

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Sabrina de Castro Zorzo

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIAS DOS
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE
CANELA/RS**

Porto Alegre
Agosto de 2024

SABRINA DE CASTRO ZORZO

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIAS DOS
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE
CANELA/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Salatiel Wohlmuth da Silva

Porto Alegre
Agosto de 2024

de Castro Zorzo, Sabrina
Diagnóstico e proposta de melhorias dos sistemas de
abastecimento de água e de esgotamento sanitário do
município de Canela/RS / Sabrina de Castro Zorzo. --
2024.
66 f.
Orientador: Salatiel Wohlmuth da Silva.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre,
BR-RS, 2024.

1. Saneamento básico. . 2. Marco Legal do
Saneamento. . 3. Abastecimento de água.. 4.
Esgotamento sanitário. . 5. Canela/RS.. I. Wohlmuth da
Silva, Salatiel, orient. II. Título.

SABRINA DE CASTRO ZORZO

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIAS DOS
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE
CANELA/RS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, agosto de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Salatiel Wohlmuth da Silva (UFRGS)
Dr. pela Universitat Politècnica de València
Orientador/a

Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)
Dr. pela Universitat Politècnica de Catalunya

Prof. Lucas Camargo da Silva Tassinari (Unisinos)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Aos meus pais, que sempre me proporcionaram
todas as oportunidades que estavam ao seu alcance

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Julieta, que sempre me incentivou a correr atrás dos meus sonhos e nunca descreditou da minha capacidade de realizá-los. Agradeço ao meu pai, Roque, que fez inúmeras renúncias para apoiar minhas escolhas até aqui, sempre priorizando a mim e aos meus irmãos. Agradeço ao meu irmão André e a minha cunhada Ana, que me acolheram e me cuidaram com amor e dedicação quando eu já não morava mais com meus pais. Agradeço também aos meus sobrinhos, Henrique e Helena, que me inspiram a buscar o meu melhor. Agradeço ao meu irmão Rafael e a minha cunhada Cândida, por sempre se fazerem presentes, trazendo boas risadas para o meu dia a dia.

Agradeço às minhas amigas, que tenho como irmãs, Betina, Gabriela, Giovanna e Laura, por sempre torcerem por mim e estarem ao meu lado em todos os momentos, desde sempre. Agradeço também aos amigos que fiz durante a minha trajetória na UFRGS, o meu querido Grupo do Curso, que dividiram comigo não só os momentos mais difíceis da graduação, como também os mais divertidos. Agradeço também aos demais amigos que conheci durante essa etapa, que trouxeram leveza para os meus dias.

Agradeço ao meu namorado, Gabriel, que sempre apoiou minhas decisões e me manteve calma nessa etapa final da graduação.

Agradeço a professores especiais que tive a sorte de conhecer dentro da Universidade, como a prof^a. Lais Zucchetti, que não mede esforços para ajudar seus alunos e muito me ensinou durante a graduação. Agradeço também ao prof. Salatiel, que me despertou o interesse na área de recursos hídricos e me orientou na execução deste trabalho.

Ademais, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo ensino público, gratuito e de qualidade, que me abriu portas e me proporcionou muitas realizações.

A persistência é o caminho do êxito.

Charles Chaplin

RESUMO

O saneamento básico é essencial para a saúde e o bem-estar da população, portanto deve ser tratado como serviço prioritário pelas entidades públicas brasileiras. Nesse contexto, surge o Marco Legal do Saneamento, que visa a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, através de metas de atendimento a serem atingidas até 2033. Apesar da importância dos serviços citados, sabe-se que muitos municípios brasileiros ainda sofrem com desabastecimento de água e baixo índice de atendimento de esgotamento sanitário. Um exemplo é Canela, no Rio Grande do Sul, que, apesar de ser um importante destino turístico, enfrenta problemas de interrupções e insuficiência no fornecimento de água durante a alta temporada, além de ter uma infraestrutura de esgotamento sanitário inadequada. Analisando o município de Canela/RS, é possível verificar diversas deficiências relacionadas ao saneamento básico municipal, estando a mais significativa associada ao sistema de coleta de esgoto pouco abrangente, o que pode trazer diversos prejuízos à população e ao meio ambiente. Portanto, é de suma importância investir em melhorias nos sistemas, não só para atender às metas impostas pelo Marco Legal do Saneamento nos próximos nove anos, como também para melhorar a saúde e qualidade de vida da população e preservar os recursos naturais do local.

Palavras-chave: Saneamento básico. Marco Legal do Saneamento. Abastecimento de água. Esgotamento sanitário. Canela/RS.

ABSTRACT

Basic sanitation is essential for public health and people's well-being; therefore, it should be treated as priority service by Brazilian public entities. In this context, the Legal Framework for Sanitation emerges, to achieve universal coverage of water supply and sewage services through targets to be met by 2033. Despite the importance of these services, it is known that many Brazilian municipalities still face issues such as water supply shortages and low levels of sanitation coverage. An example is Canela, in Rio Grande do Sul, which, despite being an important tourist destination, experiences problems with interruptions and insufficiency in water supply during peak season, as well as having inadequate sewage service infrastructure. By analyzing the municipality of Canela/RS, various deficiencies related to municipal basic sanitation can be identified, however, the most significant is associated with the limited scope of the sewage collection system, which can cause various damages to the population and the environment. Therefore, it is crucial to invest in system improvements, not only to meet the targets set by the Legal Framework for Sanitation in the next nine years but also to enhance the health and quality of life of the population and preserve local natural resources.

Keywords: Basic sanitation. Legal Framework for Sanitation. Water supply. Sewage system. Canela/RS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das etapas do trabalho.....	19
Figura 2 - Sistema de abastecimento de água do município de Canela/RS.....	39
Figura 3 - Curva de consumo aproximada a uma senoide.....	47
Figura 4 - Estrutura de abastecimento de água de Canela/RS.....	51
Figura 5 - Redes de abastecimento de água existentes e projetadas e possibilidade de expansão	52
Figura 6 - Estrutura de esgotamento sanitário de Canela/RS.....	54
Figura 7 - Mapa de viabilidade de instalação de sistema individual considerando a capacidade de infiltração no solo do município de Canela/RS.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População do município de Canela/RS nos anos de 2000, 2010 e 2022.....	31
Tabela 2 - População do estado do Rio Grande do Sul nos anos de 2000, 2010 e 2022.....	33
Tabela 3 – Resumo das demandas calculadas	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
CTer	Coliformes termotolerantes
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
EBAB	Estação de bombeamento de água bruta
EBAT	Estação de bombeamento de água tratada
EBE	Estação de bombeamento de esgoto
ETA	Estação de tratamento de água
ETE	Estação de tratamento de esgoto
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
NBR	Norma Brasileira
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
RS	Rio Grande do Sul
SAA	Sistema de abastecimento de água
SES	Sistema de esgotamento sanitário
SINISA	Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
SS	Sólidos em suspensão
SSV	Sólidos em suspensão voláteis
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 DIRETRIZES DE PESQUISA	17
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	17
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	17
2.2.1 Objetivo geral.....	17
2.2.2 Objetivos específicos.....	17
2.3 HIPÓTESE	18
2.4 PRESSUPOSTO.....	18
2.5 DELIMITAÇÕES.....	18
2.6 LIMITAÇÕES	18
2.7 DELINEAMENTO.....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	21
3.2 MARCO LEGAL DO SANEAMENTO	22
3.3 SANEAMENTO BÁSICO NO RIO GRANDE DO SUL	23
3.4 FUNDAMENTOS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	23
3.5 FUNDAMENTOS DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	25
3.6 LEGISLAÇÃO	27
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 COLETA DE DADOS	30
4.2 ESTUDO POPULACIONAL E POPULAÇÃO DE PROJETO.....	31
4.3 VARIAÇÃO DA DENSIDADE POPULACIONAL AO LONGO DO ANO	34
4.4 VAZÃO DE DEMANDA ATUAL E FUTURA	34
4.5 CARACTERIZAÇÃO DO SAA E DO SES	38
4.6 CAPACIDADE ATUAL DE ATENDIMENTO DOS SISTEMAS	41
5 RESULTADOS	42
5.1 DEMANDA.....	42
5.2 ANÁLISE DO ATENDIMENTO ATUAL DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO	44
5.3 ANÁLISE DO ATENDIMENTO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O PERÍODO DE PROJETO	45
5.4 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS E PONTOS CRÍTICOS	46

6 PROPOSTAS DE MELHORIAS.....	49
6.1 POSSIBILIDADES PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	49
6.2 POSSIBILIDADES PARA O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	53
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
8 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS... 	61

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (2010) reconhece o acesso à água potável e ao saneamento básico como direitos humanos fundamentais, solicitando atenção especial das entidades públicas ao setor, visto que ele tem influência direta na saúde da população. Segundo Lazzaretti (2012), a ausência de saneamento é capaz de comprometer a saúde pública, provocar doenças e afetar a qualidade de vida da população. Além disso, um sistema ineficiente é capaz de afetar indiretamente a economia do local em que está inserido.

Conforme o Panorama do Saneamento Básico no Brasil do Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2021), o saneamento básico no Brasil envolve quatro serviços básicos, sendo eles o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Neste trabalho, serão abordados, de forma mais aprofundada, dois desses pilares: o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, cujo funcionamento é composto por diversas etapas. Realizar um diagnóstico desses sistemas requer uma análise detalhada de cada uma de suas etapas, avaliando se estão operando adequadamente e atendendo às necessidades da população local.

Quando se fala em operação adequada, o ponto chave é a qualidade do serviço. Esse aspecto está relacionado ao atendimento dos critérios de potabilidade da água que chega à torneira da população e à qualidade do tratamento que o efluente recebe após ser coletado nas residências, antes de ser disposto. Já o atendimento às necessidades da população está relacionado à universalização e continuidade dos serviços, com disponibilidade de água adequada à demanda, bem como a existência da coleta e tratamento do efluente gerado.

Muitas regiões brasileiras são afetadas pela falta desses serviços. No município de Canela/RS, por exemplo, o desabastecimento de água ocorre em épocas de maior movimentação turística. Esse problema acaba afetando o bem-estar da população local e dos turistas, gerando consequências negativas para a economia do local. A resolução dessa questão envolve um estudo da variação populacional em alta temporada, para que possa ser realizado um diagnóstico nos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, identificando em qual etapa estão as principais carências dos sistemas.

Dentro do abastecimento de água deve ser analisada a capacidade de bombeamento e vazão das adutoras, a vazão tratada pelas Estações de Tratamento de Água (ETA), a capacidade de armazenamento, bem como a configuração e abrangência da rede de distribuição. Quanto ao esgotamento sanitário, deve ser analisado se o atendimento é realizado através de redes coletoras ou sistemas individuais, a capacidade dos interceptores, a vazão que as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) conseguem tratar, bem como a quantidade e qualidade do efluente disposto nos corpos hídricos. Outro fator importante a ser analisado nesses dois sistemas é o tempo de operação diário, a fim de buscar a eficiência dos sistemas.

Segundo Mori *et al.* (2023), eventos de seca e tratamento inadequado dos esgotos são fatores que interferem diretamente na disponibilidade e na qualidade da água dos corpos hídricos, o que torna esses temas indissociáveis. Isso ocorre porque se um corpo hídrico não atinge determinados critérios de qualidade da água, isso pode afetar seus usos e torná-lo inapropriado para captação, afetando a disponibilidade de água em determinada região. Outro problema que pode ocorrer é a baixa qualidade da água nesse corpo hídrico, o que afetará os custos de tratamento da água que chega ao consumidor final. Portanto, com o diagnóstico das carências em cada sistema implantado no município de Canela/RS, serão realizadas propostas de melhorias para esses pontos.

2 DIRETRIZES DE PESQUISA

O tema deste trabalho visa realizar o diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município de Canela/RS e propor melhorias.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: Como os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário conseguirão atender às demandas da população?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos gerais e específicos estão descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo geral

Diagnosticar onde estão as carências dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município de Canela/RS e realizar propostas de melhorias.

2.2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a atual situação do sistema de abastecimento de água (SAA) de Canela/RS;
- b) Avaliar a atual situação do sistema de esgotamento sanitário (SES) de Canela/RS;
- c) Compreender a demanda atual dos sistemas, considerando a população permanente e flutuante;
- d) Compreender a demanda esperada para o ano de 2033 e a demanda de projeto para um período de 20 anos;
- e) Diagnosticar carências e propor melhorias nos sistemas a fim de atender às demandas da população.

2.3 HIPÓTESE

O atual sistema de abastecimento de água e o atual sistema de esgoto não estão atendendo adequadamente à população, principalmente em épocas de maiores demandas de turismo.

2.4 PRESSUPOSTO

Pressupõe-se que o município possui tempo e recursos limitados para a expansão dos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário. Portanto as propostas de melhorias indicadas devem amenizar as carências diagnosticadas de acordo com a realidade local e não, necessariamente, de acordo com ideais teóricos.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a uma análise do sistema a partir de informações obtidas em portais governamentais para períodos anteriores ao estudo e consulta direta aos agentes responsáveis pelo abastecimento e esgotamento sanitário do município, bem como ao sindicato hoteleiro. As projeções populacionais são realizadas através de métodos matemáticos sugeridos pelas referências bibliográficas consultadas.

