, Caxias do Sul, Erechim, Gravataí, Lajeado, Novo Hamburgo, Pelotas, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Cruz do Sul, Santa Maria, Santa Rosa, Santana do Livramento, São Leopoldo e Sapucaia do Sul. Os municípios pertencentes a área de interesse para esse trabalho são: Canoas, Caxias do Sul, Gravataí, Novo Hamburgo, Porto Alegre, São Leopoldo e Sapucaia do Sul, pois os limites políticos de seus territórios estão localizados total ou parcialmente no interior das bacias hidrográficas área de estudo.

O Art. 3º, Inciso III, IV e V da Resolução n.º 038 de 18 de julho de 2003 do CONSEMA, estabelece as fases do licenciamento ambiental na esfera estadual:

⁴⁹ A Lei Complementar n.º 140 de 08 de dezembro de 2011 fixou normas para cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios. Nesse sentido, empreendimentos e atividades de impacto local podem ser licenciados por órgãos ambientais municipais, desde que esses possuam corpo técnico habilitado e capacitado para tal. As atividades de impacto local estão relacionadas pela Resolução CONSEMA n.º 372/2018 (com sua última alteração em 2019). Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/17101650-372-2018-atividades-licenciaveis-compilada.pdf>>. Acesso em 04 de mai. de 2021.

⁵⁰ Cada município conveniado possui uma tabela específica de atividades e medidas porte o qual está habilitado a licenciar.

III - Licença Prévia (LP): Licença concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

IV - Licença Instalação (LI): Licença que autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

V - Licença de Operação (LO): Licença que autoriza a operação da atividade ou do empreendimento após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação (RIO GRANDE DO SUL, 2003).

Em 29 de maio de 2019 passou a vigorar no Rio Grande do Sul, a Portaria n.º 43 de 2019 que disciplina os procedimentos e critérios gerais para aplicação de Licença Prévia e de Instalação unificadas – LPI⁵¹. Essa possui prazo de validade fixado em cinco anos⁵², não podendo ser renovada. Na Portaria Estadual em seu Art. 4º, Capítulo 1º é definido que, ao término da validade da LPI, o empreendedor não havendo concluído as atividades de planejamento e implantação, poderá esse solicitar junto a FEPAM a Licença de Instalação. No texto da Portaria são definidos os CODRAMs dos empreendimentos e atividades passíveis da aplicação de LPI, onde os SES estão elencados até medida de grande porte (FEPAM, 2019).

A Resolução n.º 038 de 2003 do CONSEMA, em 2016 passou por alterações por meio da Resolução n.º 332 de 08 de dezembro de 2016, essa agora define que as licenças ambientais, independente da fase possuem validade de cinco anos⁵³. Sendo assim, a LO possui também validade de cinco anos no Estado (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

Após obtenção de licença ambiental, especificamente para a fase caso de LO, as ETES devem atender aos valores de concentração fixados conforme a faixa vazão de cada empreendimento como descrito na Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

A implantação de um SES e de uma ETE representa a redução significativa de cargas poluidoras que impactam e comprometem os corpos d'água, sendo assim, são medidas importantes e necessárias de proteção ambiental. O monitoramento da ETE quando da fase de operação se torna indispensável, de modo a acompanhar o seu real funcionamento e a comprovação da diminuição da carga poluidora lançada, essa deve obedecer aos padrões dos parâmetros estabelecidos na LO tendo como base os limites descritos na Resolução CONSEMA n.º 355 de 2017.

⁵¹ Não há processos com esse tipo de licença nos dados analisados por este trabalho.

⁵² Resolução CONSEMA n.º 332/2016.

⁵³ A Resolução n.º 038/2003 aplicava prazos distintos para LP, LI e LO.

5. METODOLOGIA

De modo a avançar quanto ao tema escolhido para análise, este estudo estabeleceu uma finalidade básica-estratégica, com objetivo exploratório em uma abordagem quantitativa em um método hipotético dedutivo valendo-se de material documental, o qual como descrito por Fonseca (2002, p. 32), recorre a fontes mais diversificadas e dispersas sem tratamento analítico [..].

A escala delimitada para estudo foi a bacia hidrográfica, a qual é adotada como sendo a unidade básica de planejamento e gestão dos recursos hídricos (RIO GRANDE DO SUL, 1989).

Preliminarmente foram reunidos, os procedimentos legais mínimos necessários ao licenciamento, controle e monitoramento ambiental de Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs. De maneira paralela foram levantados os municípios que possuem de forma total ou parcial seu território no interior das bacias hidrográficas dos rios Caí, Gravataí e Sinos. Esses levantamentos se deram com auxílio dos planos de bacia de cada Comitê de Gerenciamento, bem como pelo *site* da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA.

Com a relação dos municípios⁵⁴ pertencentes às bacias hidrográficas estudadas, se apurou no *site* da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM⁵⁵, por meio da aba consultas genéricas, a existência de licenças ambientais⁵⁶ em fase de planejamento, instalação e operação emitidas para o Código do Ramo – CODRAM 3.512,10 (refere Sistemas de Esgoto Sanitário – SES⁵⁷). A última busca por esses empreendimentos se deu no mês de dezembro de 2019, sendo assim, empreendimentos com licenças emitidas posteriormente ao período não estão contempladas neste estudo.

⁵⁴ No total foram elencados 62 municípios: Alto Feliz, Alvorada, Araricá, Barão, Bom Princípio, Brochier, Cachoeirinha, Campo Bom, Canela, Canoas, Capela de Santana, Caraá, Carlos Barbosa, Caxias do Sul, Dois Irmãos, Estância Velha, Esteio, Farroupilha, Feliz, Glorinha, Gravataí, Gramado, Harmonia, Igrejinha, Ivoti, Lindolfo Collor, Linha Nova, Maratá, Montenegro, Morro Reuter, Nova Hartz, Nova Petrópolis, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Osório, Pareci Novo, Parobé, Picada Café, Portão, Porto Alegre, Presidente Lucena, Riozinho, Rolante, Salvador do Sul, Santa Maria do Herval, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula, São José do Hortêncio, São José do Sul, São Leopoldo, São Pedro da Serra, São Sebastião do Caí, São Vendelino, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara, Três Coroas, Triunfo, Tupandi, Vale Real e Viamão.

⁵⁵ Licenciamento Ambiental – Consultas Genéricas. Disponível em: <fepam.rs.gov.br/licenciamento/Area1/default.asp>. Acesso em 29 de mar. de 2020.

⁵⁶ Ao todo foram encontrados 13 municípios com licenças emitidas: Alvorada, Araricá, Cachoeirinha, Canela, Dois Irmãos, Esteio, Estância Velha, Glorinha, Gramado, Igrejinha, Osório, Sapiranga e Viamão.

⁵⁷ Interceptores, coletores tronco, estações elevatórias, linhas de recalque, tratamento e ou emissários.

A FEPAM também possui um convênio⁵⁸ de delegação de competências em licenciamento e fiscalização ambiental de atividades definidas como impacto supralocal, no qual atualmente seis municípios estão inseridos na área de estudo⁵⁹, estando assim aptos a realizar o licenciamento de ETEs localizadas em seus territórios. Para esses municípios especificamente não se tinha conhecimento da existência⁶⁰ ou não de ETE, por conta do licenciamento se dar no âmbito municipal.

A partir do levante de municípios com Licença de Operação – LO emitida pela FEPAM e municípios conveniados, elaborou-se um ofício o qual foi encaminhado aos mesmos, solicitando os resultados das campanhas amostrais de monitoramento de lançamento das ETEs com LO para o ano de 2019 em atendimento a Resolução CONSEMA n.º 355/2017 juntamente com informações de coordenadas dos empreendimentos. Para municípios conveniados com a FEPAM se solicitou também a informação de processos em fase de Licença Prévia – LP ou Licença de Instalação – LI que vigorassem naquele momento. Para municípios no qual o licenciamento é sujeito a FEPAM, a busca por empreendimentos nessas fases se deu pelo próprio *site*, onde na busca por município com o número do CODRAM é possível ter acesso as licenças. No Quadro 4 está descrito a relação de informações solicitadas a FEPAM e os dados encaminhados pela mesma.

Quadro 4. Relação de municípios com informação apresentada pela FEPAM.

Solicitação encaminhada à FEPAM	Município ⁶¹	Dado recebido
-Dados de monitoramento de ETEs com LO realizados no ano de 2019. -Licenças de Instalação. -Coordenadas das ETEs.	Cachoeirinha	-Monitoramento -Coordenadas
	Canela	-Coordenadas
	Dois Irmãos	-Monitoramento -Coordenadas
	Esteio	-Monitoramento -Coordenadas
	Estância Velha	-Coordenadas -Informações de LI (vazão e coordenadas)
	Glorinha	-Monitoramento

⁵⁸ Firmado por meio da Resolução n.º 008 de 21 de novembro de 2006 do Conselho de Administração da Fundação.

⁵⁹ Gravataí, Canoas, Sapucaia (esses atendidos pela Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN), Caxias do Sul - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, Novo Hamburgo - Companhia Municipal de Saneamento – COMUSA, Porto Alegre – Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE e São Leopoldo – Serviço Municipal de Água e Esgotos – SEMAE.

⁶⁰ Empreendimentos licenciados pelos municípios não tem suas licenças disponibilizadas no *site* da FEPAM ou de suas prefeituras.

⁶¹ Informações para os municípios de Alvorada, Araricá e Osório. Os municípios de Alvorada e Osório possuem ETEs fora dos limites da área de estudo e o município de Araricá não possui mais processo de licença de ETE no banco de dados da FEPAM.

		-Coordenadas
	Gramado	-Coordenadas
	Igrejinha	-Coordenadas
	Sapiranga	-Coordenadas
	Viamão	-Monitoramento -Coordenadas

Fonte: elaborado pela autora.

O monitoramento de lançamento das ETEs a que se teve acesso aos dados corresponde a pelo menos uma campanha amostral para o ano referido. Todas as estações apresentaram informação de coordenadas. Quanto aos municípios com convênio de delegação, o ofício de solicitação foi encaminhado individualmente a cada órgão responsável, as informações solicitadas e os respectivos dados recebidos estão relacionados no Quadro 5.

Quadro 5. Relação de informações solicitadas a FEPAM e informações fornecidas.

Órgão responsável	Municípios	Informações solicitadas	Dado recebido
Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE	Caxias do Sul		-Monitoramento de lançamento em 2019 -Coordenadas
Companhia Municipal de Saneamento – COMUSA	Novo Hamburgo		-Monitoramento de lançamento de ETEs com LO -Informações de LI -Coordenadas
Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE	Porto Alegre		-Monitoramento de lançamento de ETEs com LO -Coordenadas
Prefeitura Municipal/Secretaria do Meio Ambiente ²	Canoas ¹	-Dados de monitoramento de ETEs com LO realizados no ano de 2019. -Coordenadas das ETEs.	Não respondeu a solicitação. ⁶²
Prefeitura Municipal/Secretaria do Meio Ambiente ²	Gravataí ¹	-LPs ou LIs de ETE em vigor (se houver).	Não respondeu a solicitação.
Prefeitura Municipal/Secretaria do Meio Ambiente ²	Sapucaia do Sul ¹		Não respondeu a solicitação.
Serviço Municipal de Água e Esgotos – SEMAE	São Leopoldo		-Monitoramento de lançamento de ETEs com LO -Coordenadas

1. Municípios atendidos pela Companhia Riograndense de Saneamento- CORSAN.

Fonte: elaborado pela autora.

⁶² O município não respondeu a solicitação, no entanto, em busca ao *site* da FEPAM, a última renovação da LO foi realizada pela Fundação.

As informações dos monitoramentos de lançamentos foram comparadas aos padrões estabelecidos na Resolução CONSEMA n.º 355/2007, e assim avaliado o atendimento de remoção de contaminantes dos efluentes tratados.