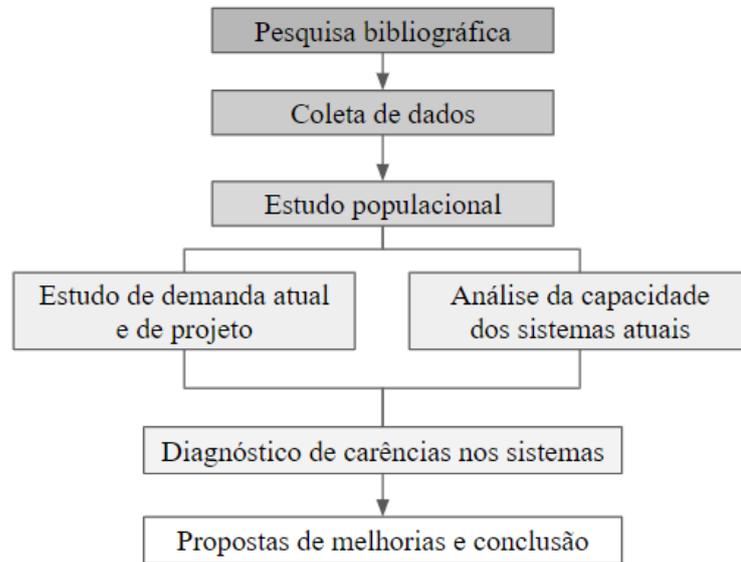
2.6 LIMITAÇÕES

Não serão realizadas medições *in loco* nem será analisada a eficiência físico-química e microbiológica dos métodos empregados nos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Não serão analisadas as pressões na rede de distribuição de água. As propostas de melhorias são apresentadas como possíveis soluções de engenharia, baseadas na literatura técnica consultada. Essas propostas não têm caráter projetual e precisam ser analisadas mais detalhadamente para obtenção de comparativos financeiros e de impactos ambientais.

2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado de acordo com as etapas representadas no fluxograma a seguir.

Figura 1 - Fluxograma das etapas do trabalho



(fonte: elaborada pela autora)

A primeira etapa da pesquisa consiste na revisão bibliográfica, o que envolve a consulta a livros, trabalhos e artigos que tratem dos temas de saneamento básico relacionados à saúde pública, abastecimento de água, coleta, tratamento e destinação de efluentes. Além disso, é apresentada a legislação vigente para o município de interesse e manuais técnicos de implantação desses sistemas. Neste trabalho, a pesquisa serve de base tanto para a metodologia aplicada quanto para elaboração das propostas de melhorias.

Após a etapa inicial, são coletados os dados do município em portais governamentais e consulta aos órgãos responsáveis pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário no município, além da consulta realizada junto ao setor hoteleiro. Tais dados se unem à revisão bibliográfica para servir como base do estudo populacional apresentado a seguir, bem como ao estudo de demandas de abastecimento e esgotamento sanitário atuais e para os demais períodos analisados. A capacidade dos sistemas também é compreendida nessa etapa da pesquisa.

Na etapa seguinte é realizado o diagnóstico dos problemas e pontos críticos do sistema atual, levando em consideração tanto as demandas da população atual quanto as demandas previstas para os anos de 2033 e de 2044. Essa etapa é crucial para a concepção de soluções para os problemas enfrentados pelo município. Portanto, com a compreensão das carências dos sistemas analisados, são apresentadas as propostas de melhorias para os sistemas de

abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Canela/RS. Então, para encerrar o trabalho, são apresentadas as conclusões tomadas a partir do estudo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são descritos os princípios do saneamento básico, o histórico e a situação atual dos sistemas no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul, bem como os marcos importantes referentes à legislação aplicável ao município de interesse. Além disso, no tocante à área de engenharia, são apresentados os fundamentos do abastecimento de água e esgotamento sanitário.

3.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

A primeira obra coletiva de abastecimento de água no Brasil, segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2021) foi o aqueduto da Carioca, hoje em dia conhecido como os Arcos da Lapa, localizado no Rio de Janeiro. As obras iniciaram em 1673 e foram finalizadas apenas em 1723. Já os primeiros serviços públicos de abastecimento, com água bruta, datam da primeira metade do século XIX, quando as principais cidades brasileiras tinham os serviços de saneamento operados por empresas estrangeiras. Entretanto, ainda no século XIX, devido à baixa qualidade da infraestrutura sanitária, ocorreram diversas doenças de veiculação hídrica no país, reiterando a ineficiência da concessão dos serviços. Já no século XX, foram implantadas medidas que definiram metas para o setor do saneamento básico, através do Plano Nacional do Saneamento. A partir de então, diversas medidas vêm sendo tomadas pelo governo com o objetivo de promover a melhoria dos serviços de saneamento básico para a população brasileira (BRASIL, 2021).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), em 2022, cerca de 84,9% da população brasileira é atendida por abastecimento de água, 56,0% são atendidas por serviços de esgoto, 90,4% são cobertas de coleta domiciliar de resíduos sólidos e 80,8% dos municípios possui sistema de manejo e drenagem das águas pluviais, seja por sistema exclusivo, unitário misto com esgotamento sanitário ou combinado. Os sistemas citados constituem os quatro pilares do saneamento básico. Considerando a área de recursos hídricos, o saneamento básico está associado diretamente com as atividades de abastecimento de água, serviços de esgoto sanitário e manejo e drenagem das águas pluviais.

Conforme concluem Mori *et al.* (2023), os problemas relacionados à falta de tratamento de esgoto, drenagem urbana e coleta de resíduos impactam diretamente na saúde da população,

devido sobretudo a doenças de veiculação hídrica. Dessa forma, para atingir a segurança hídrica, deve-se levar em conta não só os aspectos de quantidade e qualidade da água, mas também o esgotamento e coleta de resíduos.

Entretanto, no Brasil, a atenção dada aos sistemas de esgotamento sanitário ainda é muito inferior àquela dada aos sistemas de abastecimento. As consequências disso são a implantação de processos rudimentares de esgotamento, as ligações clandestinas, destinação incorreta dos resíduos e, por conseguinte, poluição dos corpos hídricos e menor qualidade da água na etapa de captação. Uma alternativa para reduzir os elevados custos de tratamento de água é o investimento em sistemas de coleta e tratamento de esgoto eficientes.

O desabastecimento de água é ainda um problema enfrentado por cidades brasileiras e as causas desse problema, conforme Heberon, Marcório e Ribeiro (2009), envolvem o crescimento populacional e consequente aumento da demanda por água, a falta de uso sustentável dos recursos, a disponibilidade hídrica, dentre outros fatores, como o clima.

3.2 MARCO LEGAL DO SANEAMENTO

No ano de 2007 foi instituída a Política Federal do Saneamento Básico, por meio da Lei nº 11.445, atualizada pela Lei nº 14.026 de 2020. Essas leis fundamentam o Marco Legal do Saneamento, responsável por impor metas para o saneamento básico no Brasil. As leis preveem que, até 2033, 99% da população brasileira deverá ter acesso à água potável e 90% deverá ter acesso à coleta e ao tratamento de esgoto. Além disso, o texto estabelece como meta a continuidade do abastecimento, redução de perdas no sistema de abastecimento e melhoramento dos processos de tratamento.

Entretanto, ao analisar a situação atual do Brasil, pode-se verificar que o país ainda não atingiu a universalização do saneamento básico. Em contrapartida, surgem alterações da regulamentação no ano de 2023, por meio dos Decretos n.º 11.466 e 11.467. Tais alterações preveem maior possibilidade de participação da iniciativa privada no setor e a prestação de serviços regionalizada para poder ter acesso às verbas federais.

Cabe ressaltar que as metas citadas não precisam ser cumpridas através de processos tradicionais de abastecimento de água e coleta de esgoto em todas as situações. Por consequência, cabe à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), definir se em

áreas rurais, remotas ou núcleos urbanos informais serão empregados métodos alternativos e descentralizados ou métodos tradicionais.

Além disso, conforme a ANA (2020), o Marco Legal do Saneamento põe sob sua responsabilidade emitir referências técnicas relativas a padrões de qualidade e eficiência dos serviços de saneamento, regulação tarifária, metas de universalização, normas e metas para substituir sistemas unitários por sistemas de separação absoluta de efluentes, dentre outras questões importantes para o setor do saneamento básico no Brasil.

3.3 SANEAMENTO BÁSICO NO RIO GRANDE DO SUL

Conforme dados do SINISA (2022), o estado do Rio Grande do Sul é composto por 497 municípios que abrigam uma população de, aproximadamente, 10,9 milhões de pessoas. Dessa população, cerca de 88,1% são atendidas por sistema de abastecimento de água, com um índice de perdas médio na distribuição alcançando um valor de 39,5% do total de água. Ainda segundo o SINISA (2022), o atendimento total de esgoto é de 36,0%, sendo 33,3% realizado através de redes de coleta. De todo o efluente coletado, apenas 76,8% são tratados, o que representa um percentual de 26,5% do total de água consumida.

Ao analisar os dados citados, pode-se concluir que o estado ainda está acima da média brasileira quanto ao abastecimento de água, no entanto, abaixo da média do país em relação ao percentual de atendimento de esgoto. Esses fatores demonstram que o estado ainda está longe de atingir a meta de universalização definida pelo Marco Legal do Saneamento de 2020 e deve realizar investimentos significativos no setor de coleta, tratamento e disposição de esgoto.

3.4 FUNDAMENTOS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2016), o abastecimento de água consiste na captação de água em um corpo hídrico para atender à população, em quantidade e qualidade suficientes para suprir suas necessidades. A Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) define o abastecimento como um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações que tem como objetivo levar água potável à população, que vai desde a captação às ligações prediais. O abastecimento pode ser realizado a partir da modalidade coletiva, que atende às concentrações

de população, ou a partir da modalidade individual, que atende a apenas uma unidade de consumo.

A escolha do manancial abastecedor é a mais importante ao implantar um sistema de abastecimento de água potável. Quanto à sua origem, um manancial pode ser considerado superficial, subterrâneo ou de águas meteóricas. A escolha do local de captação deve ser realizada conforme a capacidade e qualidade da água do manancial, bem como a sua distância ao local a ser abastecido, levando em conta questões econômicas, técnicas e políticas (FUNASA 2016).

No Brasil, os SAA podem ser classificados como isolados ou integrados. Um sistema isolado capta água de apenas um manancial e abastece áreas de um único município, enquanto um sistema integrado é capaz de abastecer regiões de mais de um município através de um ou mais mananciais. Um sistema de abastecimento de água pode ter configuração variada dependendo do tipo de captação e das análises dos parâmetros encontrados na água bruta. Comumente em captação subterrânea, através de poços, é realizada a adução, um tratamento simplificado, reservação e distribuição. Já em casos de captação superficial, o mais comum é que a água bruta passe por uma estação elevatória e seja levada até a estação de tratamento de água (ETA) através de uma adutora de água bruta. Após o tratamento, a água é conduzida por uma adutora de água tratada até os reservatórios e, posteriormente, distribuída para a população (FUNASA 2016).

Em tratamentos convencionais completos, uma ETA é composta por diversas etapas sequenciais, sendo elas a coagulação, a floculação, a decantação, a filtração e a desinfecção, em que é feita a correção de pH e a fluoretação. Tais etapas devem ser empregadas para que o resultado de qualidade da água final atinja os critérios de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde na Portaria de Consolidação de 2021.

Para realizar o projeto de um SAA, na etapa de concepção, deve-se realizar um estudo populacional, pois o sistema deve prever um atendimento para um período de projeto e não para a população atual. Em um estudo populacional, pode-se empregar diversos métodos de projeção populacional e é necessário considerar a população total do município, que leva em conta a população residente, flutuante e temporária. A população residente pode ser estimada através da extrapolação de tendências e dos dados censitários disponibilizados pelo Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística (IBGE), já a população flutuante e a temporária devem ser definidas através de dados particulares do local de estudo.

A demanda de água depende de características econômicas, socioculturais e climáticas do local e pode ser calculada a partir da Equação 1, conforme o que sugere a Norma Brasileira (NBR) 12211:1992 (ABNT,1992), que trata de estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água:

Equação 1 - Demanda de água

$$Q = k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{P \cdot q}{86400} \quad (1)$$

Sendo,

Q = vazão média anual (L/s);

P = população abastecida (hab);

q = consumo médio per capita (L/hab.dia);

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo.

O artigo 43 da Lei nº 11.445/2 define, ainda, que os serviços de saneamento devem atender a requisitos de qualidade, que incluem regularidade e continuidade dos sistemas. Entretanto, conforme a FUNASA (2016), os serviços podem ser interrompidos em situações que coloquem em risco a segurança de pessoas e bens, quando ocorrer manipulação indevida por parte do usuário ou em caso de necessidade de manutenção e reparos.

3.5 FUNDAMENTOS DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Segundo Fernandes (2022), o esgotamento sanitário pode ser dividido em doméstico, quando produzido em residências, e industrial, despejado por fábricas. Ambos os efluentes precisam ser tratados para que possam ser dispostos de forma adequada, como por exemplo, lançados nos corpos hídricos receptores. Até a disposição final, o processo passa pelas redes coletoras, podendo ser recalçado ou escoado por gravidade até a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), para então ser conduzido até o corpo hídrico em que será lançado. Uma alternativa a esse processo é o sistema individual de tratamento, em que o esgoto é tratado na própria residência, sem passar pelo sistema público.

Os sistemas de coleta de esgoto podem ser divididos, majoritariamente, entre separador absoluto e unitário. Segundo Brum e Wartchow (2017), o sistema separador absoluto é aquele recomendado pelas normas brasileiras. O sistema é caracterizado por separar completamente o esgoto doméstico do esgoto pluvial, além disso, todo esgoto sanitário coletado é encaminhado para uma ETE. Enquanto isso, o sistema unitário coleta tanto o esgoto pluvial quanto o esgoto sanitário através de um único coletor. Nesse sistema, o esgoto coletado em tempo seco e em períodos de baixa pluviosidade é encaminhado integralmente para a ETE, entretanto em períodos de alta intensidade de chuva, é realizado um desvio de parte da vazão para que a estação não seja sobrecarregada.

O tratamento de esgoto deve ser projetado para ter como resultado um efluente que atenda aos critérios da legislação vigente, a partir, por exemplo, da remoção de matéria orgânica, nutrientes, sólidos suspensos e organismos patogênicos (MENEZES e MENDONÇA, 2017). Segundo Von Sperling (2007), o tratamento de esgoto pode ser dividido em quatro etapas, sendo elas: tratamento preliminar, que visa a remoção de materiais grosseiros e areia; tratamento primário, visando a remoção dos sólidos suspensos; tratamento secundário, que tem por objetivo a remoção de sólidos suspensos e solúveis; tratamento terciário, que busca promover a remoção de nutrientes, organismos patogênicos, componentes não-biodegradáveis, metais, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos suspensos remanescentes.

Conforme Von Sperling (2005), a etapa de tratamento preliminar costuma ser composta de sistemas de gradeamento e desarenador. Já a etapa de tratamento primário é, comumente, composta por decantadores primários ou tanques sépticos. O tratamento secundário caracteriza-se por ser uma etapa de degradação biológica pela presença de microrganismos, como bactérias, protozoários, fungos, dentre outros. Os processos mais comuns de tratamento secundários são as lagoas de estabilização, sistemas de disposição no solo, reatores anaeróbios, sistemas de lodos ativados e reatores aeróbios de biofilme. Ainda segundo Von Sperling (2005), os principais mecanismos de remoção de microrganismos patogênicos, que caracterizam o tratamento terciário, são as lagoas de maturação, a infiltração de efluente no solo, a cloração, a ozonização, o tratamento com radiação ultravioleta e o emprego de membranas. Nessa etapa do tratamento, também ocorre a remoção de nutrientes do efluente, como nitrogênio e fósforo, que são potencializadores da eutrofização dos corpos d'água receptores.

Ainda de acordo com a NBR 12209:2011 (ABNT, 2011), as estações de tratamento de esgoto devem ser dimensionadas levando em consideração critérios de vazão afluente máxima, média e mínima, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão (SS) e sólidos em suspensão voláteis (SSV), nitrogênio total, fósforo total, coliformes termotolerantes (CTer) e temperatura.

3.6 LEGISLAÇÃO

No Brasil, a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433 de 1997 tem por objetivo assegurar a disponibilidade de água em padrões adequados de qualidade para a população atual e futura, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, a prevenção e defesa contra eventos críticos hidrológicos ocasionados de forma natural ou devido à ações antrópicas, bem como incentivar e promover a captação, preservação e aproveitamento das águas pluviais.

Conforme previsto na Lei nº 9.984/2000, a ANA é o órgão responsável pela regulação do setor de recursos hídricos no Brasil, por implementar a PNRH, por emitir outorgas para o uso dos recursos hídricos, por realizar monitoramento hidrológico e hidrometeorológico, bem como por coordenar as bacias hidrográficas de interesse federal.

A Lei Federal nº 14.026 de 2020 foi responsável por atualizar o Marco Legal do Saneamento, que prevê, além da universalização dos serviços, a obrigatoriedade de implementação de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) por todos os municípios brasileiros, abrangendo os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e de águas pluviais. É previsto, dentre outros itens, que a contratação de serviços seja realizada através de licitações, que os serviços sejam regulados e fiscalizados por agências reguladoras e que haja transparência por parte dos prestadores de serviço.

Nas áreas de projeto, obra e manutenção, as Normas Brasileiras (NBR) definem os procedimentos e critérios a serem atendidos na implantação de novas infraestruturas hídricas, cuja responsabilidade de criação é da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Nessa pesquisa, as principais normas consultadas para análise do sistema de abastecimento são: NBR 12211:1992, que trata de estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de

água; NBR 12218:2017, referente a projetos de rede de distribuição de água para abastecimento público; NBR 12217:1994, relacionada aos projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público; NBR 12216:1992, que trata de projetos de estação de tratamento de água para abastecimento público.

As normas brasileiras mais pertinentes para essa pesquisa, em relação à análise do sistema de esgotamento sanitário são: NBR 9648:1986; destinada a estudos de concepção de sistemas de esgoto sanitário; NBR 9649:1986, referente a projeto de redes coletoras de esgoto sanitário; NBR 17076:2024, relacionada a projetos de sistema de tratamento de esgoto de menor porte; NBR 12209:2011, que trata de projetos hidráulico-sanitários de ETE.

A Resolução 357/2005 do CONAMA define as classes de qualidade da água dos corpos hídricos e respectivas possibilidades de uso. Tratando-se de consumo humano, os corpos hídricos de classe especial podem ser utilizados após desinfecção; já para a classe 1, é requerido um tratamento simplificado da água antes do consumo, para classe 2 é necessário realizar um tratamento convencional, para classe 3 deve ser empregado um tratamento convencional ou avançado e a classe 4 não deve ser utilizada para consumo humano.

Enquanto a Resolução CONAMA 357/2005 define a classificação dos corpos hídricos e respectivas utilizações, a CONAMA 430/2011 define as condições de lançamento dos efluentes nos corpos hídricos, dessa forma, as ETE devem ser dimensionadas e operadas a fim de atender a esses critérios, seguindo a respectiva NBR. Dentre esses critérios estão o pH, a temperatura máxima, a presença de materiais sedimentáveis, a vazão máxima, a concentração de óleos e graxas, a ausência de materiais flutuantes, a DBO e outros parâmetros inorgânicos.

Em âmbito estadual, o Rio Grande do Sul conta com a Lei nº 11.220 (RIO GRANDE DO SUL, 2000), que institui a Política Estadual de Saneamento Básico, a qual prevê a elaboração de planos estaduais e municipais de saneamento, a implementação de políticas de incentivo e fomento para a melhoria dos serviços e a promoção da participação social em tomadas de decisão relacionadas ao saneamento básico. No ano de 1994, a Lei Estadual nº 10.350 criou o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, para realizar a gestão, fiscalização, controle e definir as áreas de restrição de uso dos recursos hídricos em âmbito estadual. O Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) é o órgão estadual responsável por criar e aprovar resoluções referentes ao meio ambiente.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Canela/RS, 2024, previsto pela Lei Municipal nº 3693 de 2015, busca universalizar os serviços públicos de saneamento, responsabilizando o município pela implantação e cumprimento das diretrizes do plano. Segundo a lei, os serviços devem ser realizados com qualidade, regularidade, segurança e sustentabilidade. Conforme apresentado no documento, o município de Canela pertence à Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, mais especificamente ao Alto Sinos. A economia do município é forte no setor de serviços e indústria, com expressiva presença do turismo.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo estão descritos os métodos empregados para obter a população de projeto do município de interesse, bem como as demandas relacionadas ao serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Além disso, estão apresentadas uma caracterização do SAA e do SES e uma descrição da capacidade atual de atendimento desses sistemas no município de Canela/RS.

4.1 COLETA DE DADOS

O município de Canela/RS abrange uma área territorial de, aproximadamente, 243 km² e tem uma população residente de 48.946 pessoas, conforme dados da série histórica do SINISA (2022). Em relação aos serviços de água e esgoto, há um contrato de concessão entre o município e a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

Segundo a série histórica SINISA, referente ao ano de 2022, cerca de 85,8% da população do município tem acesso aos serviços de abastecimento de água, valor inferior ao registrado no ano de 2021, de 91,34%. Tratando-se de indicadores de consumo de água, conforme dados do SINISA, no ano de 2022, o consumo médio *per capita* do município foi de 193,1 L/hab.dia, valor bastante superior à média do país, de 148,2 L/hab.dia. As perdas registradas na distribuição, ainda segundo o SINISA, foram de, aproximadamente, 13,0% no ano de 2022, valor inferior ao registrado em 2021, de 19,6%. Cabe ressaltar que a redução do índice de atendimento, bem como o baixo índice de perdas, muito inferior à média dos municípios brasileiros, podem representar falha na confiabilidade dos dados fornecidos pelo SINISA.

Ainda conforme os dados apresentados pelo SINISA (2022), aproximadamente 19,2% da população é atendida por serviços de esgotamento sanitário. Desse valor, cerca de 14,6% do esgoto é coletado e 100% do esgoto coletado é tratado. Pode-se perceber que, considerando a meta definida pelo Marco Legal do Saneamento para o ano de 2033, o município ainda está bem distante de atingir o objetivo proposto de 90% de atendimento.

4.2 ESTUDO POPULACIONAL E POPULAÇÃO DE PROJETO

Para realizar o estudo populacional e obter a população de projeto referente à população permanente do município de Canela/RS, foram empregados os métodos matemáticos propostos por Tsutiya (2006). Os dados de entrada relativos à população são provenientes dos resultados dos censos dos anos 2000, 2010 e 2022, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - População do município de Canela/RS nos anos de 2000, 2010 e 2022

Ano	Canela
2000	33619
2010	39179
2022	48946

(fonte: elaborada pela autora)

A partir desses dados, a projeção aritmética pode ser realizada, conforme a Equação 2 a seguir, proposta por Tsutiya (2006).

Equação 2 – Expressão geral do método aritmético

$$P = P_2 + k_a \cdot (t - t_2) \quad (2)$$

Sendo,

P = população de projeto (hab);

P_1 = população do penúltimo censo (ano t_1);

P_2 = população do último censo (ano t_2);

k_a = constante, dada por $k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$;

t_1 = ano do penúltimo censo;

t_2 = ano do último censo;

t = ano da projeção;

Outro método de projeção que pode ser realizado é o geométrico, definido por Tsutiya (2006) e Alem Sobrinho (1999) conforme a Equação 3, a seguir.

Equação 3 - Expressão geral do método geométrico

$$P = P_2 \cdot e^{k_g \cdot (t - t_2)} \quad (3)$$

Sendo,

P = população de projeto (hab);

P_1 = população do penúltimo censo (ano t_1);

P_2 = população do último censo (ano t_2);

k_g = constante, dada por $k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$;

t_1 = ano do penúltimo censo;

t_2 = ano do último censo;

Um terceiro método matemático sugerido por Tsutiya (2006), é a curva logística. Tal projeção assume que a população cresce assintoticamente em função do tempo, até chegar em um limite de saturação. Para utilizar esse método, deve haver três dados de população em um intervalo de tempo (t) igual entre elas. O método é dado pela Equação 4.

Equação 4 - Equação geral do método da curva logística

$$P = \frac{k}{1 + e^{a-bT}} \quad (4)$$

Sendo,

K = parâmetro da equação, dado por $k = \frac{2P_0P_1P_2 - (P_1)^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - (P_1)^2}$;

b = razão de crescimento da população, dado por $b = -\frac{1}{0,4343d} \log \frac{P_0(K-P_1)}{P_1(K-P_0)}$;

a = parâmetro da equação, dado por $a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{k-P_0}{P_0}$;

d = intervalo constante entre os anos t_0 , t_1 e t_2 ;

P_0 = população no tempo t_0 ;

P_1 = população no tempo t_1 ;

P_2 = população no tempo t_2 ;

Para obter um parâmetro de comparação, o ritmo de crescimento do estado do Rio Grande do Sul foi analisado, considerando os resultados do censo de 2000, 2010 e 2022. Conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - População do estado do Rio Grande do Sul nos anos de 2000, 2010 e 2022

Ano	Rio Grande do Sul
2000	10187798
2010	10693929
2022	11088065

(fonte: elaborado pela autora)

Ao analisar a Tabela 2, pode-se perceber que entre 2000 e 2010, a população do estado cresceu cerca de 5%, enquanto entre 2010 e 2022, o crescimento populacional foi de, aproximadamente, 3,7%. Tal resultado aponta para uma tendência de redução no ritmo de crescimento do estado. Considerando essa suposição, optou-se por utilizar apenas a projeção aritmética para representar o crescimento populacional de Canela nos próximos anos. Essa projeção aponta para redução do ritmo de crescimento do município já nos próximos 10 anos, enquanto a projeção geométrica aponta a manutenção do ritmo de crescimento nesse mesmo período. Nesta pesquisa, optou-se por compreender o crescimento populacional do município, nos próximos nove anos, considerando as metas propostas pelo Marco Legal do Saneamento, bem como o crescimento para o período de projeto, usualmente calculado para 20 anos.

Enquanto a população permanente para o período de projeto pode ser estimada através de projeções populacionais utilizando métodos matemáticos, a estimativa da população flutuante costuma ser mais complexa e deve ser estimada considerando as características específicas do local de estudo. No caso de Canela/RS, sabe-se que a economia está estreitamente ligada ao turismo, portanto, para estimar a população flutuante do município, serão utilizados dados fornecidos pela rede hoteleira e dados de moradias temporárias provenientes do censo de 2022.