Na forma de conhecer a possibilidade de incremento no tratamento, buscou-se no *site* da FEPAM por processos em fase de LP e LI nos municípios localizados no interior das Bacias alvo deste estudo, os quais não foram objeto de solicitação de informações por meio de ofício à Fundação. Na busca foram localizados oito processos, sendo um referente a LP no município de Campo Bom e outros sete em fase de LI nos municípios de Caraá, Parobé, Rolante, Sapiranga⁶³, Santo Antônio da Patrulha e Taquara.

As informações de população atendida por ETE, em regra constam no corpo de cada licença emitida, independentemente da fase do licenciamento, no entanto, houve casos em o dado não consta no documento, ou ainda não foi disponibilizado pelas informações fornecidas pelos órgãos responsáveis. Nesses casos, se adotou considerar o volume de 0,2m³/dia de geração de efluente sanitário per capta, onde a vazão máxima de lançamento da ETE quando dividida por 0,2 tem como resultado um valor de habitantes que são atendidos pela estação. O modo de encontrar uma população próxima ao dimensionamento de cada ETE se baseou na Norma Técnica Brasileira – NBR da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 7229:1993⁶⁴, que descreve os volumes médios de efluentes domésticos gerados por habitante/dia⁶⁵ em distintas configurações.

Com o levantamento das ETEs em todas as fases de licenciamento, realizou-se um somatório de habitantes atendidos por LO, o que representa o atendimento populacional no momento por ETE, juntamente com a soma de habitantes que serão atendidos pelas LPs e LIs, gerando assim um dado de previsão de incremento no atendimento ao tratamento de efluentes sanitários.

As informações de população atendida, resultados das campanhas amostrais de lançamento de efluentes tratados (quando disponíveis) e fase de licenciamento, juntamente com as coordenadas de cada ETE construíram um banco de dados geográfico, o qual por meio da construção de mapas temáticos, possibilitaram visualizar a distribuição espacial dos empreendimentos já em operação, juntamente com os que encontram-se em fase de

⁶³ As informações encaminhadas pela FEPAM não contemplaram a LI, essa informação foi encontrada no *site* da Fundação.

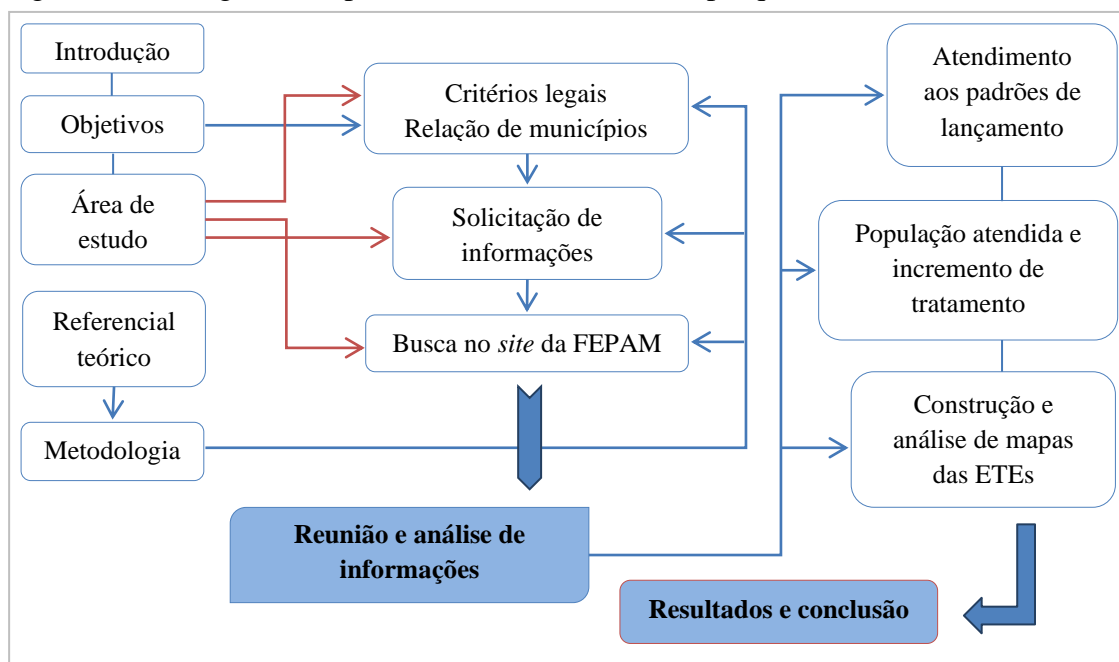
⁶⁴ Norma fixa as condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de afluentes e lodo sedimentado.

⁶⁵ Fez-se uso de 200L/pessoa/dia (0,2m³), referente a emissões residenciais e apartamentos, a escolha do valor se deu pelo fato de ser o maior volume da tabela descrita na Norma, bem como para não sobrepor valores, pois a tabela também trata de escolas, hospitais, quartéis entre outros.

planejamento ou implantação. Para a elaboração dos mapas foi utilizado o *software* livre QGIS em sua versão 3.16 – Hannover. O material cartográfico valeu-se da Base cartográfica para o zoneamento ecológico-econômico do Rio Grande do Sul – escala 1:25.000 (SEMA, 2018), Malha municipal – escala 1:250.000 (IBGE, 2017) e de dados de mapeamento de uso e cobertura de terra disponibilizados pelo Projeto MapBiomias.

Na Figura 17 demonstra-se por meio de fluxograma os processos da construção da presente pesquisa.

Figura 17. Fluxograma de processos desenvolvidos na pesquisa.



Fonte: elaborado pela autora.

A análise dos dados se construiu na medida em que as informações solicitadas à FEPAM e aos municípios com convênio de delegação foram chegando, em paralelo a isso, as pesquisas por LIs também foram sendo realizadas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados reunidos no decorrer do trabalho, é possível verificar que no momento existem 55 empreendimentos referentes a Estações de Tratamento de Efluentes – ETES nas bacias hidrográficas dos rios Caí, Gravataí e Sinos. Desse total, 44 estações já se encontram em fase de operação com LO em vigor, 10 estão em fase de obras de implantação

com LI e uma está em fase de planejamento com LP em vigor. As ETEs, tanto em fase de operação, quanto implantação ou planejamento distribuem-se na área de estudo da seguinte forma: bacia do rio Caí apresenta 16 estações em operação e uma em fase de implantação, a bacia do rio Gravataí possui nove empreendimentos em operação e um em fase de implantação e a bacia do rio dos Sinos que apresenta 19 estações em operação, oito em fase de implantação e uma em fase de planejamento. A Tabela 6 apresenta o número de ETEs por município dentro dos limites de cada bacia hidrográfica.

Tabela 6. Síntese de fase de licenciamento de ETE nos municípios por bacia hidrográfica.

Bacia Hidrográfica	Município	LO	LI	LP
Rio Caí	Canela	03		
	Caxias do Sul	04		
	Dois Irmãos	04		
	Gramado	05		
	Nova Petrópolis		01	
Total		16	01	
Rio Gravataí	Cachoeirinha	01		
	Glorinha	01		
	Gravataí	01		
	Porto Alegre	04		
	Santo Antônio da Patrulha		01	
	Viamão	02		
Total		09	01	
Rio dos Sinos	Campo Bom			01
	Canela	03		
	Canoas	01		
	Caraá		01	
	Estância Velha	01	01	
	Esteio	02		
	Igrejinha	01		
	Nova Santa Rita		01	
	Novo Hamburgo	04	01	
	Parobé		01	
	Rolante		01	
	São Leopoldo	05		
	Sapiranga	02	01	
Taquara		01		
Total		19	08	01
Total Geral		44	10	01

Fonte: elaborado pela autora com base em informações de COMUSA, DMAE, FEPAM, SAMAE, SEMAE.

Os empreendimentos considerados pelo estudo são relativos aos sistemas de tratamento considerados coletivos, onde há presença de uma rede coletora, a qual capta o efluente sanitário desde as unidades residenciais e o encaminha por meio de tubulações para uma ETE. De modo que os resultados encontrados não consideraram sistemas individuais, os

quais dizem respeito ao tratamento de uma única unidade residencial, como por exemplo, fossas sépticas independentes ou ainda, fossas rudimentares⁶⁶.

Embora a ligação a rede para posterior tratamento seja o mais adequado de modo a evitar comprometimento do ambiente e danos a saúde da população, é sabido que sistemas unitários estão muito presentes nas cidades brasileiras, sobretudo em locais remotos ou com ausência de rede coletora.

6.1. Relação dos tipos de tratamento empregados nas ETEs encontradas

Para a grande maioria das ETEs analisadas foi possível identificar o tipo de tratamento utilizado, seja por meio das informações recebidas ou pelo *site* da FEPAM. No Quadro 6 estão relacionados de forma simplificada o tratamento empregado em cada ETE.

Quadro 6. Relação tipos de tratamento das ETEs analisadas.

Nome da ETE - bacia do rio Caí	Município	Fase	Tipo de tratamento
São Luis	Canela	LO	Tanque séptico e filtro anaeróbio
Santa Terezinha			Reator UASB
Vivendas do Arvoredo			Lodos ativados
Belo	Caxias do Sul		Reator UASB e filtro biológico
Pena Branca			Reator UASB e filtro biológico
Pinhal			Reator UASB e filtro biológico
Vitória			Sem informação
São Luiz - Travessão	Dois Irmãos		Tanque séptico e filtro anaeróbio
São João			Tanque séptico e filtro anaeróbio
Vila Becker			Tanque séptico e filtro anaeróbio
São Miguel			Tanque séptico e filtro anaeróbio
Piratini	Gramado		Filtros biológicos e desinfecção por UV
Buena Vista Village			Tanque séptico e filtro anaeróbio
Bairro Dutra			Tanque séptico e filtro anaeróbio
Gramado Park			Reator UASB
Linha Avila		Tanque séptico e filtro anaeróbio	
Nova Petrópolis	Nova Petrópolis	LI	Filtro Biológico
Nome da ETE - bacia do rio Gravataí			
Freeway	Cachoeirinha	LO	Lagoas de estabilização (anaeróbias)

⁶⁶ Abertura sem impermeabilização do solo a qual recebe efluentes sanitários. Esses sistemas além de não removerem de forma satisfatória matéria orgânica, metais e patogênicos, geram o comprometimento do solo e das águas subterrâneas, além da geração de odores e a proliferação de vetores.

			facultativas e maturação)
Glorinha	Glorinha		Reator UASB
Parque dos Anjos	Gravataí		Lagoas de estabilização (anaeróbia facultativa e maturação)
Bosque	Porto Alegre		Sem informação
Arvoredo		Sem informação	
Sarandi		Reator UASB	
Rubem Berta		Sem informação	
Buena Vista		Lodos ativados	
Alvorada Viamão	Viamão		Filtros biológicos
Santo Antônio da Patrulha	Santo Antônio da Patrulha	LI	Reator UASB
Nome da ETE - bacia do rio dos Sinos			
Campo Bom	Campo Bom	LP	Lodos ativados
Vila Nova	Caraá	LI	Reator UASB e filtro biológico
Estância Velha	Estância Velha		Lodos ativados
Nova Santa Rita	Nova Santa Rita		Filtros biológicos
Roselândia	Novo Hamburgo		Sem informação
Parobé	Parobé		Tanque séptico e filtro anaeróbio
Rolante	Rolante		Reator UASB
Sapiranga/Campo Bom	Sapiranga		Filtros biológicos
Taquara	Taquara		Lodos ativados
Mato Grande	Canoas	LO	Lodos ativados
Nova Estância	Estância Velha		Lodos ativados
Esteio/Sapucaia	Esteio		Lodos ativados
Moradas de Esteio	Esteio		Filtros biológicos
Cohab	Igrejinha		Tanque séptico e filtro anaeróbio
Mundo Novo	Novo Hamburgo		Lodos ativados
Morada dos Eucaliptos	Novo Hamburgo		Reator UASB e filtro biológico
Jardim da Figueira	Novo Hamburgo		Lodos ativados
Morada das Rosas	Novo Hamburgo		Lodos ativados
Vicentina	São Leopoldo		Reator UASB, lodos ativados
Feitoria	São Leopoldo		Sem informação
Kruse	São Leopoldo		Sem informação
Distrito Industrial	São Leopoldo		Sem informação
Tancredo Neves	São Leopoldo		Sem informação
Travessão Ferrabraz	Sapiranga		Reator UASB e filtro biológico
Passo da Cruz	Sapiranga		Reator UASB e filtro biológico
Araci Correa	Canela	Tanque séptico e filtro anaeróbio	
Chacrão	Canela	Tanque séptico e filtro anaeróbio	
Reserva da Serra	Canela	Lodos ativados	

Fonte: elaborado pela autora a partir de informações de COMUSA, DMAE, FEPAM, SAMAE, SEMAE.

Percebe-se que os tipos de tratamento empregados pelas ETEs a que se teve acesso a informação, são diversificados. Aparecem com maior frequência os sistemas de fossa e filtro, possivelmente em razão de seu baixo custo e manutenção, seguidos por reatores UASB e tratamento por lodos ativados, os quais demandam menores áreas para instalação e operação.

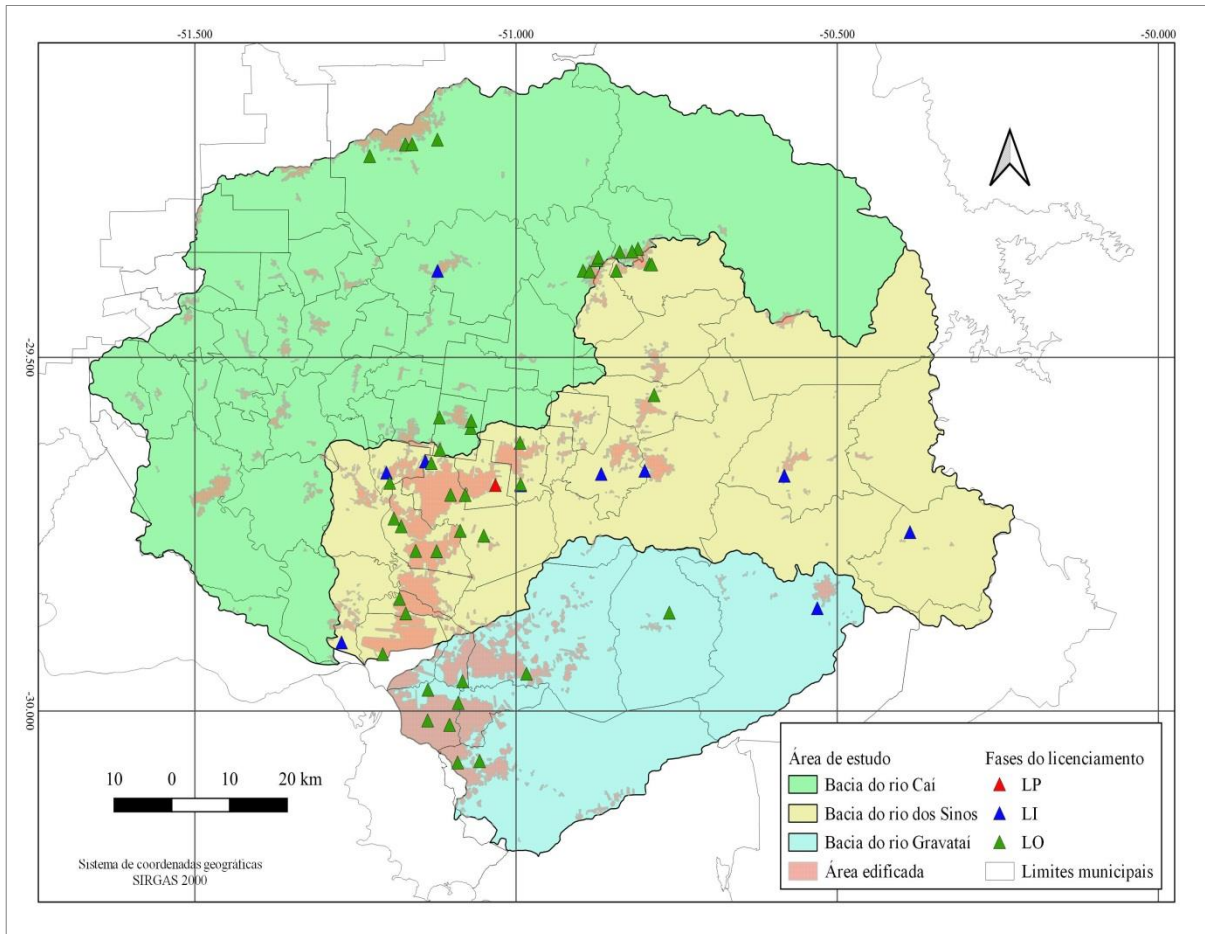
Os sistemas que operam por meio de filtros biológicos aparecem com maior frequência associados ao tratamento por reatores UASB. Já os sistemas de lagoas apresentam menor ocorrência no conjunto de dados analisados, o que pode ser dado ao fato de necessitarem de grandes áreas para instalação e operação.

6.2. Análise geral de ETEs existentes e incremento no tratamento

Dos 64 municípios que fazem parte das bacias dos rios Caí, Gravataí e Sinos, 17 apresentaram LOs de ETEs emitidas pela FEPAM ou pelos municípios que possuem convênio de delegação de competências em licenciamento ambiental.

Com relação ao incremento no sistema de tratamento de efluentes das bacias analisadas, o cenário contempla 11 novas estações em 11 municípios distintos, dos quais oito ainda não possuem ETE e três que já encontram-se em vias de ampliação de sua capacidade tratada. A Figura 18 ilustra a distribuição espacial geral das ETEs na área de estudo.

Figura 18. Mapa de distribuição espacial de ETE.



Fonte: elaborado pela autora a partir IBGE (2020b), (SEMA, 2018).

A análise da distribuição das ETEs permite verificar que esses empreendimentos estão inseridos ou bastante próximos as áreas densamente edificadas, sobretudo os que já se encontram em fase de operação, com destaque para a Região Metropolitana de Porto Alegre, Vale dos Sinos e parte da Serra Gaúcha.

Percebe-se também em uma parcela considerável de áreas edificadas menores e mais apartadas, que não há presença de ETE em operação. Enquanto que ETEs com processo de LI já se fazem presentes, ainda que de forma exígua nessas regiões. A bacia do rio dos Sinos apresenta maior número de empreendimentos em todas as fases do licenciamento, bem como uma maior distribuição espacial dentro de seus limites, ao passo que as bacias dos rios Caí e Gravataí possuem menor número de ETEs e regiões de concentração de empreendimentos.

Ao todo são 44 ETEs que se encontram em fase de operação, com previsão de acréscimo de 11 novas estações para os próximos anos, não sendo possível afirmar o prazo preciso para a conclusão de suas execuções, vista a possibilidade de haver prorrogação de prazos nas licenças. No entanto um cenário hipotético que pode ser colocado é de que a

licença mais atual do conjunto de dados analisado é uma LP, a qual tem validade até o mês de agosto do ano de 2022, considerando a possibilidade de que no mês de agosto de 2022, essa tenha sua LI emitida e que utilize todo o prazo para a execução de suas obras de implantação (cinco anos), não necessitando de renovação, essa terá sua LO emitida no ano de 2027. Desta forma pode-se trabalhar com a probabilidade de que nos próximos seis anos aproximadamente, todo o conjunto de empreendimentos analisados estariam teoricamente em operação⁶⁷ com a LO de suas ETEs.

No total as ETEs que atualmente encontram-se em operação nas Bacias tem a capacidade para tratar os efluentes sanitários de aproximadamente⁶⁸ 1.109.929 habitantes, o que se traduz a um atendimento de 31,86%⁶⁹ de população total somada das três Bacias. Os valores de atendimento populacional estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7. Números de atendimento populacional pelas ETE com LO por bacia hidrográfica.

Bacia hidrográfica	População total	População atendida por ETE	% de atendimento na Bacia
Caí	656.577	181.522 ⁷⁰	27,64
Gravataí	1.379.259	326.822	23,69
Sinos	1.447.678	601.585	41,55
TOTAL	3.483.514	1.109.929	31,86

Fonte: elaborado pela autora com base em dados apresentados por COMUSA, DMAE, FEPAM, SEMAE, SAMAE e SEMA (2020a).

A bacia hidrográfica do rio dos Sinos é a mais populosa e a que apresentou maior capacidade de atendimento populacional quanto ao tratamento. Destaca-se a bacia hidrográfica do rio Gravataí na qual o número de população se aproxima a do rio dos Sinos, porém com o atendimento populacional de tratamento bastante inferior. Em percentual, a bacia do rio Gravataí apresenta tratamento inferior ao da bacia do rio Caí a qual apresenta menos da metade de habitantes em relação as outras duas. Na Figura 19 é possível verificar

⁶⁷ Não é possível afirmar com exatidão um cenário futuro quanto ao tempo de evolução de LPs e LIs, visto haver a possibilidade de necessidade de complementações de informações ou estudos posteriores por parte do órgão ambiental.

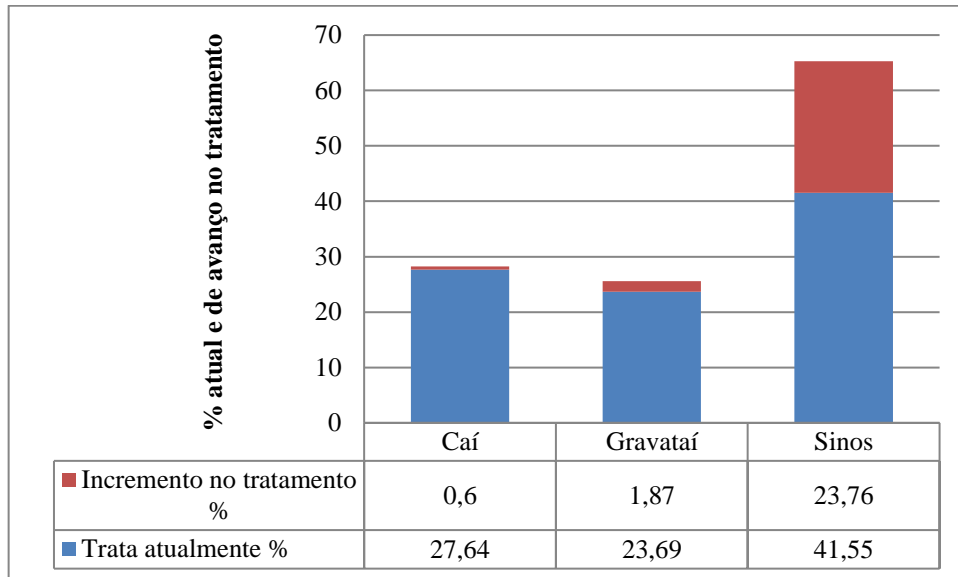
⁶⁸ Em casos não se teve acesso a informação de vazão ou população atendida.

⁶⁹ Para o cálculo se utilizou os dados de população total de SEMA (2020)a.

⁷⁰ ETE Morada das Rosas não apresentou vazão, não sendo possível realizar o cálculo aproximado da população a qual é atendida pela mesma. Para alguns empreendimentos foi realizado o cálculo aproximado seguindo a NBR.

um gráfico com os percentuais de capacidade em população atendida atualmente, bem como os percentuais de aumento no atendimento do tratamento em cada bacia hidrográfica.