Segundo o Inventário da Oferta Turística realizado pela Prefeitura Municipal de Canela/RS (2023), o município conta com, aproximadamente, 6.000 leitos em hotéis. Além disso, conforme o IBGE (2022), há 6.283 domicílios não-ocupados no município, sendo 2.341 vagos e 3.942 de uso ocasional. O censo (2022) registrou uma média de 2,66 moradores por domicílio permanentemente ocupado no município de Canela/RS. Dessa forma, optou-se por considerar que nos domicílios de uso ocasional a média de ocupação em épocas de turismo é igual à média de moradores por domicílio permanentemente ocupado. Para a estimativa da

população flutuante, os domicílios vagos foram desconsiderados, aliando-se apenas a população referente aos domicílios de uso ocasional e o total de leitos de hotéis disponíveis no município.

4.3 VARIAÇÃO DA DENSIDADE POPULACIONAL AO LONGO DO ANO

De acordo com o estudo apresentado por Cunha (2022) as atividades turísticas em municípios da serra gaúcha têm alta demanda nos meses de junho, julho, agosto, novembro, dezembro e janeiro. O aumento da demanda ocorre tanto por eventos naturais, como a possibilidade de nevar nos meses de inverno, quanto devido aos eventos culturais famosos na região, como o Festival de Cinema de Gramado e o Natal Luz.

Neste estudo, não foi possível obter dados mensais de lotação dos hotéis através de consulta à rede hoteleira, mas sim um total aproximado de leitos registrados pelo Inventário da Oferta Turística realizado pela Prefeitura Municipal de Canela (2023). Dessa forma, para os cálculos de demanda, optou-se por considerar a população flutuante como um somatório entre o número total de leitos disponíveis em hotéis e o número total de residências de uso ocasional registrado pelo SINISA (2022) multiplicado pela média de ocupação de 2,66 visitantes por domicílio.

Dessa forma, espera-se uma variação considerável na demanda nos meses citados, em que é registrada com frequência lotação máxima nos hotéis da região. A população flutuante, através dos 6.000 leitos de hotel e 10.486 visitantes de residências de uso ocasional, equivale a mais de 30% da população permanente do município de Canela/RS. Para fins de propostas de melhorias, será considerado que a população flutuante se faz presente no município durante os meses já citados, em lotação máxima.

4.4 VAZÃO DE DEMANDA ATUAL E FUTURA

De acordo com Tsutiya (2006), a demanda de água pode ser calculada a partir da Equação 1, apresentada no item 3.4. Para esse cálculo, deve-se considerar o consumo *per capita* de água da população do município estudado que, conforme o SINISA (2022) foi de 193,1 L/hab.dia no ano de 2022. Além do consumo residencial, deve-se considerar o consumo comercial referente aos hóspedes da rede hoteleira do município. Nesse caso, conforme Tsutiya

(2006), pode ser considerado um consumo *per capita* de 120 L/dia. Com isso, foram considerados os consumos referentes à população permanente e flutuante.

Para os coeficientes k_1 e k_2 são adotados os valores de 1,2 e 1,5, respectivamente, valores usualmente empregados em estudos de concepção de sistemas de abastecimento no Brasil quando não há dados específicos para o município. O coeficiente k_1 está relacionado ao dia de maior consumo em um ano, enquanto k_2 está relacionado a hora de maior consumo, ambos representando uma majoração na vazão demandada. Optou-se por considerar esses coeficientes no cálculo de demanda, pois acredita-se que a população flutuante possa estar subdimensionada, adotando-se uma abordagem mais conservadora.

Além dos valores já citados, devem ser consideradas as perdas na distribuição, que, segundo os dados do SINISA (2022), foram de 12,96% no ano de 2022. Considerou-se, também, o reaproveitamento da água utilizada para a operação das estações de tratamento de água (ETA). Dessa forma, substituindo os valores na Equação 1, obtém-se:

$$Q = 1,2 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{50574 \cdot 193,1}{86400} + \frac{10486 \cdot 193,1}{86400} + \frac{6000 \cdot 120}{86400} \right) \cdot \frac{1}{1-0,1296}$$

Para o cálculo da demanda no ano de 2033, foram considerados os mesmos valores de consumo per capita e coeficientes k_1 e k_2 , substituindo apenas o dado de população permanente. Destaca-se que foram realizadas simplificações referentes à população flutuante e à taxa de perdas, já que ambos os valores foram mantidos constantes. O crescimento da população flutuante não foi considerado, por não haver dados suficientes para realizar uma estimativa de aumento. Ademais, o índice de perdas foi fixado por já ser bastante baixo. Com isso, obtém-se a equação a seguir:

$$Q = 1,2 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{57899 \cdot 193,1}{86400} + \frac{10486 \cdot 193,1}{86400} + \frac{6000 \cdot 120}{86400} \right) \cdot \frac{1}{1-0,1296}$$

As mesmas considerações realizadas para a demanda no ano de 2033 são feitas para a demanda de projeto, para um horizonte de 20 anos. Entretanto, a população permanente prevista para 2033 foi substituída pela população permanente prevista para 2044, obtendo-se:

$$Q = 1,2 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{66852 \cdot 193,1}{86400} + \frac{10486 \cdot 193,1}{86400} + \frac{6000 \cdot 120}{86400} \right) \cdot \frac{1}{1-0,1296}$$

A vazão de esgoto a ser tratado, considerando um sistema separador absoluto, deve ser calculada a partir das equações dispostas a seguir. Na ausência de informações específicas para o local, adotou-se o coeficiente de retorno $C = 0,8$, conforme recomendação da ABNT NBR 9649:1986 (ABNT, 1986). O coeficiente de retorno diz respeito ao volume de esgoto gerado em relação ao volume de água consumido. Os valores típicos dos demais coeficientes apresentados são

$k_1 = 1,2$, $k_2 = 1,5$, $k_3 = 0,5$, $q_{inf} = 0,05$ a $1,0$ L/s.km.

Equação 5 - Vazão média de tempo seco

$$Q_m = P \cdot C \cdot q \quad (6)$$

Sendo,

P = população (hab.);

C = coeficiente de retorno esgoto/ água;

q = contribuição *per capita* de esgoto por dia.

Dessa forma, considerando a população de 2024, 2033 e de 2044, obtêm-se, a partir da Equação 5:

$$Q_m(2024) = \left(\frac{50574 \cdot 193,1}{86400} + \frac{10486 \cdot 193,1}{86400} + \frac{6000 \cdot 120}{86400} \right) \cdot 0,8 = 115,84 \text{ L/s}$$

$$Q_m(2033) = \left(\frac{57899 \cdot 193,1}{86400} + \frac{10486 \cdot 193,1}{86400} + \frac{6000 \cdot 120}{86400} \right) \cdot 0,8 = 128,94 \text{ L/s}$$

$$Q_m(2044) = \left(\frac{66852 \cdot 193,1}{86400} + \frac{10486 \cdot 193,1}{86400} + \frac{6000 \cdot 120}{86400} \right) \cdot 0,8 = 144,94 \text{ L/s}$$

Equação 6 - Vazão máxima de tempo seco

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_m \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (7)$$

Sendo,

Q_m = vazão média de tempo seco;

k_1 = coeficiente de máxima vazão diária;

k_2 = coeficiente de máxima vazão horária.

Dessa forma, considerando os resultados de vazão média de tempo seco e adotando-se k_1 e k_2 igual a 1,2 e 1,5, respectivamente, obtêm-se, a partir da Equação 6:

$$Q_{m\acute{a}x}(2024) = 115,84 \cdot 1,2 \cdot 1,5$$

$$Q_{m\acute{a}x(2033)} = 128,94 \cdot 1,2 \cdot 1,5$$

$$Q_{m\acute{a}x(2044)} = 144,94 \cdot 1,2 \cdot 1,5$$

Equação 7 - Vazão de infiltração

$$Q_i = q_{inf} \cdot L \quad (8)$$

Sendo,

q_{inf} = taxa de infiltração na rede coletora (L/s.km);

L = extensão da rede coletora (km).

Para o valor da taxa de infiltração na rede coletora, foi empregado o resultado de um laudo realizado para obtenção de uma Autorização Ambiental pela empresa Tri Taxi Aéreo (2020), em que a taxa de infiltração obtida foi de 53 L/dia.m² para a região analisada. Para utilizar esse valor, foi feita a conversão de 53 L/dia.m² para L/s.km, resultando em 0,000613 L/s.m². Posteriormente, foi feita uma simplificação direta através da multiplicação por 1000 m, obtendo-se uma taxa de infiltração de 0,613 L/s.km. Já para a extensão da rede coletora foi empregado o valor de 36,2 km para o período atual, conforme dados do SINISA (2022) e 59,4 km para os anos de 2033 e de 2044, considerando apenas a expansão da rede já prevista pela Corsan, de acordo com os dados previamente disponibilizados ao IPH. Dessa forma, obtêm-se, a partir da Equação 7:

$$Q_{i(2024)} = 0,6134 \cdot 36,2$$

$$Q_{i(2033)} = 0,6134 \cdot 59,4$$

$$Q_{i(2044)} = 0,6134 \cdot 59,4$$

Equação 8 - Vazão de projeto média

$$Q_{pm} = Q_m + Q_i \quad (9)$$

Sendo,

Q_{pm} = vazão de projeto média;

Q_m = vazão média de tempo seco;

Q_i = vazão de infiltração.

Para a vazão de projeto média nos anos de 2024, 2033 e de 2044, considerando apenas a expansão da rede coletora já prevista em projeto pela Corsan, obtêm-se, a partir da 59,4

Equação 8:

$$Q_{pm(2024)} = 115,84 + 22,2$$

$$Q_{pm(2033)} = 128,94 + 36,4$$

$$Q_{pm(2044)} = 144,94 + 36,4$$

Equação 9 - Vazão de projeto máxima

$$Q_{pmax} = (Q_m \cdot k) + Q_i \quad (10)$$

Sendo,

Q_m = vazão média de tempo seco;

Q_i = vazão de infiltração;

k = coeficiente de pico de vazão, dado pelo valor médio entre $k = k_1 \cdot k_2$, $k = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} =$

$$1 + \frac{14}{4 + P^{0,5}} \text{ e } k = 1,20 + \frac{17,485}{Q^{0,509}}$$

P = população em milhares de habitantes.

Os valores obtidos para k no ano de 2024 são 1,8, 1,05 e 2,76. Para 2033 foram obtidos os valores de 1,8, 1,06 e 2,7, e já para o ano de 2044, os valores obtidos são de 1,8, 1,05 e 2,59. Dessa forma, os coeficientes adotados para o ano de 2024, 2033 e 2044 foram de 1,87, 1,84 e 1,81, respectivamente, por se tratar da média dos valores calculados. Assim, as vazões de projeto máximas para os anos de 2024, 2033 e 2044, utilizando a Equação 9, são:

$$Q_{pmax(2024)} = (115,84 \cdot 1,87) + 22,2$$

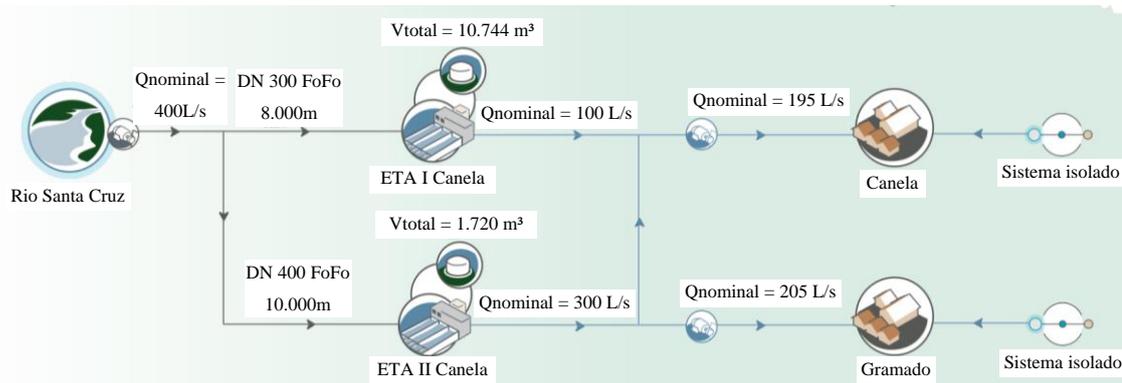
$$Q_{pmax(2033)} = (128,94 \cdot 1,84) + 36,4$$

$$Q_{pmax(2044)} = (144,94 \cdot 1,81) + 36,4$$

4.5 CARACTERIZAÇÃO DO SAA E DO SES

O município de Canela/RS possui um sistema de abastecimento de água integrado com o município de Gramado/RS, conforme é possível observar na Figura 2.

Figura 2 - Sistema de abastecimento de água do município de Canela/RS



(fonte: adaptado ANA, 2021)

A captação de água no município de Canela/RS é realizada a partir de um manancial superficial do rio Santa Cruz, com uma vazão de 400 L/s. A estação de bombeamento de água bruta (EBAB) conta com 5 grupos de motobombas, para que a água bruta seja aduzida até as duas ETA. A adutora que leva água bruta até a ETA I é de ferro fundido, DN 300 mm e tem uma extensão de, aproximadamente, 10 km. A ETA I é capaz de tratar água a uma ordem de 100 L/s e é composta por misturador rápido do tipo calha Parshall, dois flocluladores hidráulicos, um conjunto de decantadores retangulares, um decantador de circular e quatro filtros de dupla camada. A desinfecção final é realizada com cloro gás e então é realizada a fluoretação e ajuste de pH.