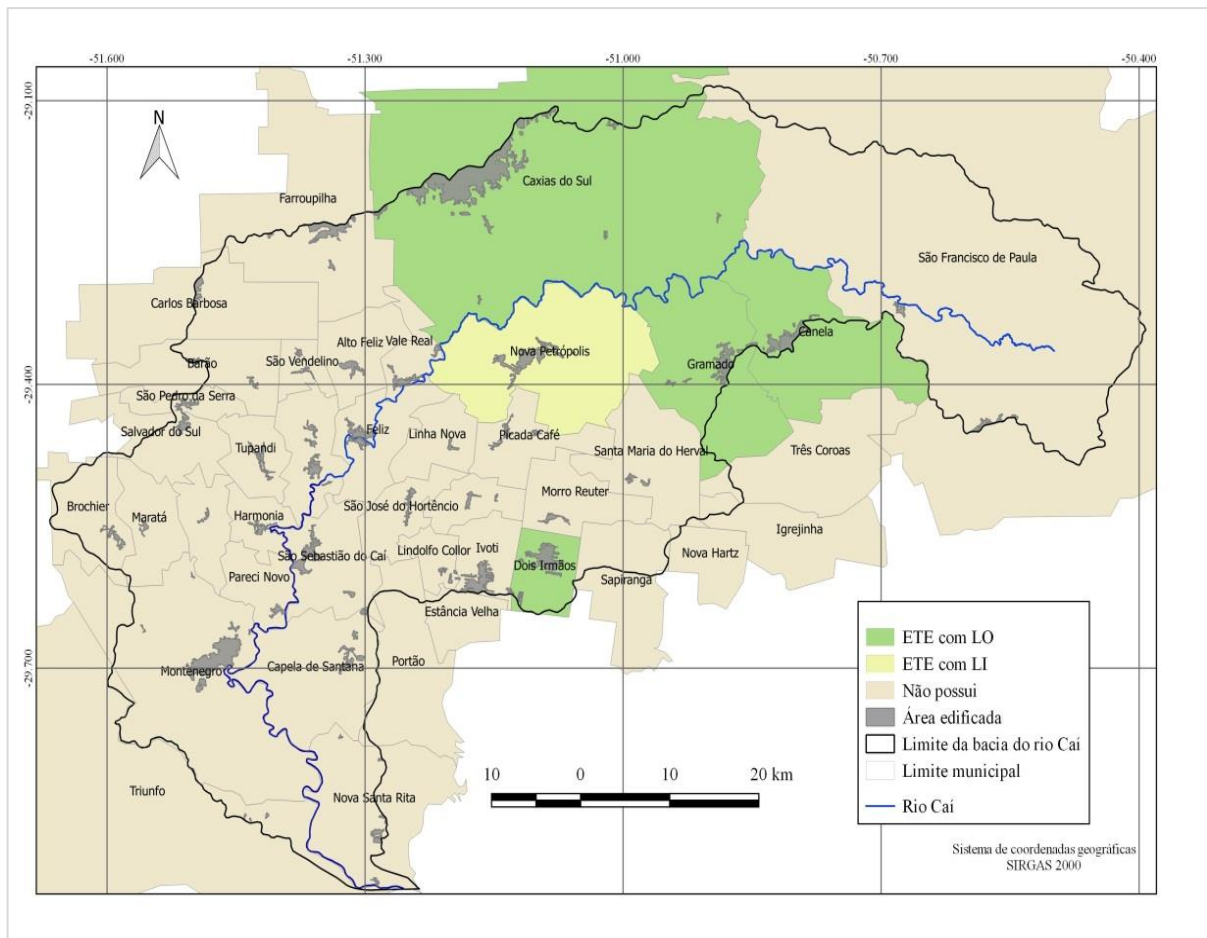
Figura 19. Gráfico de percentual atual e previsão de incremento de tratamento em população.



Fonte: elaborado pela autora.

Na bacia hidrográfica do rio Caí operam 16 ETEs com LO, a Bacia possui um empreendimento em fase de LI, o qual se localiza no município de Nova Petrópolis, como se observa na Figura 20.

Figura 20. Mapa de municípios com LI e LO de ETE na bacia hidrográfica do rio Caí.



Fonte: elaborado pela autora a partir IBGE (2020b), (SEMA, 2018).

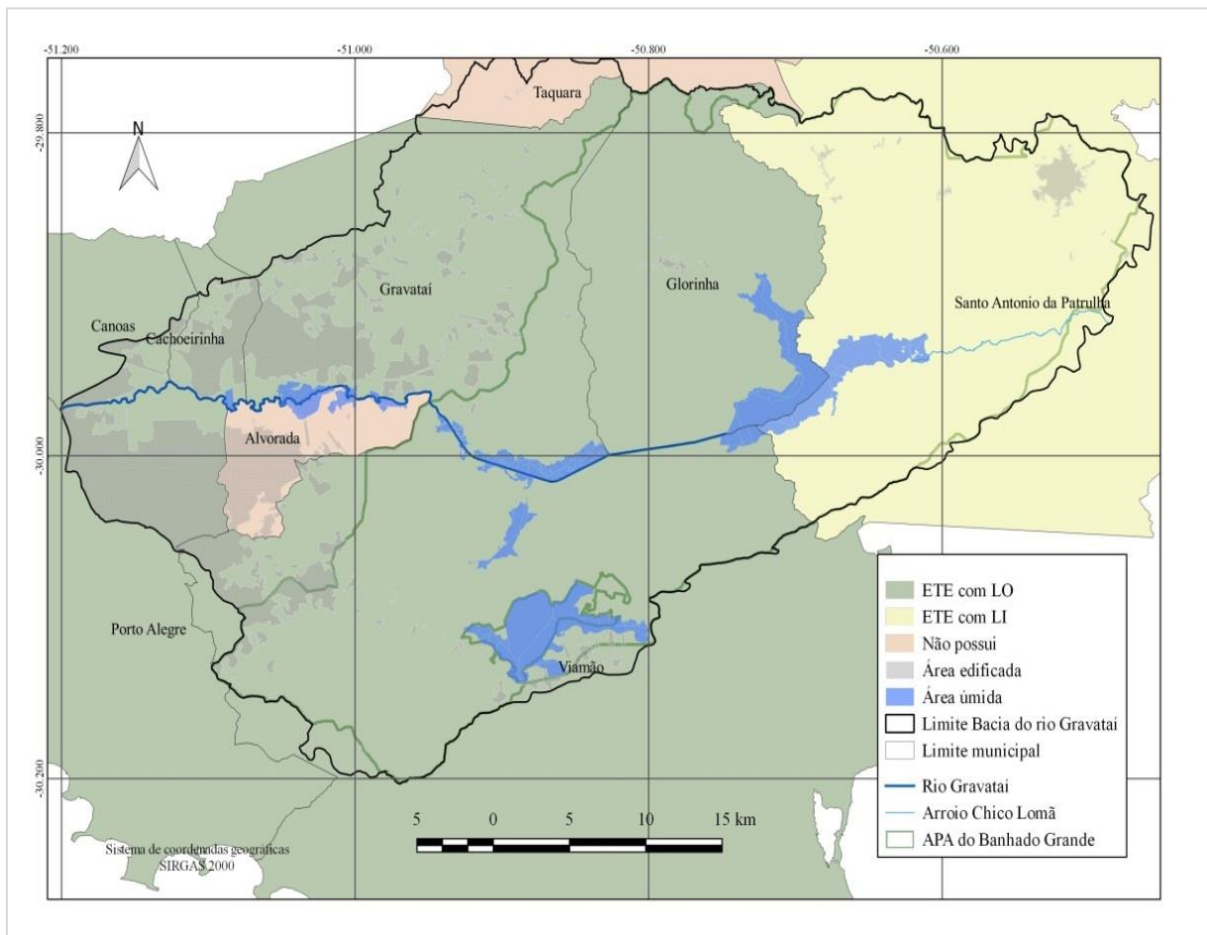
Assim o cenário descrito na bacia do rio Caí é de apenas um município com previsão de incremento ao tratamento, enquanto que nos municípios que já apresentam tratamento, não há atualmente previsão de ampliação em sua oferta de serviço. Os municípios limítrofes como, Estância Velha, Nova Santa Rita e Sapiranga possuem LO ou LI, porém os empreendimentos não estão no interior da bacia do rio Caí, para os demais municípios pertencentes a Bacia, não foi localizada licença ambiental para ETE.

A nova ETE do município de Nova Petrópolis atenderá a 3.955 habitantes. Sua LI possui validade até o dia 12 de janeiro do ano de 2023, momento o qual já deverá contar com sua LO, ou renovação de LI. Sendo assim, considerando um cenário em que não haja a necessidade de renovação da LI e que essa necessite de todo o tempo de vigência de sua atual licença, no ano de 2023 a estação acrescentará aproximadamente 0,60%⁷¹ ao atendimento populacional da Bacia, totalizando então 28,24% de habitantes, ou seja, os efluentes de menos de 30% dos habitantes serão tratados de maneira adequada por uma ETE.

⁷¹ Sem considerar o crescimento da população da Bacia do rio Caí.

Quanto a bacia hidrográfica do rio Gravataí, além das nove ETEs com LO, existe uma estação em fase de implantação com LI no município de Santo Antônio da Patrulha, essa estação irá atender a um equivalente populacional aproximado de 25.920 habitantes. Na Figura 21 estão apresentados os municípios que já possuem ETE em operação, juntamente ao cenário com a nova ETE.

Figura 21. Mapa de municípios com LI e LO de ETE na bacia hidrográfica do rio Gravataí.



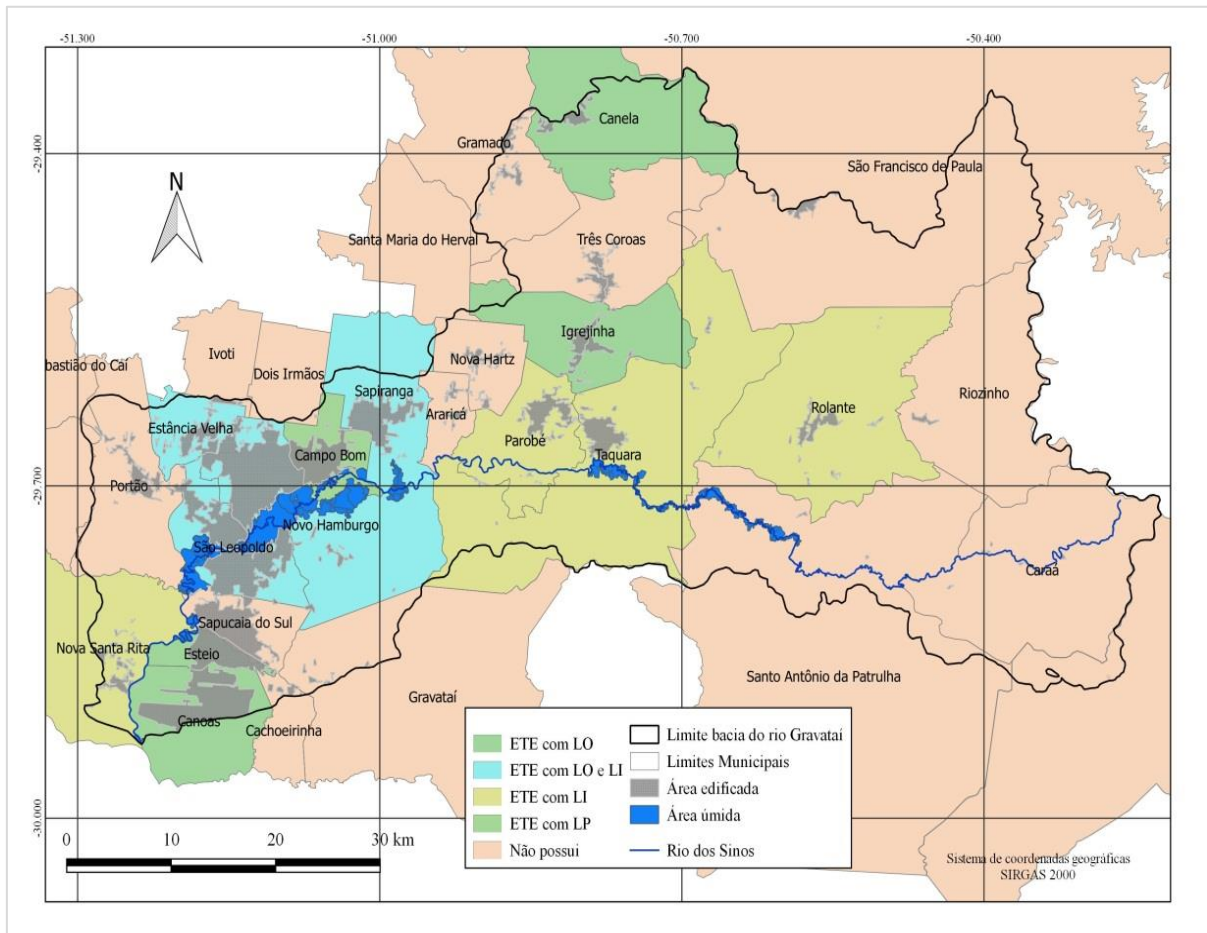
Fonte: elaborado pela autora a partir (IBGE, 2020b), (SEMA, 2018).

A LI referente ao município de Santo Antônio da Patrulha encontra-se vencida no momento, porém o empreendedor já possui processo em análise na FEPAM para LO (desta forma não é possível estimar um prazo aproximado para início da operação da ETE). Porém quando essa iniciar suas operações, o percentual de tratamento em habitantes na Bacia passará a ser de 27,44%, o que equivale a um aumento de 1,87%.

Para a bacia hidrográfica do rio dos Sinos, além das 19 ETEs com LO, nove novas estações estão em fase de planejamento e implantação, sendo oito LIs nos municípios de:

Caraá, Estância Velha, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Rolante, Sapiranga e Taquara, e ainda uma LP no município de Campo Bom como demonstrado na Figura 22.

Figura 22. Mapa de municípios com LP, LI e LO de ETE na bacia hidrográfica dos Sinos.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b), (SEMA, 2018).

O novo montante de ETEs deixa a Bacia atendida de uma forma mais abrangente no que se refere a municípios que possuem tratamento de efluentes sanitários. Desta maneira, ficam os municípios de: Araricá, Nova Hartz, São Francisco de Paula, Osório, Portão Três Coroas e Riozinho sem contribuição com ETE na bacia do rio dos Sinos. Para o caso dos municípios limítrofes, não significa necessariamente que os mesmos não possuam ETEs, mas sim que a parcela de território que ocupam na Bacia não apresenta ETE. Já para o caso do município de Sapucaia do Sul, esse possui consórcio⁷² com o município de Esteio por meio da ETE Esteio-Sapucaia.

A população a ser atendida pelos novos empreendimentos é de cerca de 344.889 habitantes, o que equivale a 23,76% da população total da Bacia.

⁷² ETE está nos limites políticos do município de Esteio.

A partir dos dados trabalhados, estima-se que para os próximos seis⁷³ anos aproximadamente, o percentual de população atendida por ETE na Bacia seja de 65,31%, dos habitantes se considerada a soma do equivalente populacional das licenças (LP e LIs) e o tempo máximo para se obter a LO por todo esse conjunto de licenças.

6.3. Eficiência no atendimento aos padrões de lançamento

O atendimento aos padrões de lançamento foi avaliado com base nos relatórios a que se teve acesso do ano de 2019. Os levantamentos acessados não apresentam sazonalidade homogênea, algumas ETEs possuem campanhas mensais, outras semestrais, ou ainda episódios os quais se interpreta ser apenas uma parcela do monitoramento daquele ano. De todo modo, se faz possível interpretar a qualidade dos efluentes finais com base na amostragem trabalhada, ainda que de forma parcial em alguns casos.

De forma geral, as ETEs encontradas apresentam episódios em que não há atendimento na integralidade das campanhas de seus respectivos períodos. Padrões como: N-NH₃, P total, seguidos por DBO₅, Coliformes termotolerantes/fecais⁷⁴ e sólidos por vezes apresentam valores superiores ao limite de lançamento, havendo também ocorrências de não atendimento a nenhuma amostra coletada no período.

O quadro geral apresenta incremento na oferta do tratamento, visto haver novos empreendimentos em fase de planejamento e implantação, no entanto, ainda não pode ser tomado como satisfatório ou promissor dado ao relativamente pequeno número de novas ETEs em fase de planejamento ou implantação no presente.

Para contribuir com a análise dos resultados encontrados no monitoramento aos padrões de lançamento, optou-se por descrevê-los de forma segregada em cada bacia hidrográfica, de maneira a facilitar a visualização da informação encontrada.

⁷³ Se considerar que a ETE que levará maior tempo até sua operação está localizada no município de Campo Bom, na qual a validade da LP se encerra em 10 de agosto de 2022, momento no qual a estação já deverá contar com LI e considerando que a ETE utilize de todo o tempo de validade de sua futura LI (cinco anos, de acordo com a Resolução CONSEMA 332/2016) e não necessite de renovação de LI, o prazo máximo para que todo esse conjunto de licenças esteja com LO em vigor é de 2027.

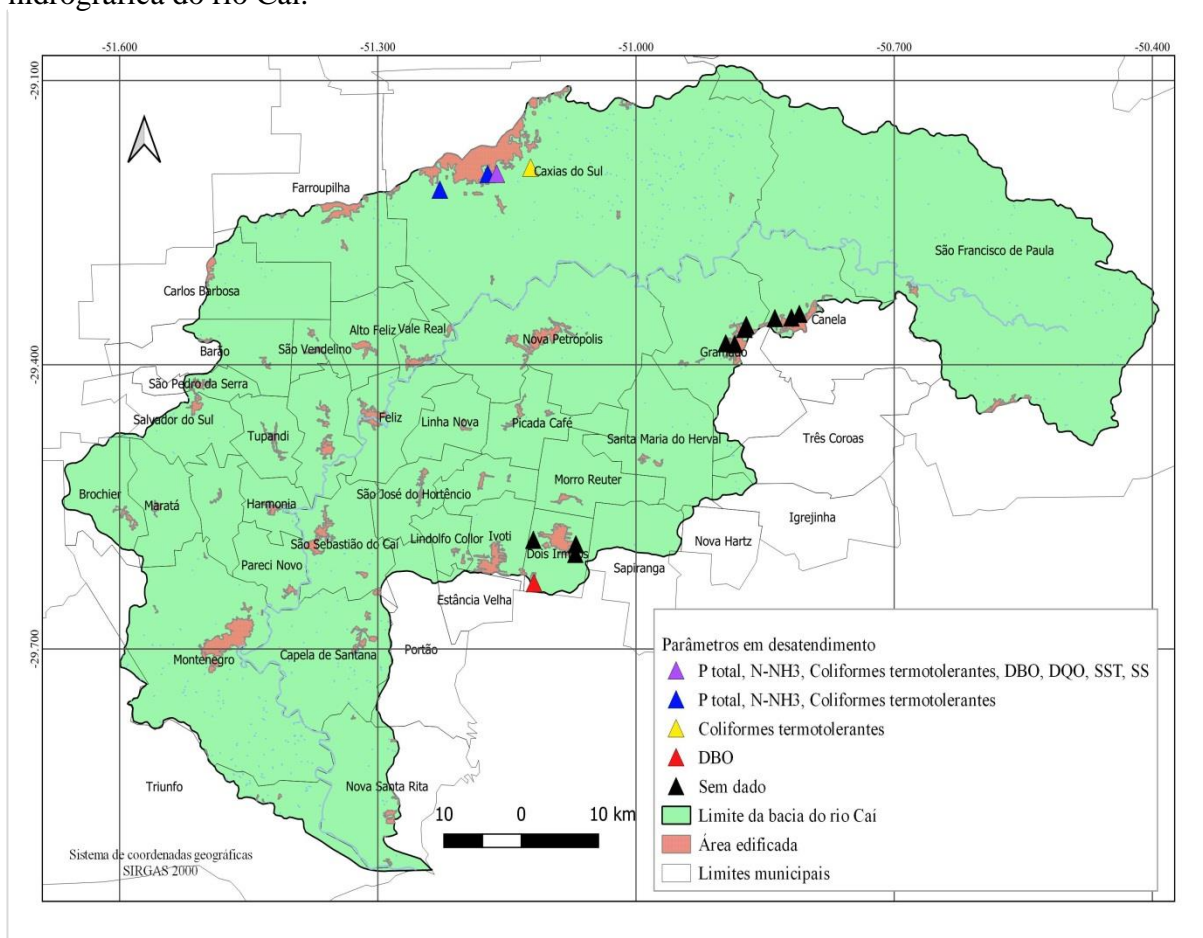
⁷⁴ Por vezes utilizada a *Escherichia coli*.

6.4. Monitoramento aos padrões de lançamento de ETEs na bacia hidrográfica do rio do Caí

A bacia do rio Caí possui 16 ETEs em operação com LO em vigor, sendo os municípios que se encontrou algum tipo de tratamento de seus efluentes: Canela, Caxias do Sul, Gramado e Nova Petrópolis.

Ao todo se teve acesso aos monitoramentos referentes a 2019 de cinco estações, dos quais quatro são pertencentes ao município de Caxias do Sul e uma ao município de Dois Irmãos. A Figura 23 identifica a localização das ETE com informações de monitoramento de lançamento nos limites da bacia do rio Caí.

Figura 23. Mapa da localização das ETEs com informação de monitoramento na bacia hidrográfica do rio Caí.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b), (SEMA, 2018).

Todas as ETEs não atendem integralmente aos limites estabelecidos nos padrões da Resolução CONSEMA n.º 355 de 2017, ou especificamente de suas respectivas LOs.

O parâmetro Coliformes termotolerantes encontra-se fora dos limites aceitáveis para lançamento em pelo menos um episódio das campanhas do ano de 2019 em todas as estações do município de Caxias do Sul que estão inseridas na bacia do rio Caí. Além disso, há dificuldade também no atendimento de P total, N-NH₃, DBO, DQO e sólidos na totalidade. Já o município de Dois Irmãos em sua única coleta para análise da DBO também apresentou valor acima do limite estabelecido. Na Tabela 8 estão elencadas as ETES que apresentaram resultados em desacordo para o lançamento e a frequência com que esses ocorreram.

Tabela 8. ETES que não atenderam integralmente aos padrões de lançamento na bacia hidrográfica do rio Caí.

Município	ETE	Parâmetro	N.º de amostras	N.º de vezes que não atendeu
Caxias do Sul	Belo	P total	12	10
		N-NH ₃	12	2
		Coliformes termotolerantes	12	1
	Pena Branca	Coliformes termotolerantes	12	1
	Pinhal	P total	12	12
		N-NH ₃	12	7
		Coliformes termotolerantes	12	3
	Vittória	Coliformes termotolerantes	12	5
		DBO	12	12
		DQO	12	12
SST		12	11	
SS		12	1	
Dois Irmãos	São Luiz-Travessão	DBO	1	1

Fonte: elaborado pela autora com base em FEPAM e SAMAE.