A adutora que leva água até a ETA II também é de ferro fundido, DN 400 mm e, aproximadamente, 11 km de extensão. A ETA II é capaz de tratar cerca de 300 L/s, sendo composta por misturador rápido do tipo calha Parshall, dois flocluladores hidráulicos, dois conjuntos de decantadores e seis filtros de dupla camada. A desinfecção final é realizada com cloro gás e então é realizada a fluoretação e ajuste de pH. Para complementar o sistema de abastecimento do município, é captada água subterrânea a partir do poço Jardim das Fontes, a uma vazão de 3,3L/s. O tratamento dessa água é simplificado, com desinfecção e fluoretação.

O sistema de reservação de água tratada é composto por 14 reservatórios de diferentes volumes e tipos (elevado, semienterrado e apoiado), distribuídos por oito localidades no município de Canela/RS. A extensão total da rede de distribuição de água no município é de 193,6 km, segundo dados do SINISA (2022), composta por diferentes materiais e diâmetros. O sistema de abastecimento ainda conta com seis estações de bombeamento de água tratada (EBAT). O índice de perdas na distribuição no município é de, aproximadamente, 13,0%.

Para expandir a capacidade de abastecimento atual, estão sendo executados oito poços artesianos que irão acrescentar 100 L/s de água ao sistema, 6,5 km de adutora de água bruta e 15,7 km de adutora de água tratada, bem como três ETA compactas que irão produzir 90 L/s de água potável, quatro novos reservatórios com capacidade de reservação de 6,5 milhões de litros e a duplicação da ETA II, que produzirá 600 L/s. Outras intervenções estão sendo realizadas, como o reaproveitamento da água de lavagem dos filtros na ETA II, que evita o desperdício de 10 L/s de água, a instalação de 3 novos reservatórios de 100000 L cada e a substituição de bombas de recalque, o que aumentará a vazão do sistema naquele setor.

Em Canela/RS, o baixo índice de atendimento de esgoto pode indicar sistemas rudimentares ou ausência de esgotamento sanitário nos demais locais. O sistema de coleta e transporte de esgoto do município de Canela é composto por quatro Estações de Bombeamento de Esgoto (EBE), distribuídas em diferentes localizações. A rede de coleta de esgoto tem extensão total de 36,2 km, valor muito inferior à extensão da rede de distribuição de água. Segundo dados da Corsan previamente disponibilizados ao IPH, há previsão de expansão da rede coletora de esgoto, cujo aumento será de 23,2 km.

No município, 100% do esgoto coletado é tratado, portanto há seis ETE operantes administradas pela Corsan. Dessas estações, três estão em plano de desativação e substituição por estações de maior capacidade e qualidade do efluente final. A ETE Aracy Correa, a ser desativada, tem uma vazão de projeto de 4 L/s e uma vazão média de operação de 0,86 L/s, sendo composta por gradeamento, desarenador, dois tanques sépticos e dois filtros anaeróbios. A ETE Chacrão 1, a ser desativada, tem uma vazão de projeto de 1 L/s e uma vazão média de 0,85 L/s, sendo composta por gradeamento, desarenador, um tanque séptico e um filtro anaeróbio. A ETE Chacrão 2, a ser desativada, tem uma vazão de projeto de 3 L/s e uma vazão média de 0,28 L/s, sendo composta por gradeamento, desarenador, um tanque séptico e dois filtros anaeróbios.

Dentre as ETE a serem mantidas, a ETE Reserva da Serra tem vazão de projeto de 5 L/s e vazão média de 1,4 L/s, sendo composta por gradeamento, desarenador, medidor de vazão, lodos ativados- valos de oxidação, seguidos de decantador e dois leitos de secagem com recirculação do percolado para disposição do lodo. A ETE Santa Terezinha tem vazão de projeto de 90 L/s e vazão média de 18,4 L/s, sendo composta por gradeamento, desarenador, medidor de vazão, flotador, reator biológico de leito móvel (MBBR), filtro biológico e sistema

de desinfecção UV. Já a ETE São Luiz tem vazão de projeto de 3,9 L/s e vazão média de 0,7 L/s, sendo composta por gradeamento, desarenador, medidor de vazão, um tanque séptico, dois filtros anaeróbios, e dois leitos de secagem com recirculação do percolado para disposição do lodo.

4.6 CAPACIDADE ATUAL DE ATENDIMENTO DOS SISTEMAS

A água fornecida à população de Canela/RS recebe tratamento em duas ETA, uma com capacidade de tratamento de 110 L/s, operando 24 horas diárias e a outra com capacidade de tratamento de 320 a 330 L/s, cuja vazão é dividida entre Canela/RS e Gramado/RS. Dessa forma, estima-se que a vazão fornecida para o município de Canela/RS seja de 200 L/s através de captação superficial e de 3,3 L/s através de captação subterrânea.

Segundo os dados fornecidos pela Corsan, através dos quatorze reservatórios instalados no município, a capacidade total de reservação é de 8.890 m³ de água. Considerando a demanda atual de água, com intensa atividade turística, pode-se estimar uma autonomia de, aproximadamente, 8,4 h de reservação.

Conforme a série histórica do SINISA (2022), cerca de 85,8% da população de Canela/RS é atendida pelo serviço de abastecimento de água e a rede de distribuição conta com, aproximadamente, 194,6 km de extensão. Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), 94,05% dos domicílios particulares permanentemente ocupados são abastecidos pela rede geral de água.

De acordo com os dados do SINISA (2022), cerca de 19,2% da população de Canela/RS é atendida pelo serviço de esgotamento sanitário e a rede de coleta de esgoto tem, aproximadamente, 36,2 km de extensão, atendendo a 14,6% da população. Conforme os dados fornecidos pela Corsan, as ETE a serem mantidas têm capacidade para tratar uma vazão de projeto de, aproximadamente, 98,9 L/s de efluente. Tal estimativa considera apenas as ETE Reserva da Serra, Santa Terezinha e São Luiz.

5 RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os valores obtidos por meio das equações descritas nos capítulos anteriores, referentes ao estudo populacional, demanda de abastecimento, demanda de esgotamento sanitário, análise do atendimento atual dos sistemas e para o período de projeto, bem como a identificação dos problemas e pontos críticos a serem atendidos.

5.1 DEMANDA

O estudo populacional realizado comparou dois métodos para obter dados referentes à população do município de Canela/RS. O método aritmético retornou como resultado, para o período atual, uma população permanente de 50.574 habitantes, já para o ano de 2033 foi obtida uma população de 57.899 habitantes e para um período de projeto de 20 anos, obteve-se como resultado uma projeção de população de 66.852 habitantes. Empregando o método geométrico, estima-se uma população atual de 50.796 habitantes no município de Canela/RS, já para o ano de 2033 obteve-se uma estimativa de 60.024 habitantes e, para 2044, obteve-se como resultado uma projeção de população de 73.610 habitantes.

Para poder empregar o método da curva logística, deve haver três dados de população em um intervalo de tempo (t) igual entre eles. Portanto, foi projetada a população para o ano de 2020, considerando os dados de 2000 e 2010, utilizando os métodos aritméticos e geométricos, para que pudesse ser empregado o método da curva logística. Entretanto, o método não se ajustou, pois as suposições que o modelo faz a respeito do crescimento populacional divergem com o ritmo de crescimento observado para o município de Canela/RS.

Nesse contexto, optou-se por trabalhar apenas com o resultado do crescimento aritmético proposto por Tsutya (2016), que resultou em populações de 57.899 e 66.852 habitantes para os anos de 2033 e 2044, respectivamente. Tal resultado converge com os resultados previstos a nível estadual, conforme descrito nos capítulos anteriores.

Com o objetivo de estimar a população flutuante, foi considerada a mesma ocupação dos domicílios permanentemente ocupados para os domicílios de uso ocasional, podendo estimar que a população flutuante seja de 16.486 habitantes, com lotação máxima de hotéis e dos domicílios de uso ocasional.

Dessa forma, somando a projeção aritmética da população atual à estimativa da população flutuante, estima-se uma população total de 67.060 pessoas em alta temporada. Somando-se a população permanente projetada para 2033 à população flutuante, obtém-se uma estimativa de 74.385 habitantes. Já unindo a população permanente projetada para o ano de 2044 à população flutuante, estima-se uma população de projeto de 83.338 habitantes para o município de Canela/RS.

Ao aplicar os métodos propostos na literatura para estimar a demanda bruta de água no município de Canela/RS para o período atual, obteve-se uma demanda de, aproximadamente, 299,4 L/s, considerando uma ocupação de 100% dos leitos de hotel e de 100% dos domicílios de uso ocasional, no dia e hora de maior consumo. Dadas as mesmas considerações, estima-se uma demanda de 333,3 L/s para o ano de 2033. Já para um período de projeto de 20 anos, o resultado obtido foi uma demanda de, aproximadamente, 374,7 L/s, considerando uma ocupação de 100% dos leitos de hotel e de 100% dos domicílios de uso ocasional, no dia e hora de maior consumo.

Para obter a demanda relativa à geração de esgoto sanitário, foram realizados diversos cálculos para diferentes situações. Dentre eles, o cálculo de vazão média de tempo seco, que retornou uma vazão atual de, aproximadamente, 115,8 L/s. Para 2033 e 2044 estimam-se vazões de 128,9 L/s e 144,9 L/s, respectivamente. Já a vazão máxima de tempo seco atual é de, aproximadamente, 208,5 L/s. Para 2033 estima-se uma vazão de 232,1 L/s e para 2044 estima-se uma vazão de 260,9 L/s.

Obteve-se, também, uma vazão de infiltração atual de 22,2 L/s enquanto para os anos de 2033 e 2044 foi calculada uma vazão de 36,4 L/s, considerando a expansão de rede já prevista pela Corsan. A vazão de projeto média atual, que considera o coeficiente de infiltração somado à vazão média de tempo seco, é de 138,1 L/s, já para o ano de 2033 estima-se que seja de 165,4 L/s e para 2044 estima-se que seja 181,4 L/s. A vazão máxima de projeto para 2024 é de, aproximadamente 238,8 L/s, já para o ano de 2033, espera-se que seja de 274,2 L/s e para 2044 estima-se uma vazão de 299,1 L/s.

O resumo das demandas calculadas pode ser visualizado na Tabela 3, apresentada a seguir.

Tabela 3 – Resumo das demandas calculadas

Demanda de água			
Ano	2024	2033	2044
Vazão referente a população permanente e flutuante com k1 e com k2 (L/s)	299,4	333,3	374,7
Vazão referente a população permanente e flutuante com k1 e sem k2 (L/s)	199,6	222,2	249,8
Vazão referente somente a população permanente com k1 e com k2 (L/s)	233,8	267,6	309,0
Vazão referente somente a população permanente com k1 e sem k2 (L/s)	155,8	178,4	206,0
Demanda de esgoto			
Ano	2024	2033	2044
Vazão média de tempo seco (L/s)	115,8	128,9	144,9
Vazão máxima de tempo seco (L/s)	208,5	232,1	260,9
Vazão de infiltração (L/s)	22,2	36,4	36,4
Vazão de projeto média (L/s)	138,1	165,4	181,4
Vazão de projeto máxima (L/s)	238,8	274,2	299,1

(fonte: elaborada pela autora)

5.2 ANÁLISE DO ATENDIMENTO ATUAL DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Considerando apenas a população permanente, os sistemas de captação e de tratamento de água instalados no município são capazes de atender à vazão demandada no dia de máxima vazão, isso porque, nessa situação, a demanda gira em torno de 155,8 L/s e a vazão nominal disponível para o município é de, aproximadamente, 200 L/s. Destaca-se que os sistemas de captação e de tratamento de água são dimensionados apenas para a vazão média no dia de maior consumo, ou seja, desconsiderando o coeficiente de hora de maior consumo.

A situação se agrava quando a cidade passa a receber um volume grande de turistas, pois a demanda que concilia a população permanente e a população flutuante pode chegar a aproximadamente 199,6 L/s no dia de maior vazão, ou seja, os sistemas ficam no limite da sua capacidade para atender também à população flutuante.

Além dos aspectos citados, apenas 85,8% da população é atendida por serviço de abastecimento. Portanto, tanto a rede de distribuição não é suficiente para atender à população quanto as demais alternativas que poderiam ser empregadas para expandir o atendimento. O sistema de reservação também não compensa o déficit das horas de maior consumo de água em

épocas de alta demanda turística, visto que uma das motivações desta pesquisa é a falta de água que ocorre no município nesses períodos.

Quando analisado o serviço de esgotamento sanitário, a situação é ainda mais crítica, pois apenas 19,2% da população é atendida pelo serviço de esgotamento sanitário. Portanto, em termos de abrangência de rede coletora ou implantação de sistemas individuais de tratamento de esgoto, o município está muito distante da universalização.

As estações de tratamento de esgoto têm a capacidade de tratar uma vazão de, aproximadamente, 98,9 L/s. Isso significa que as ETE do município não são capazes de tratar uma vazão de projeto máxima em épocas de turismo. Entretanto, sabe-se que, comumente, o atendimento nos municípios não se dá 100% através de rede coletora e, nesse caso, a vazão de esgoto que chega às ETE é muito inferior à capacidade de tratamento, valor que não chega a 50% da capacidade total das estações. Assim, considerando a vazão coletada, as estações atendem plenamente à demanda, já que a abrangência dos serviços de coleta de esgoto é bastante baixa.