A rede coletora do município de Caxias do Sul configura-se por rede mista (cloacal e pluvial são coletados juntos), o que reflete os baixos valores de DBO das ETES, por exemplo, por conta da diluição dos efluentes. O grande problema⁷⁵ desse tipo de rede coletora se dá por conta do risco de possíveis extravases e retorno do efluente para as residências, principalmente em momentos com precipitações intensas, ou ainda, um maior consumo de energia e de insumos utilizados, os quais oneram o tratamento, por conta do maior volume de efluente que chega a estação.

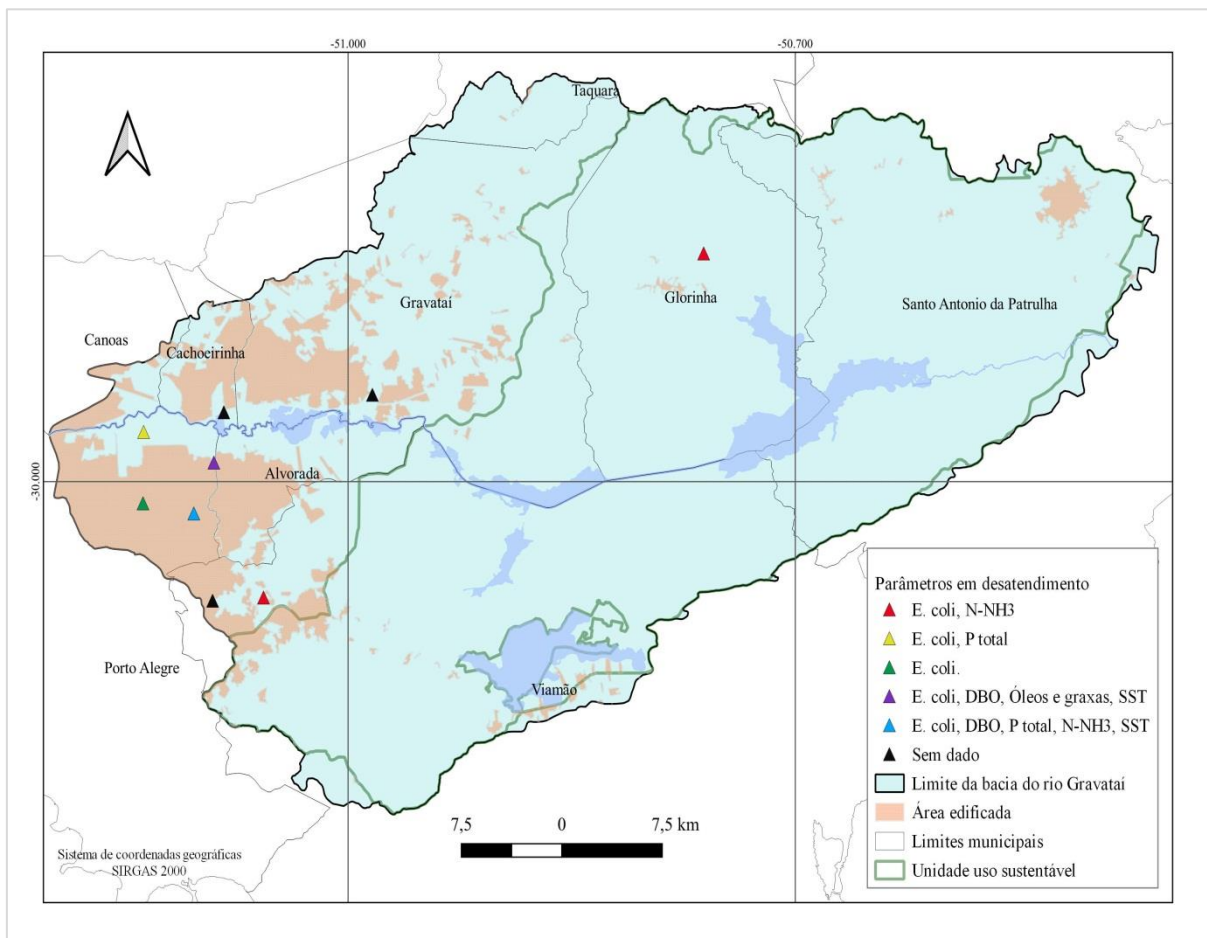
⁷⁵ Esse trabalho não tem conhecimento de como foi realizado o dimensionamento da rede, no sentido de capacidade, no entanto, o sistema misto, foi o escolhido de modo que a coleta de efluentes sanitários contemplasse a maior parcela do Município.

O município de Caxias do Sul apresentou campanhas com sazonalidade constante, o que permite uma análise mais precisa da eficiência na operação de suas ETEs, embora apresente dificuldade de atendimento, essas informações de acompanhamento são indispensáveis na identificação de um sistema que necessite de manutenção ou adequações para correta operação.

6.5. Monitoramento aos padrões de lançamento de ETEs na bacia hidrográfica do rio Gravataí

Na bacia do rio Gravataí estão localizadas nove ETEs em operação com LO, onde são os municípios de: Cachoeirinha, Glorinha, Gravataí, Porto Alegre e Viamão que apresentam tratamento para seus efluentes de origem sanitária atualmente. Os municípios em que foi possível analisar aos relatórios de monitoramento referentes ao ano de 2019 foram: Glorinha, Porto Alegre e Viamão. Na Figura 24 se verifica a localização das ETEs com e sem informações de monitoramento de lançamento nos limites da bacia do rio Gravataí.

Figura 24. Mapa da localização das ETEs com informação de monitoramento na bacia hidrográfica do rio Gravataí.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b), (SEMA, 2018).

Ao todo as seis ETEs com dados de monitoramento na Bacia, não atendem na integralidade aos parâmetros estabelecidos na Resolução CONSEMA n.º 355 de 2017, ou especificamente de suas respectivas LOs. O parâmetro *Escherichia coli*. encontra-se em desacordo em pelo menos um episódio para as campanhas do ano de 2019 em todas as estações presentes no interior da Bacia. Há também dificuldade de atendimento N-NH3, P total, DBO e SST. Na Tabela 9 são relacionados os parâmetros e o número de episódios em desacordo pelas ETEs da Bacia.

Tabela 9. Parâmetros não atendidos integralmente por ETEs localizadas na bacia hidrográfica do rio Gravataí.

Município	ETE	Parâmetro	N.º de amostras	N.º de vezes que não atendeu
Glorinha	Glorinha	<i>Escherichia coli.</i>	3	1
		N-NH3	3	2
Porto Alegre ⁷⁶	Arvoredo	<i>Escherichia coli.</i>	9	2
	Parque dos Maias	<i>Escherichia coli.</i>	10	10
		DBO	10	8
		Óleos e graxas	2	1
		SST	10	4
	Rubem Berta	<i>Escherichia coli.</i>	10	10
		DBO	10	2
		P total	10	4
		N-NH3	12	10
		SST	12	1
Sarandi ⁷⁷	<i>Escherichia coli.</i>	12	4	
	P total	12	12	
Viamão	Buena Vista Parque	<i>Escherichia coli.</i>	7	7
		N-NH3	7	7

Fonte: elaborado pela autora com base em DMAE e FEPAM.

As ETEs do município de Porto Alegre apresentam uma sazonalidade de acompanhamento bastante considerável em suas campanhas. Destaca-se o número de ocorrências em desacordo com os padrões de lançamento, onde há também padrões que não são atendidos em nenhuma coleta amostral. Quanto as informações para o município de Glorinha, ainda que mais escassos, esses também sugerem a dificuldade em seus processos de remoção de carga orgânica.

⁷⁶ ETEs por vezes apresentam altas eficiências de remoção, porém fora do atendimento ao padrão, ou seja, conseguem remover uma grande quantidade de contaminantes, no entanto, ainda insuficientes ao atendimento de padrão dos parâmetros.

⁷⁷ Essa realiza campanhas semanais, para efeito de análise, se considerou o maior valor do resultado mensal.

6.6. Monitoramento aos padrões de lançamento de ETEs na bacia hidrográfica do rio dos Sinos

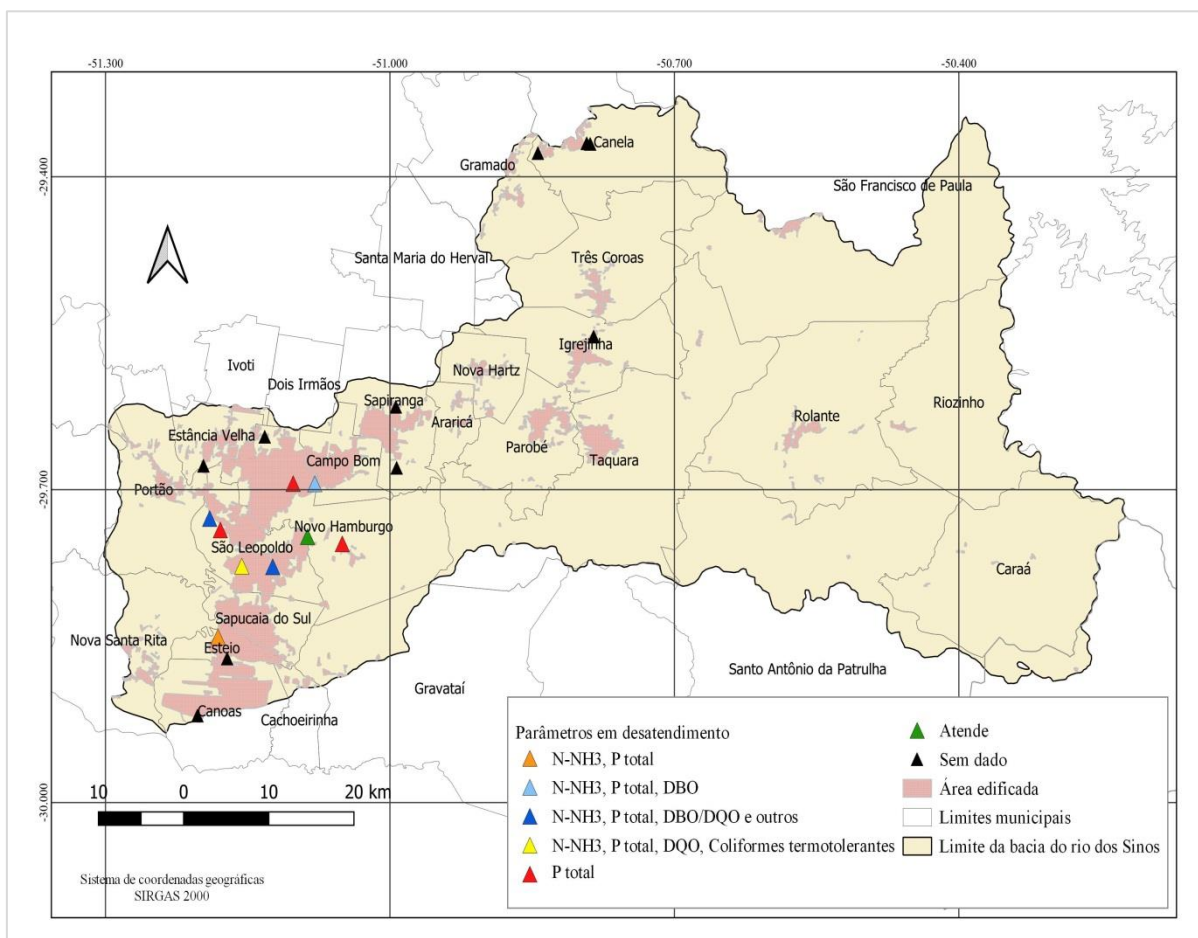
A bacia do rio dos Sinos possui atualmente 19 ETEs que operam com LOs, é a bacia mais atendida por tratamento e mais promissora no sentido de aumento futuro do tratamento em relação as demais bacias de estudo. Os municípios que apresentam tratamento de seus efluentes de ordem sanitária são: Canela, Canoas, Estância Velha, Esteio, Igrejinha, Novo Hamburgo, São Leopoldo e Sapiranga.

Dentre os municípios que apresentam ETE na Bacia, se teve acesso aos relatórios de monitoramento do ano de 2019 para os municípios de: Esteio⁷⁸, Novo Hamburgo⁷⁹ e São Leopoldo. A Figura 25 permite verificar a localização das ETEs dentro dos limites da Bacia.

⁷⁸ Somente monitoramento da ETE Esteio-Sapucaia.

⁷⁹ ETE Morada das Rosas não apresentou vazão, não sendo possível comparar os padrões recebidos as faixas de vazão da Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

Figura 25. Mapa da localização das ETEs com informação de monitoramento na bacia hidrográfica do rio dos Sinos.



Fonte: elaborado pela autora a partir de (IBGE, 2020b), (SEMA, 2018).

A grande maioria das ETEs em operação não atende em sua totalidade aos parâmetros estabelecidos nos padrões da Resolução CONSEMA n.º 355 de 2017, ou especificamente de suas respectivas LOs.

Das nove ETEs com dados de monitoramento, apenas uma cumpre integralmente aos padrões de lançamento, essa é a ETE Feitoria, localizada no município de São Leopoldo. Todas as demais têm dificuldade no atendimento a parâmetros como N-NH₃, P total, com episódios de lançamentos em desacordo com DBO e/ou DQO e outros (Sólidos Suspensos ou Óleos e Graxas). E ainda, uma estação apresenta desacordo em todas as amostras para Coliformes termotolerantes e P total, essa é a ETE Vicentina localizada no município de São Leopoldo, a qual apresenta problemas também referentes ao atendimento a N-NH₃, onde em apenas uma das 12 amostras da campanha de 2019 atendeu ao parâmetro, a ETE, é a maior do Município, e possui uma capacidade de tratamento de 8.640m³/dia, o equivalente a

aproximadamente 43.200 habitantes por dia. Na Tabela 10 estão descritos os episódios de não atendimento aos parâmetros referidos na Bacia.

Tabela 10. Parâmetros não atendidos integralmente por ETEs localizadas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos.

Município	ETE	Parâmetro	N.º de amostras	N.º de vezes que não atendeu
Esteio	Esteio-Sapucaia	N-NH3	4	3
		P total	4	3
Novo Hamburgo	Jardim da Figueira	P total	12	7
	Morada dos Eucaliptos	N-NH3	12	12
		P total	12	11
		DBO	12	1
Mundo Novo	P total	12	11	
São Leopoldo	Distrito Industrial	P total	12	1
	Tarcílio	N-NH3	11	10
		P total	11	9
		DBO	11	4
		DQO	11	2
		SS	4	2
	Tancredo Neves	N-NH3	12	11
		P total	12	12
		DBO	12	7
		DQO	12	4
		Óleos e graxas minerais	5	1
	Vicentina	N-NH3	12	11
		P total	12	12
DQO		12	1	
Coliformes termotolerantes		12	12	

Fonte: elaborado pela autora com base em COMUSA, FEPAM e SEMAE.

Como encontrado nas demais bacias, a quantidade amostral não abrange a todas as ETEs localizadas na Bacia. É possível perceber que municípios como Novo Hamburgo e São Leopoldo monitoram com uma frequência muito padronizada suas estações, contudo, os

resultados em desacordo são recorrentes, o que sugere que por vezes as ETEs operam com pouca eficiência de remoção de matéria orgânica.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realidade que se coloca é um cenário ainda precário, onde até o momento apresenta expectativas bastante discretas de avanço. O Rio Grande do Sul, Estado importante do ponto de vista econômico e social, revela bacias hidrográficas com municípios industrializados e importantes na contribuição do desenvolvimento do Estado como as dos rios Caí e Gravataí operando com uma capacidade de população atendida por tratamento de efluentes sanitários de 27,64% e 23,69% respectivamente. Em relação a essas, a bacia hidrográfica do rio dos Sinos apresentou um percentual mais elevado, onde a capacidade de atendimento populacional é de 41,55% no momento da pesquisa.

O avanço do tratamento previsto no momento para aproximadamente os próximos seis⁸⁰ anos também é bastante distinto nas três Bacias estudadas, onde a bacia hidrográfica do rio Caí aparece como a mais inexpressiva com incremento de apenas 0,60%, seguida da bacia do rio Gravataí que tem previsão de incremento de 1,87% e bacia do rio dos Sinos com aumento previsto de 23,76%, sendo essa a mais promissora da área de estudo.

Os dados trabalhados referem a escala de bacia hidrográfica, havendo nessas um grande número de municípios que no momento da pesquisa não possuíam ETE em operação, implantação ou planejamento. Se faz importante também considerar que os dados são de capacidade de população atendida por ETEs, o que não necessariamente reflete o acesso ao tratamento real, haja vista o não conhecimento do número de redes coletoras e ligações residenciais ligadas a essas.

Das 44 ETEs que apresentam LO, se teve acesso aos relatórios de monitoramento de lançamentos de efluentes tratados de 21 empreendimentos com as campanhas amostrais referentes ao ano de 2019, onde apenas uma estação atendeu integralmente aos padrões de emissão, a ETE Feitoria no município de São Leopoldo. De modo geral pode-se verificar por meio das informações recebidas que as estações demonstram dificuldade de atendimento aos limites de lançamento descritos na Resolução n.º 355/2017 do CONSEMA.

⁸⁰Em função dos prazos do conjunto de licenças analisadas.

Na bacia hidrográfica do rio Caí, se teve acesso ao monitoramento de cinco estações, onde observou-se o não atendimento para limites de parâmetros como P, N-NH₃, DBO e Coliformes termotolerantes.

Os relatórios disponíveis para monitoramento dos lançamentos na bacia do rio Gravataí também somaram-se de cinco estações, nas quais N-NH₃, DBO, P e por vezes sólidos apresentam episódios de não atendimento aos limites de emissão. Destacam-se os resultados para *Escherichia coli.*, na qual há episódios em todas as ETEs de não atendimento ao limite da Resolução n.º 355/2017 do CONSEMA.

Quanto aos monitoramentos da bacia do rio dos Sinos, no total foram 10 relatórios referentes ao monitoramento, nos quais apenas uma ETE apresentou análises em todas as campanhas amostrais dentro dos limites para emissão. Nas demais nove estações, parâmetros como N-NH₃, DBO/DQO aparecem em desatendimento em várias campanhas, com destaque para P, onde nove estações apresentaram episódios em desatendimento dentro de suas campanhas para o período.

Observou-se de modo geral lançamentos de efluentes tratados em desacordo com os limites estabelecidos e considerados adequados para emissão em corpos hídricos. Os resultados permitem verificar que parâmetros químicos e biológicos apresentam um grande número de campanhas em desatendimento. A carga orgânica e inorgânica lançada possibilita o desenvolvimento de vírus, bactérias, fungos e microrganismos patogênicos os quais geram danos ao ambiente natural e conseqüentemente saúde humana, bem como danos econômicos como despesas com tratamento de doenças relacionadas a água de má qualidade, bem como tratamento para consumo humano.

Entende-se que certamente o tratamento dos efluentes sanitários realizado por meio das ETEs analisadas é de extrema importância e indispensável para diminuição da carga poluidora, contudo, quando se lê capacidade de tratamento, é importante também considerar a eficiência deste por meio do atendimento aos limites seguros de emissão. Além disso, o monitoramento também permite a correção de sistemas que por vezes podem estar operado de maneira inadequada, o que serve de identificativo na busca pelo processo de melhoria contínua.

Sendo o saneamento uma realidade ainda muito distante da ideal, ações para a implantação e manutenção de medidas de prevenção ou mitigação de impactos gerados por sua ausência ou ineficiência, devem ser tomadas por parte das gestores e órgãos responsáveis para tal. A Lei n.º 14.026 de 15 de junho de 2020 a qual atualiza o Marco Legal do Saneamento, define em seu Art. 11-B a universalização do saneamento, no qual os contratos

de prestação de serviços devem atender a 90% da população dos municípios com coleta e tratamento de esgoto até o ano de 2033 (BRASIL, 2020). Desta forma espera-se que políticas públicas adequadas para o acréscimo no tratamento de efluentes de ordem sanitária sejam implementadas nos próximos anos no Brasil de modo geral, não apenas para atendimento da legislação, mas também como estratégia que quando associada ao planejamento espacial das cidades contribui para um processo de desenvolvimento social e econômico ambientalmente equilibrado com dignidade e bem-estar para sua população.

Os efluentes sanitários quando apenas afastados sem o devido tratamento antes de sua emissão são apenas a mera transferência de local dos impactos socioambientais dentro do espaço. Nesse sentido, é importante o olhar atento para os mais vulneráveis, pois é sabido que são os mais desassistidos pela ausência de tratamento adequado e por consequência, os mais impactados. A preservação dos recursos hídricos é a base para uma sociedade com justiça social e equilíbrio ambiental, pois sendo a água a base de toda forma de vida, é impossível alcançar evolução sem sua preservação.

Deste modo o presente estudo considera insuficiente e deficitário o tratamento de efluentes nas Bacias alvo de estudo, com expectativas de acréscimo que até o momento não representam avanços significativos. Sendo assim, salienta a relevância de estudos posteriores e complementares com um acompanhamento contínuo da evolução do tratamento de efluentes sanitários por meio da implantação de novas ETEs que venham passar pelas distintas fases do licenciamento ambiental, bem como do monitoramento constante da qualidade dos lançamentos afim de que toda informação possa contribuir para o processo aguardado, porém ainda utópico de universalização do tratamento.

8. REFERÊNCIAS

COMITÊ GRAVATAY. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. Relatório Final. Bourscheid: Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.riogravatai.com.br/index.php/comite-gravatahy-documentos/category/3-plano-de-bacia>>. Acesso em 05 de jan. de 2020.

COMITÊSINOS. **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. [s.d]. Disponível em: <<http://www.comitesinos.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>>. Acesso em 05 jan. de 2020.

BARBOSA, Pereira Rildo. **Avaliação de risco e impacto ambiental**. 1.º ed. São Paulo: Érica – Saraiva, 2014.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Antiga**. Rodo inside. 2014a. Disponível em: <<http://www.rodoinside.com.br/historia-saneamento-basico-na-idade-antiga/>>. Acesso em 15 de mai. de 2020.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico no Brasil**. Rodo inside. 2014c. Disponível em: <<https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/>>. Acesso em 15 de mai. de 2020.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Média**. Rodo inside. 2014b. Disponível em: <<https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-media/>>. Acesso em 15 de mai. de 2020.

BRASIL. **Lei n.º 10.257 de 10 de junho de 2001. Estatuto da Cidade**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em 03 de ago. de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA). **Resolução CONAMA n.º 237 de 19 de novembro de 1997**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 09 de mai. de 2019.

BRASIL, **Resolução CONAMA n.º 001, de 23 de janeiro de 1986**. Livro do Conama. p. 922-927. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>>. Acesso em 10 de jul. de 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 10 jul. 2019.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em 10 jul. 2020.

BRITO, Zélia Soares de. **Identificação de sólidos flutuantes dos efluentes na cidade de Pombal/PB.** Orientadora Rosinete Batista dos Santos Ribeiro. UFCG, 2015. 48 f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/12552/1/Z%C3%89LIA%20SOARES%20DE%20BRITO%20%20TCC%20ENGENHARIA%20AMBIENTAL%202015.pdf>>. Acesso em 04 de jan. 2021.

BONFIM, Henrique Jefferson. **Remoção de surfactantes (LAS) no tratamento anaeróbio de esgotos domésticos.** Orientador: Mário Takayuki Kato. UFPE, 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Recife, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5515/1/arquivo6163_1.pdf>. Acesso em 04 de jan. 2021.

BRASIL. **Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981.** Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm#art20>. Acesso em 03 de mai. de 2019.