5.3 ANÁLISE DO ATENDIMENTO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O PERÍODO DE PROJETO

Considerando as metas impostas pelo Marco Legal do Saneamento, calculou-se a demanda de água da população permanente prevista para o ano de 2033, que gira em torno de 178,4 L/s no dia de maior vazão. Enquanto isso, levando em consideração o período de projeto, no ano de 2044, é previsto que a população permanente apresente uma demanda de água de 206,0 L/s no dia de pico de vazão. Tal previsão indica que os sistemas de captação e de tratamento de água atuais, cujas capacidades giram em torno de 200 L/s, ainda serão capazes de atender à demanda da população permanente em 2033. Já em 2044, a capacidade desses sistemas será insuficiente para atender a população permanente no dia de maior consumo.

Quando a análise abrange a população flutuante, as demandas estimadas para 2033 e 2044, considerando o dia de maior vazão, são de, aproximadamente, 222,2 L/s e 249,8 L/s, respectivamente, valores superiores à capacidade dos sistemas de captação e tratamento de água.

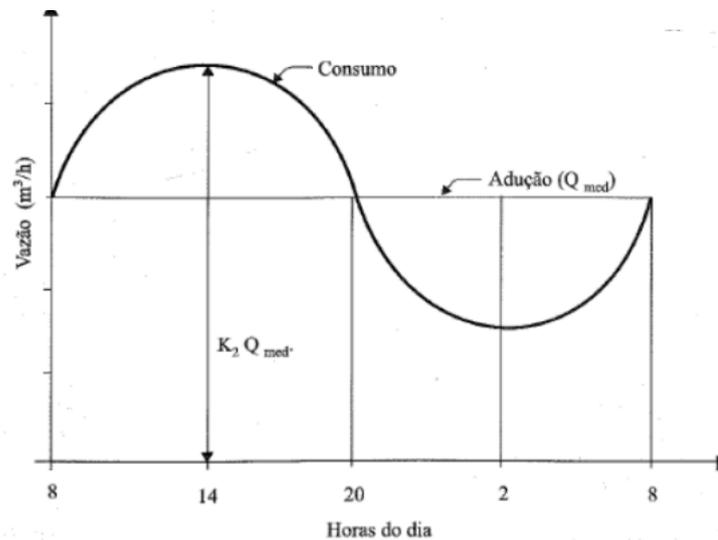
A abrangência das redes de distribuição atuais, ou alternativas equivalentes descentralizadas, também se mostrará insuficiente para atender às demandas futuras analisadas, caso o sistema não seja ampliado. Contudo, apesar da insuficiência das várias etapas do sistema atual, sabe-se que a meta definida pelo Marco Legal do Saneamento para o ano de 2033 é de que 99% da população dos municípios brasileiros deverá ser atendida por abastecimento de água.

Já em relação ao sistema de esgotamento sanitário, sabe-se que até 2033 a meta é de que 90% da população dos municípios brasileiros deverá contar com os serviços de esgotamento em suas casas, seja através de rede de coleta ou através da implantação de sistemas individuais convencionais. Sob essa perspectiva, estima-se que as vazões máximas para os horizontes de projeto analisados, considerando a população permanente e flutuante, sejam de 274,2 L/s no ano de 2033 e de 299,1 L/s no ano de 2044. Para atender a toda essa demanda, sabe-se que os sistemas existentes são insuficientes, pois a rede coletora tem uma extensão de 36,2 km e uma previsão de expansão da ordem de 23,2 km, enquanto as ETE totalizam uma capacidade de 98,9 L/s de tratamento de efluentes. Somados ao sistema individual já implantado, a capacidade atual atenderia a uma porcentagem ainda menor da população nos anos de 2033 e de 2044, caso não fossem realizadas melhorias nos sistemas.

5.4 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS E PONTOS CRÍTICOS

Considerando o sistema de abastecimento de água, os problemas atuais ocorrem em dias e horas de maior vazão, coincidentes com épocas de alta temporada. Sob essa perspectiva, foi identificado que os reservatórios de água podem estar sendo um gargalo do sistema. Isso porque a análise da capacidade do sistema mostra que ele é capaz de atender à demanda atual média da população permanente e flutuante, desconsiderando os picos horários de consumo. Portanto, para atender à demanda que se apresenta nessas situações, seria necessário um volume maior de reservação. A Figura 3 pode ilustrar essa hipótese.

Figura 3 - Curva de consumo aproximada a uma senoide



(fonte: Tsutiya, 2006)

Durante 24h, a curva de consumo de água varia, podendo exigir muito mais do que a demanda média diária durante as horas de atividade comercial, o que requer maior utilização do volume de água dos reservatórios. Por isso, acredita-se que a capacidade dos reservatórios não é satisfatória para o atendimento da demanda da população.

Acredita-se, também, que a capacidade de captação e de tratamento não são satisfatórias, já que esses sistemas estão trabalhando próximo ao seu limite, durante 24h diárias. Contudo, não são os maiores gargalos do sistema atual. A rede de distribuição, ou alternativa equivalente, também se mostra insuficiente, já que apenas 85,8% da população é atendida pelo serviço, mostrando que a globalização do atendimento não é uma realidade no município.

Em relação ao período de projeto, os próximos anos apontam para um crescimento significativo da população, portanto todas as etapas existentes no sistema atual de abastecimento serão insuficientes. Isso inclui a captação, as estações de tratamento de água e a rede de distribuição de água ou alternativa equivalente de atendimento. Nessa perspectiva, os pontos críticos deverão ser definidos a partir das soluções adotadas, isso porque o tipo de sistema adotado definirá qual a necessidade do tipo de tratamento e etapas subsequentes.

Apesar das falhas levantadas serem bastante relevantes para o funcionamento do sistema de abastecimento do município, cabe ressaltar que não foram analisadas as pressões na rede. Nesse contexto, baixas pressões também poderiam ser responsáveis pelos problemas de abastecimento visualizados no município de Canela/RS.

Quanto ao sistema de esgotamento sanitário, tanto para o período atual quanto para o horizonte de projeto, o ponto crítico é a abrangência da rede coletora ou de alternativas convencionais individuais para substituir a solução. Atualmente, a capacidade de atendimento das ETE é muito superior à demanda, no entanto, caso o efluente passasse a ser coletado em 100% das residências, as estações não seriam capazes de suprir a necessidade do município. Sabe-se que já nos próximos nove anos, todo o sistema deverá ser expandido para atender a, pelo menos, 90% da população. Portanto, a necessidade de ampliação das ETE será dada pelas soluções adotadas para as etapas anteriores.

6 PROPOSTAS DE MELHORIAS

Neste capítulo são apresentadas possíveis soluções para a ampliação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Canela/RS, com o objetivo de atender às demandas da população e às metas do Marco Legal do Saneamento.

6.1 POSSIBILIDADES PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Após compreender as principais carências no sistema atual de abastecimento de água, pode-se perceber a necessidade de tomar medidas de curto, médio e longo prazo. A curto prazo, a ampliação do sistema de reservação de água pode ser eficiente para reduzir o problema de desabastecimento em períodos de alta temporada. Como já calculado anteriormente, o volume dos reservatórios do município tem uma autonomia de, aproximadamente, 8,4 h, considerando a demanda atual em alta temporada. Essa possibilidade de ampliação da reservação traz diversos benefícios, já que a população local terá uma chance menor de sofrer com desabastecimento tanto em épocas turísticas, quanto em situações de interrupção no sistema devido a condições climáticas extremas, como já observado no ano de 2024 no Rio Grande do Sul.

Conforme Gehling (2016), em locais sem dados de consumo, o volume dos reservatórios de abastecimento pode ser calculado a partir do método prático, que estima que o volume de reserva deve ser de um terço do consumo máximo diário da população. Sob essa perspectiva, os reservatórios atuais já cumprem com o critério, dada a autonomia de 8,4 h. Entretanto, na prática, esse volume não tem sido suficiente para compensar o pico de demanda, visto que há situações de desabastecimento em épocas de alta temporada, mostrando que Canela/RS é um município que foge dos padrões adotados para a aplicação dessa metodologia. Dessa forma, reitera-se a importância da conclusão das obras de ampliação previstas pela Corsan, cujo resultado será uma ampliação de mais de 70% do volume de reserva atual. Com essas obras, estima-se que a autonomia dos reservatórios será de, aproximadamente, 14 h. Contudo, destaca-se a importância de observar a recomendação de renovação mínima de água dos reservatórios de abastecimento público, que é de uma renovação diária.

Apesar de se mostrar uma solução eficiente a curto prazo, caso o município não consiga realizar as obras de ampliação no sistema de reservação de água, ou se tal medida não for suficiente para suprir a demanda, é possível alugar estações de tratamento de água compactas

para aumentar o volume disponibilizado na rede de abastecimento. Uma ETA compacta tem a mesma eficiência de uma ETA convencional em relação ao cumprimento dos critérios de potabilidade da água tratada, portanto, é uma solução bastante prática para Canela/RS, que pode realizar sua locação apenas em épocas de alta demanda, sem haver qualquer prejuízo à saúde da população. A previsão de implantação de três ETA compactas e de duplicação da ETA II, em funcionamento no município, já existe, segundo a Corsan. Entretanto, ao longo das obras, o aluguel de estações compactas pode ser uma solução prática para o município.

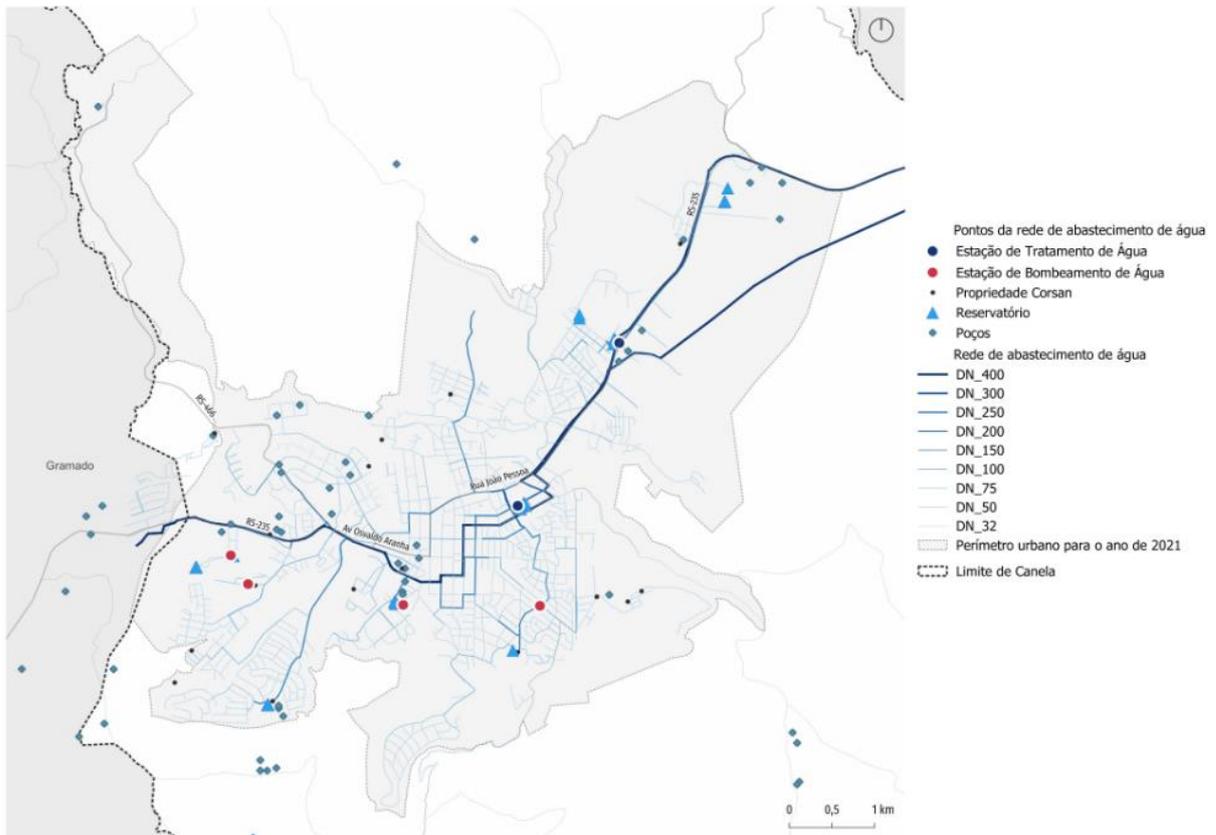
Outra medida, que pode ser implantada em paralelo com as demais, é a obrigatoriedade de projeto de reuso de águas cinzas e pluviais para novas edificações com área superior a 150 m², assim como já implantado no município de Gramado/RS para o reuso de água da chuva, a partir da Lei Ordinária 3677 de 2018. Com essa proposta, as águas cinzas e pluviais podem ser empregadas para outros fins, como descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, limpeza e demais usos que não requerem água potável, reduzindo o consumo de água da rede de abastecimento. Sugere-se que, além da obrigatoriedade de apresentação do projeto de reuso, seja prevista a obrigatoriedade de execução do projeto com inspeção no local para regularizar o imóvel junto à prefeitura.

Dentro da indústria, setor que já costuma contar com estação de tratamento de esgoto, podem ser aplicadas tecnologias avançadas de tratamento, para que os efluentes gerados também possam ser empregados para fins não potáveis. A fim de cumprir com esse objetivo, uma solução é a utilização da tecnologia de membranas, que tem como resultado um efluente de boa qualidade. O emprego desse sistema no setor industrial, justifica-se pela alta demanda de água no setor e consequente volume significativo de despejo de efluentes na natureza. A partir das propostas citadas, pode-se estimar uma redução considerável na demanda por água tratada advinda da rede municipal.

A médio prazo, considerando a necessidade de atender as metas impostas pelo Marco Legal do Saneamento, as redes de distribuição ou sistemas descentralizados devem ser ampliados, para que o abastecimento de água seja disponibilizado para 99% da população até 2033. A ampliação das ETA também deverá ser realizada, de acordo com os sistemas de distribuição implantados. Na Figura 4, é possível visualizar a abrangência da estrutura municipal de abastecimento de água atual no município de Canela/RS, através do cadastro de

redes de abastecimento e respectivos diâmetros, de estações de tratamento de água, de estações de bombeamento de água, de propriedades da Corsan, de reservatórios e de poços.

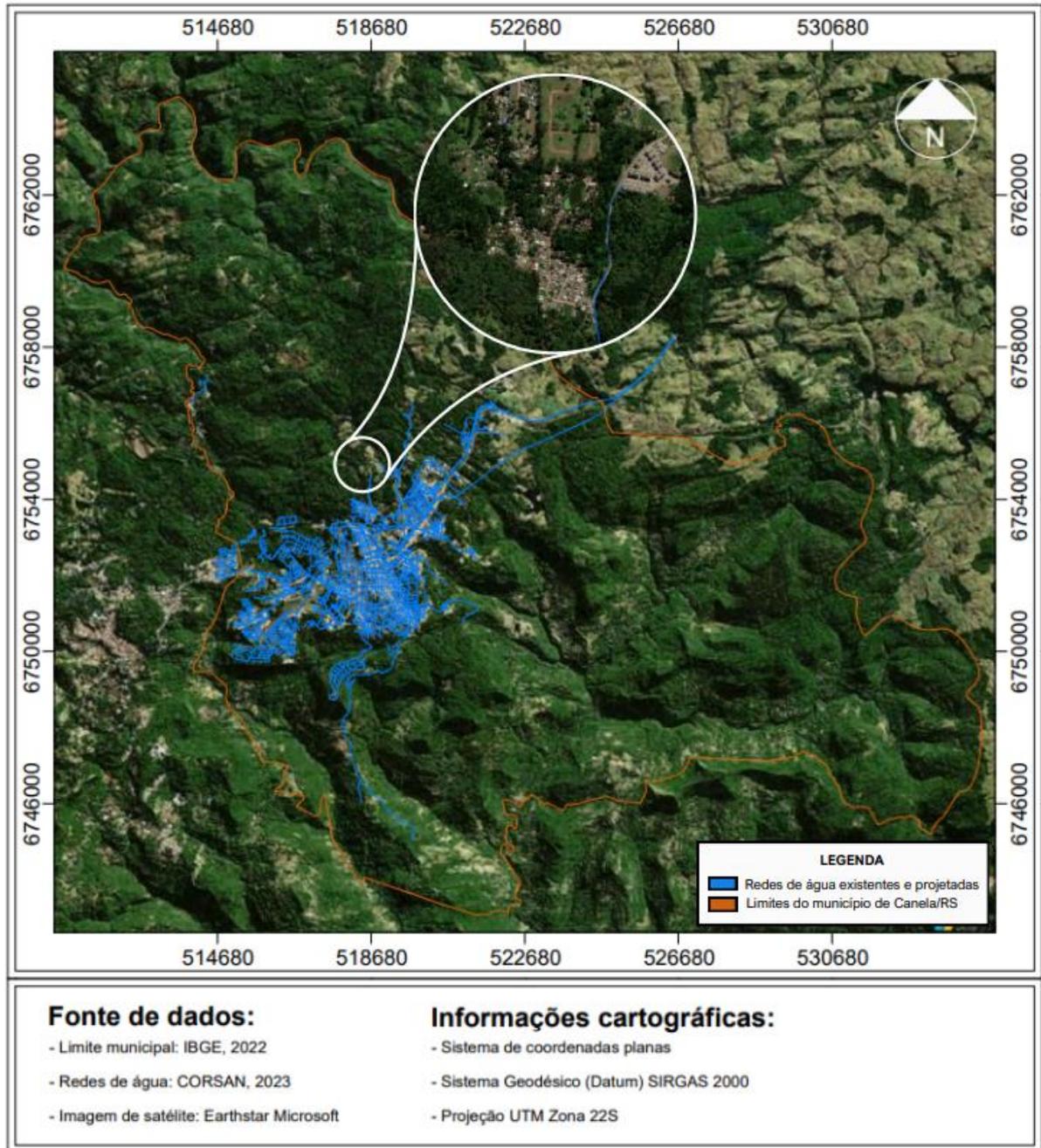
Figura 4 - Estrutura de abastecimento de água de Canela/RS



(fonte: elaborado em conjunto com o Núcleo de Tecnologias Urbanas da UFRGS)

Através do cadastro da estrutura municipal de abastecimento apresentado, é possível notar que a malha de redes de distribuição de água é bastante densa no perímetro urbano. Entretanto, no município de Canela/RS o sistema de abastecimento não chega a atender 90% da população. Para compreender melhor como realizar a expansão do sistema, optou-se por sobrepor o *shapefile* de cadastro de redes com a malha de municípios disponibilizada pelo IBGE e com a imagem de satélite *Earthstar* da *Microsoft*. Como resultado dessa sobreposição, obteve-se o mapa apresentado na Figura 5, em que foi destacada uma área de possível ampliação. Comparando os dois mapas, é possível perceber que a estrutura de abastecimento municipal é bastante limitada ao perímetro urbano, o que é comum acontecer na maioria dos municípios. Entretanto, espera-se que haja uma ramificação maior do sistema, mesmo que através da descentralização, para que as metas de atendimento possam ser cumpridas.

Figura 5 - Redes de abastecimento de água existentes e projetadas e possibilidade de expansão



(fonte: elaborada pela autora)

No mapa apresentado, a área com aproximação em destaque é um exemplo de região cuja recomendação é o abastecimento através da expansão da rede pré-existente, por estar próxima a malha urbana e ter uma densidade populacional significativa. Em locais com essas características, o ideal é realizar a interligação com a estrutura existente, evitando sistemas descentralizados. Em contraponto, nas regiões mais afastadas, deve-se verificar a possibilidade de realizar o abastecimento através de poços, para não onerar o sistema. Recomenda-se que seja

verificado qual o tipo de sistema que a população já utiliza nesses locais para, então, regularizar o abastecimento, realizando testes para verificar se os pontos de captação utilizados são adequados e a água consumida atende aos parâmetros de potabilidade.

Caso não seja verificada a possibilidade de abastecimento através de poços, pode-se utilizar caminhões-pipa. Essa estratégia é considerada no índice de abastecimento, portanto pode ser empregada em locais distantes da malha urbana que não disponham de locais adequados para captação de água. Uma possibilidade é que, em pequenas comunidades afastadas, sejam previstos reservatórios públicos, que além de facilitarem a logística dos caminhões-pipa, que não precisarão de deslocamento diário, protegem a população de possíveis variações de consumo ou imprevistos no sistema.

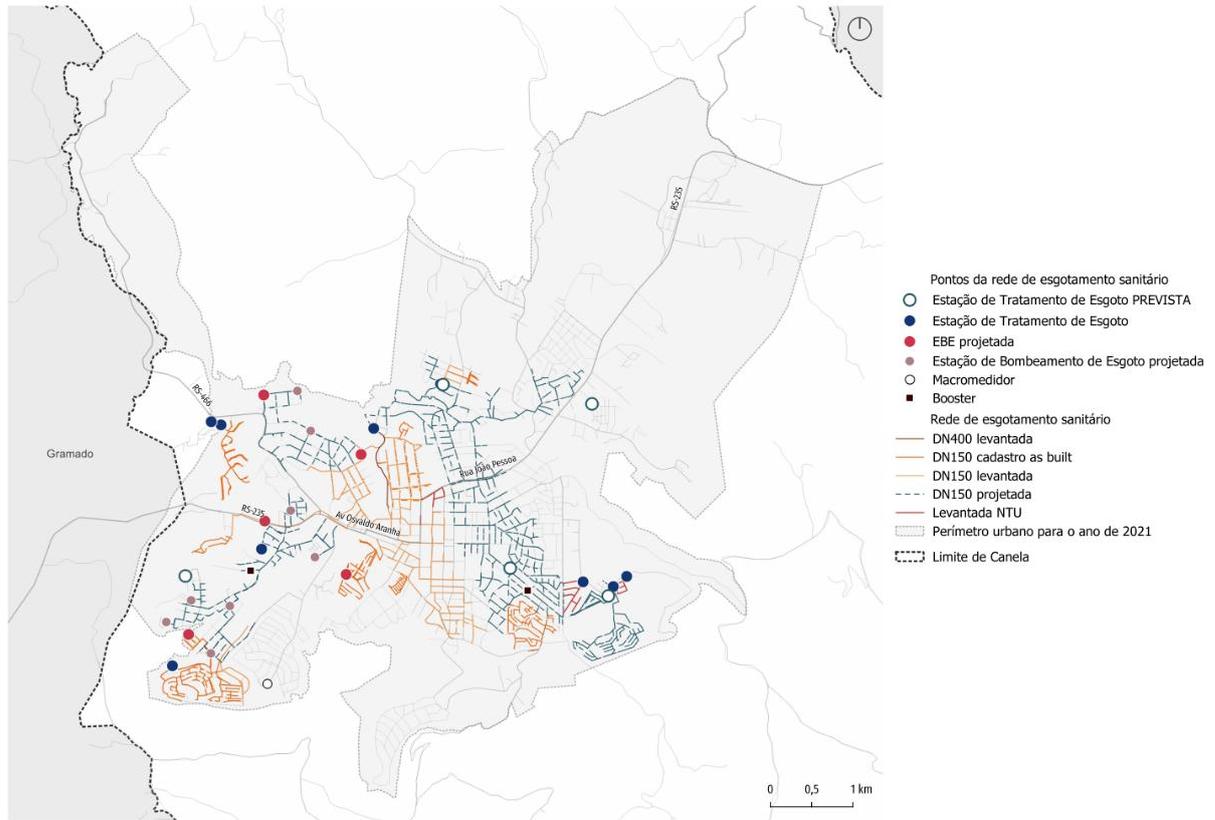
Por fim, para atender a demanda de projeto para o ano de 2044, deve-se aumentar a vazão captada nos mananciais, caso eles tenham capacidade para isso, deve-se promover a ampliação das redes de distribuição ou alternativas descentralizadas, considerando as soluções já citadas, e deve-se priorizar a ampliação das ETA, conforme já previsto pela Corsan.

Cabe citar que uma das limitações do trabalho foi a análise das pressões na rede, que não foi realizada. Como esse tema é bastante relevante para a eficácia do sistema, caso posteriormente sejam verificadas inconformidades nas pressões da rede, outras melhorias poderiam ser propostas, como a implantação de estações elevatórias para viabilizar um atendimento adequado à demanda da população.

6.2 POSSIBILIDADES PARA O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Dentro do sistema de esgotamento sanitário, a situação é bastante delicada quando comparada ao sistema de abastecimento de água. Analisando o cenário atual, a meta de atendimento de 90% da população para o ano de 2033 e a demanda de projeto para 2044, pode-se concluir que as medidas a serem tomadas para expansão do sistema devem ser iniciadas o mais breve possível. Isso porque, considerando a abrangência atual e a meta de atendimento, as obras de expansão devem ter uma magnitude significativa e, conseqüentemente, prazo de execução longo. Na Figura 6, é possível visualizar o sistema de esgotamento sanitário atual e previsto em projeto para o município de Canela/RS.

Figura 6 - Estrutura de esgotamento sanitário de Canela/RS.



(fonte: elaborado em conjunto com o Núcleo de Tecnologias Urbanas da UFRGS)

Na imagem é possível visualizar a malha de rede de esgoto atual, em tons de laranja, e a malha de rede projetada, em azul. Nesses locais, está projetado o sistema do tipo separador absoluto que, dentre os demais, é o mais recomendado. Nesse sistema, a rede conduz apenas o esgoto sanitário, enviando toda a vazão para as estações de tratamento de esgoto do município. Com o tratamento de todo o volume de esgoto gerado nas residências abrangidas por rede, a qualidade do efluente final é bastante elevada, reduzindo a carga poluidora lançada no corpo hídrico receptor. Apesar dos diversos benefícios, para a instalação desse método, o tempo e custos de obra costumam ser bastante significativos, já que é necessário abrir valas de escavação ao longo de toda malha da rede, o que acaba gerando custos de reconstrução de vias, além dos custos do próprio sistema.