BRASIL. **Lei n.º 14.026 de 15 de julho de 2020.** Atualiza o Marco Legal do Saneamento. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em 15 de mai. de 2021.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Miguel Antônio; FUCKS, Suzana Druck; CARVALHO, Marília Sá. Análise espacial e geoprocessamento. In: CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Miguel Antônio; FUCKS, Suzana Druck; CARVALHO, Marília Sá.(Org). **Análise espacial de dados geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 01-26. *E-book*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em ago. 2021.

D'ALGE, Júlio César Lima. Cartografia pra Geoprocessamento. *In*: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. (Org). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 141-172. *E-book*. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em ago. de 2021.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS, DATASUS. **Internações por Região de Saúde (CIR) segundo Região de Saúde/Município**. Período: Jan-Jun/2021. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nirs.def>>. Acesso em 03 de ago. de 2021.

FONSECA, da João José Saraiva. **Metodologia da Pesquisa Científica**. UECE: 2012. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>>. Acesso em 07 de jul. de 2021.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ HOESSLER, FEPAM. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Caí**. 2011?a. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_cai/cai.asp>. Acesso em 04 de mai. de 2021.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ HOESSLER, FEPAM. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. 2011?c. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_gravat'ai/gravatai.asp>. Acesso em 04 de mai. de 2021.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ HOESSLER, FEPAM. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 2011?b. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>. Acesso em 04 de mai. de 2021.

FUNDAÇÃO AMBBIENTAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS HOESSLER, FEPAM. **Resolução n.º 008 de 21 de novembro de 2006**. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:em5BrXq8IukJ:www.fepam.rs.gov.br/central/DOWNLOADS/Res.008-2006->

Delega%25C3%25A7%25C3%25A3o%2520Compet%25C3%25Ancia-DOE%252027.11.2006.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em 05 de mai. de 2020.

FUNDAÇÃO AMBIENTAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS HOESSLER, FEPAM. **Portaria FEPAM n.º43/2019 de 29 de maio de 2019**. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201906/07104844-2019-port-fepam-n-43-19-disciplinar-os-procedimentos-e-crit-aplicacao-lic-previa-e-instal-unificadas-lpi-ambito-fepam.pdf>>. Acesso em 05 de mai. de 2020.

FUNDAÇÃO AMBIENTAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS HOESSLER, FEPAM. **Relatório da Qualidade da Água Superficial do Estado do Rio Grande do Sul**. DQA. Porto Alegre: 2020a. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/arq/2020_QUALIDADE_AGUA_SUPERFICIAL_RS.pdf>. Acesso em 01 de ago. de 2021.

FUNDAÇÃO AMBIENTAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS HOESSLER, FEPAM. **Relatório da Qualidade da Água Superficial do Estado do Rio Gravataí**. DQA/DIPLAN/DIMAM/SIGEO. Porto Alegre: 2021. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/arq/2020_QUALIDADE_AGUA_SUPERFICIAL_RS.pdf>. Acesso em 01 de ago. de 2021.

FUNDAÇÃO AMBIENTAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS HOESSLER, FEPAM. **Relatório da Qualidade da Água superficial do Rio dos Sinos**. DQA. Porto Alegre: 2020a. Disponível em: <http://ww2.fepam.rs.gov.br/doclics/Relat_Tec_Sinos_FINAL.pdf>. Acesso em 01 de ago. de 2021.

FITZ, Roberto Paulo. **Cartografia básica**. Nova Edição. 2ª reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GUASSELLI, Laurindo Antonio; BELLOLI, Tássia; SIMIONI, João Paulo; ETCHELAR, Cecília Balsamo; BRENNER, Viviane Carvalho. *In*: GUASSELLI, Laurindo Antonio (Org). **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. Porto Alegre: CAPES/UFRGS/Programa de Pós Graduação em Geografia/Imprensa Livre. 2018. Disponível

em: <
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/174963/001064792.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 25 de abr. de 2021.

GUERRA, Antônio Teixeira. **Dicionário geológico e geomorfológico**. 8ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. Disponível em: <
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23450.pdf>>. Acesso em 03 de abr. de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Indicadores do Desenvolvimento Sustentável - IDS**, 2012. Disponível em: <
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv59908.pdf>>. Acesso em 03 mai. de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Indicadores do Desenvolvimento Sustentável – IDS. Banco de dados de tabelas estatísticas SIDRA - águas interiores 3927 – 3928**, 2017a. Disponível em:
 <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>. Acesso em 03 mai. de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Malha municipal**. In: IBGE GEOCIÊNCIAS. Brasília, 2020b. Disponível em: <
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em 05 jan. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB**, 2020a. Disponível em: <
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=downloads>>. Acesso em 03 ago. de 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA, IPEA. **Série Caracterização e Tendências da Rede Urbana do Brasil**. Redes Urbanas Regionais: IPEA, IBGE, UNICAMP, IPARDES. 1ª Reimpressão, Brasília: IPEA, 2000. Disponível em:
 <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_caracterizacao_tendencias_v06.pdf>. Acesso em 05 de jul. de 2021.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª ed. Rio de Janeiro:SEGRAC, 2014.

JÚNIOR BIELENKI, Cláudio; BARBASSA, Ademir Paceli. **Geoprocessamento e Recursos Hídricos. Aplicações Práticas**. São Carlos, SP: EduFSCar, 2012.

LINS, Eduardo Antonio Maia; SILVA JÚNIOR, Ozandir Frazão da; COSTA, Glauber Carvalho. **Uso do geoprocessamento no controle e monitoramento do sistema de esgotamento sanitário da cidade do Recife/PE**. 3º CONRESOL. Gramado, 2020. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/XV-003.pdf>>. Acesso em mai. de 2021.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, do Eliana Leão; OLIVEIRA, de Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p: 331-348, mar./abr.2011. DOI: 10.1590/S0034-76122011000200003. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/307671875_Saneamento_basico_no_Brasil_consideracoes_sobre_investimentos_e_sustentabilidade_para_o_seculo_XXI>. Acesso em 12 jun. 2019.

MATOS, Antonio Teixeira de. **Poluição Ambiental. Impactos no meio físico**. Viçosa, MG: UFV, 2010.

MAPBIOMAS. Coleções MapBiomas. In: **MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO**

DO BRASIL. 2020. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em 12 jan. 2022.

MEDEIROS, Anderson Maciel de Lima de. **Artigos sobre conceitos em geoprocessamento**. 2012. *E-book*. Disponível em: <<http://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2012/09/E-book-Artigos-sobre-Conceitos-em-Geoprocessamento-Anderson-Medeiros.pdf>>. Acesso em jan. de 2021.

METCALF & EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Tradução de Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, MCID. **Guia para elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2ª ed. 2011. Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/guiasaneamento.pdf>>. Acesso em 03 de mai. de 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, MDR. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASIC_O_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf>. Acesso em jan. de 2022.

PEREIRA JÚNIOR, José de Sena. **Recursos Hídricos – conceituação, disponibilidade e usos**. Brasília-DF: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2004. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hWqwLwpFIbsJ:https://bd.camara.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1625/recursos_hidricos_jose_pereira.pdf%3Fsequence%3D4%26isAllowed%3Dy+%&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em 01 de jan. de 2022.

PEREIRA, Vinícius. **Quem eram os escravos 'tigres', marcantes na história do saneamento básico no Brasil**. São Paulo: BBC News Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50526902>>. Acesso em 15 de mai. de 2020.

PIRES, Adriana Dias Moreira; ALBUQUERQUE, Bruno César Dias de; SANTOS, Daniel Bruno Alves dos; SANTOS, Jerônimo Pereira dos; SILVA, Luênia Kaline Tavares da. **Uso do geoprocessamento aplicado à gestão de sistemas de lagoas de estabilização no rio grande do norte**. IFRN, 2010. Disponível em: <<https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/438>>. Acesso em ago. de 2011.

RIO GRANDE DO SUL. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul de 03 de outubro de 1989**. Disponível em: <<http://www2.al.rs.gov.br/dal/LinkClick.aspx?fileticket=WQdIfqNoXO4%3D&tabid=3683>>. Acesso em 03 de mai. de 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual n.º 38.971 de 23 de outubro de 1998.**

Disponível em:

<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1998/dec_rs_38971_1998_uc_apa_banhado grande_rs.pdf>. Acesso em 03 de ago. de 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.º 10.350 de dezembro de 1994.** Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em:

<<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/10.350.pdf>>. Acesso em 10 jul. de 2019.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CONSEMA n.º 038 de 18 de julho de 2003.**

Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201804/06095951-resolucao-038-03-compilada.pdf>>. Acesso em 03 de mai. de 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CONSEMA n.º 332 de 08 de dezembro de 2016.**

Disponível em: <http://www.sindiquim.org.br/public/files/legislacao/ComTecnico-Revogacao_Resolucao_Toxicidade_Ampliacao_Prazos_Ambientais.pdf>. Acesso em 03 de mai. de 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CONSEMA n.º 355 de 13 de julho de 2017.**

Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padres-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>>. Acesso em 03 de jan.2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CONSEMA n.º 372 de 22 de fevereiro de 2018.**

Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/17101650-372-2018-atividades-licenciaveis-compilada.pdf>>. Acesso em 03 de jan. de 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.º 15.434 de 09 de janeiro de 2020.** Disponível em: <

http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=65984&hTexto=&Hid_IDNorma=65984>. Acesso em 09 de jan. de 2021.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica, Razão e Emoção.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, MOBILIDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL, SPMDR. **Perfil Socioeconômico COREDE Vale do Rio dos Sinos**. Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional Departamento de Planejamento Governamental: Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/04105221-perfis-regionais-2015-vale-do-rio-dos-sinos.pdf>>. Acesso em 01 de jan. de 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA, SEMA. **Base Cartográfica - Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Rio Grande do Sul (1:25.000)**, 2018. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/rio-grande-do-sul-ganha-cartografia-digital-de-zoneamento-ecologico-economico>>. Acesso em 08 de jun. de 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA, SEMA. **Nota Técnica n.º 003/2020/DIPLA/DRHS de 14 de dezembro de 2020a**. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202012/14144940-nt-dipla-2020-003-populacoes-bacias.pdf>>. Acesso em 07 de mai. de 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA, SEMA. **Nota Técnica n.º 002/2020/DIPLA/DRHS de 07 de agosto de 2020b**. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202009/04180448-nt-dipla-2020-002-municipios-e-bacias.pdf>>. Acesso em 07 de mai. de 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA, SEMA. **Plano Sinos Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos Meta 5**. Comitê Sinos/ PróSinos/ Unisinos: 2014?. Disponível em: <<http://www.prosinos.rs.gov.br/downloads/PBHSINOS-R10-Volume%20C3%9Anico.pdf>>. Acesso em 01 de jan. de 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA, SEMA. **1ª Etapa do Plano de Bacia do Rio Caí: consolidação do conhecimento sobre recursos hídricos e enquadramento dos recursos hídricos superficiais**. Perfil engenharia e ambiente: 2007. Disponível em: <http://www.mediafire.com/file/f0qsrc5rg9ztz7p/PLANOCA%25C3%258D-RTA1-DIN%25C3%2582MICA_SOCIAL.pdf/file>. Acesso em 07 de mai. de 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, SNIS. **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf>. Acesso em 08 de mar. de 2021.

SILVEIRA, André, L. L. da. Ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, Carlos, E.M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1ª ed. Porto Alegre: ABRH, 1993. p. 35-51.

TUCCI, Carlos. *In*: TUCCI, Carlos, E.M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1ª ed. Porto Alegre: ABRH, 1993. p. 26.

STEIN, Tiago Ronei. **Manejo de bacias hidrográficas**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

VIEGAS, Eduardo Coral. **Gestão da água e princípios ambientais**. 2ª ed. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2012.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed., vol. 1. Belo Horizonte: UFMG, 2005.