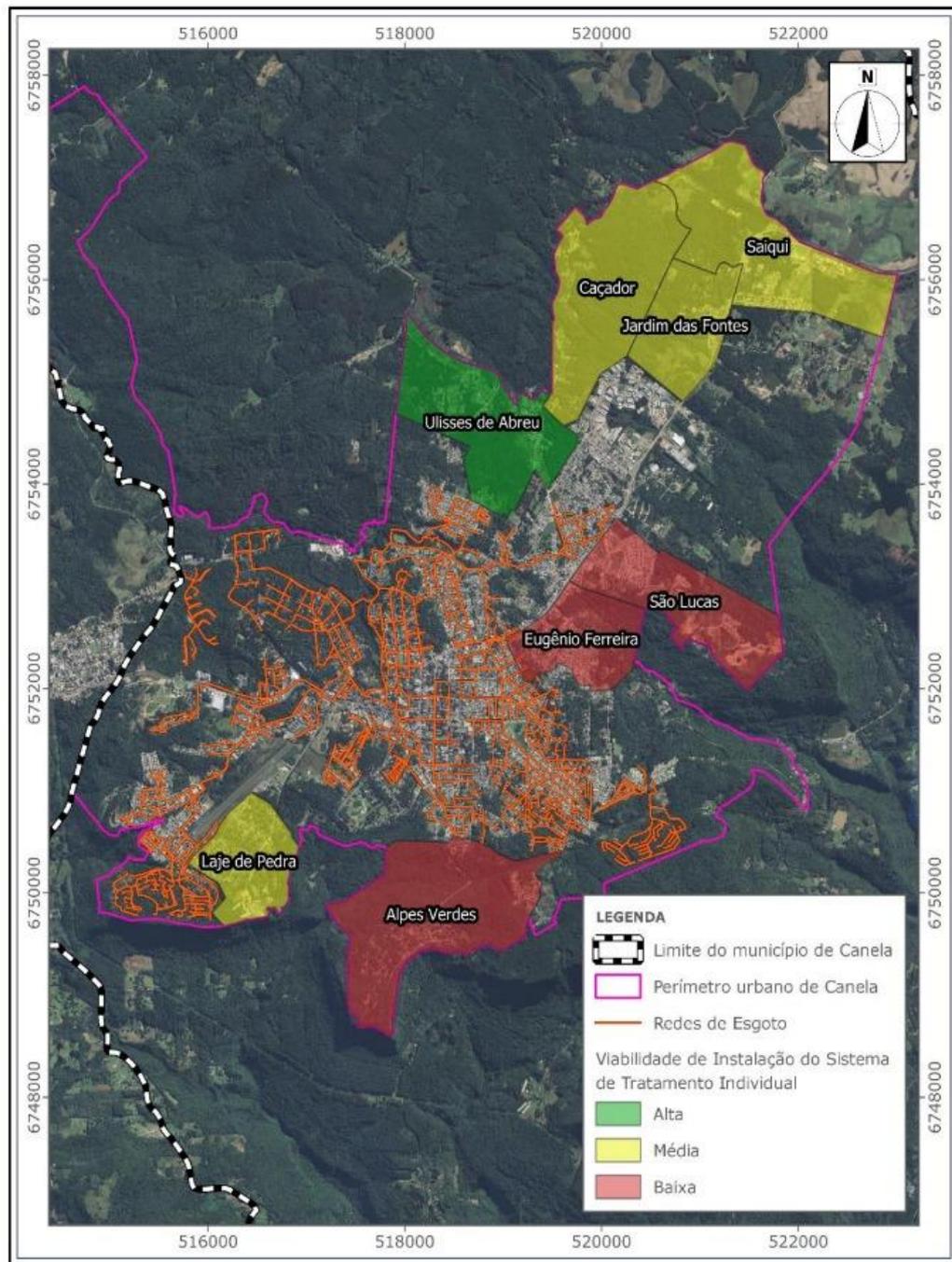
Considerando que o município já tem a previsão de ampliar as redes nas áreas demarcadas na Figura 6, é necessário ter uma atenção especial aos locais situados entre as redes já instaladas e as redes projetadas, onde é possível observar lacunas sem a previsão de redes coletoras. Recomenda-se que o projeto seja revisado, para que não haja ausência de redes nesses

locais e, se necessário, deve-se fomentar a densificação populacional na região, o que tende a viabilizar a implantação do sistema.

Apesar do sistema separador absoluto ser bastante eficiente, ele nem sempre pode ser viabilizado, já que em regiões mais afastadas da malha urbana a densidade populacional tende a ser baixa. Nesses locais, uma alternativa às redes coletoras é o sistema individual, cuja execução fica a cargo do proprietário da edificação, através de um dos sistemas previstos pela NBR 17076:2024 (ABNT,2024), referente a projetos de sistema de tratamento de esgoto de menor porte. Nessa norma, estão descritos os dispositivos a serem empregados para o tratamento individual de esgoto e as formas de disposição de efluente. No sistema previsto pela nova NBR, devem acontecer todas as etapas de tratamento que ocorrem no sistema convencional, ou seja, tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. Fica a critério do responsável pelo projeto selecionar o mecanismo a ser empregado para cumprir com cada uma das etapas. Uma das diversas possibilidades, já bastante tradicional, é através de caixa desarenadora, tanque séptico, filtro anaeróbio, desinfecção e posterior disposição, outra, mais compacta, é o emprego de caixa retentora de gordura, estação compacta de tratamento de esgoto e disposição.

Após o tratamento completo, pode-se selecionar uma forma de disposição, respeitando a legislação local, que pode ser infiltração no solo, lançamento no corpo hídrico, reuso ou evapotranspiração. Para utilizar a infiltração, faz-se necessário realizar um estudo da profundidade do lençol freático no local da implantação, já que o sistema de infiltração só pode ser empregado com uma profundidade de lençol freático superior a 1,5 metros. Sob essa perspectiva, alguns locais já estão mapeados conforme a Figura 7, através de estudos realizados pela empresa Garden, contratada para a realização do novo PMSB do município. Nos locais com boa capacidade de infiltração, o emprego desse sistema é uma alternativa interessante.

Figura 7 - Mapa de viabilidade de instalação de sistema individual considerando a capacidade de infiltração no solo do município de Canela/RS.



(fonte: Canela/RS, 2024)

Caso a profundidade do lençol freático não seja adequada, o lançamento no corpo hídrico por meio de dispositivo direto, desde que atendendo a legislação vigente, é uma boa solução para regiões mais afastadas da área urbana e próximas a corpos hídricos superficiais. Enquanto isso, em locais próximos à malha urbana, desde que atendidos os requisitos

ambientais e autorizado o uso, pode-se lançar o efluente tratado nas galerias de água pluvial, para o lançamento indireto no corpo hídrico. Para locais afastados, com profundidade do lençol freático inadequada e distantes de corpos hídricos, pode-se empregar a disposição em tanque de evapotranspiração, desde que se trate de uma residência unifamiliar de até cinco moradores e que haja a disponibilidade de uma grande área para disposição.

A solução de sistema individual é bastante interessante, mas requer cuidados quanto a possíveis alterações na dinâmica de crescimento do município. Isso porque, sugere-se que haja uma mudança no plano diretor do município, a fim de prever a obrigatoriedade de instalação do sistema individual em novas edificações nas regiões não abrangidas por redes de coleta e em que haja a viabilidade de empregar esse tipo de solução. Locais mais afastados e locais com baixa densidade populacional são interessantes para o emprego dessa solução. Entretanto, ao propor o sistema individual, deve-se limitar o crescimento populacional dessa região, para que não haja excesso de efluente e saturação do solo ou demais danos ambientais, o que pode ser um problema futuro para a expansão do município. Além disso, solicitar que novas edificações cumpram com essa proposta não resolve o problema da ausência de esgotamento sanitário nas edificações pré-existentes. Sob essa perspectiva, faz-se importante que haja um acordo entre os proprietários, a concessionária e os órgãos públicos para que as instalações de esgoto sejam regularizadas.

Outra possibilidade para viabilizar a expansão do atendimento de esgotamento sanitário no município é o emprego de um sistema unitário de coleta de esgoto. Nesse caso, sugere-se realizar o cadastro da rede pluvial existente para que ela possa servir de rede coletora mista nos locais que ainda não são atendidos por rede coletora de sistema separador absoluto. Segundo Brum e Wartchow (2017), o emprego do sistema misto pode acelerar a expansão do esgotamento sanitário e reduzir os custos das obras.

Contudo, para aplicar o sistema misto a estrutura pré-existente de esgotamento pluvial deve ser adaptada. Um dos pontos a ser adaptado para o emprego do sistema é a substituição de bocas-de-lobo convencionais por bocas-de-lobo sifonadas, evitando a saída de gases para a rua. Como todo efluente coletado é encaminhado, através do emissário final, para a ETE, deve-se prever uma estrutura de regulação e desvio, evitando que a estação seja sobrecarregada. Nesse caso, o ideal é que todo o esgoto em tempo seco seja tratado e, em períodos de chuva intensa,

haja um extravasor do tipo *by-pass* à montante da ETE, evitando a chegada de uma vazão superior à sua capacidade.

O ponto crítico do sistema de esgotamento sanitário do município é a baixa abrangência das redes coletoras, portanto é necessário dar prioridade para a execução das redes já previstas em projeto, com as revisões sugeridas. Deve-se compreender qual a melhor estratégia a ser adotada nos locais ainda não abrangidos por esgotamento sanitário e nem por projeto. Sob uma perspectiva de operação e manutenção, o ideal é a padronização dos sistemas de esgotamento sanitário, entretanto, deve-se pensar que regionalizar o município e adotar diferentes soluções pode acelerar o processo de expansão.

Além das melhorias já citadas, é importante destacar que as ETE também devem ser ampliadas a longo prazo, pois considerando o horizonte de projeto, a capacidade total de tratamento do município não será capaz de suprir a demanda. Entretanto, pode-se perceber que essa etapa não deve ser priorizada nesse momento, visto que, atualmente, as ETE estão operando com uma demanda bastante inferior àquela para as quais foram projetadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa pesquisa foi possível analisar os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Canela/RS, compreendendo as suas principais carências e os desafios a serem enfrentados pela cidade para atender às obrigações impostas pelo Novo Marco Legal do Saneamento, bem como oferecer maior qualidade de vida à população local. Além disso, foram pontuadas algumas possibilidades de solução para os problemas diagnosticados nos setores estudados.

Sob a perspectiva de atendimento dos serviços de água, acredita-se que o município tenha condições de cumprir as metas do Marco Legal do Saneamento, desde que haja o planejamento das ações a serem tomadas para expandir o sistema. A partir da pesquisa, julga-se necessário que, para realizar essa expansão, deve-se iniciar pelo mapeamento e regularização do abastecimento nos locais que não estão incluídos na rede pública. Compreendendo qual a situação dessas residências, será possível definir qual a alternativa mais adequada para solucionar o problema de cada uma delas e, assim, poder iniciar a etapa de projetos. Dessa maneira, considerando que locais diferentes requerem diferentes soluções, a pesquisa não se deteve a uma proposta única de melhoria para o sistema, optando-se por pontuar mais de uma possibilidade de solução para os problemas enfrentados pelo município.

Nesse estudo, também foi analisada a intermitência do abastecimento, agravada nas épocas de maior intensidade de atividade turística. Sob esse enfoque, julga-se que as propostas de melhorias apresentadas para os problemas diagnosticados no sistema devam ser empregadas em conjunto, para que se possa atender a demanda da população permanente e flutuante em sua integralidade. Considerando a aplicação das propostas realizadas nesse estudo, acredita-se que o problema do desabastecimento em épocas de turismo possa ser atenuado já a curto prazo.

Em contrapartida, no tocante ao sistema de esgotamento sanitário, ao analisar as carências anteriormente diagnosticadas, as previsões são menos otimistas quanto ao atendimento às metas do Marco Legal do Saneamento. Isso porque, o sistema atual do município é pouco abrangente, o que requer um grande volume de obras em um tempo bastante limitado. Entretanto, ao realizar o diagnóstico do esgotamento sanitário municipal, foram sugeridas diversas possibilidades de melhorias, considerando locais de implantação com características diversas, para que seja realizado um zoneamento de soluções, o que pode

acelerar o processo de implantação de infraestrutura de esgotamento sanitário. É importante citar que, sob o ponto vista de operação e manutenção, a ramificação de soluções se torna um aspecto negativo. Entretanto, considerando não só as metas do Marco Legal, como também questões ambientais e de saúde e qualidade de vida da população, a universalização do serviço deve ser acelerada.

Apesar da necessidade de implantar uma infraestrutura de esgotamento sanitário em um curto prazo, deve-se destacar a importância do mapeamento das zonas propensas para cada tipo de solução, a fim de selecionar o método mais adequado. Além disso, deve-se ter atenção especial ao impacto ambiental da solução adotada a curto, médio e longo prazo, bem como viabilidade técnica e econômica para sua implantação.

Com o estudo apresentado, conclui-se que os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Canela/RS devem ser expandidos e aprimorados, tanto para atender a requisitos legais, quanto para promover o bem-estar da população. Além disso, considerando a complexidade dos problemas enfrentados, acredita-se que não haja solução única para os sistemas, dadas as características dos locais de implantação. Dessa forma, reitera-se a importância de aprimorar estudos para que possam ser realizados os projetos e, posteriormente, iniciadas as obras de expansão. Sob essa perspectiva, uma atenção especial deverá ser dada a esses setores, para que as metas de saneamento, bem como as demandas da população, sejam atendidas o mais breve possível.

8 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Na pesquisa apresentada, as principais fontes de dados foram os órgãos públicos federais responsáveis pelo controle e regulação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, através de informações de domínio público. Além disso, foram realizadas consultas à concessionária responsável pelos serviços analisados no município de Canela/RS, bem como às informações previamente disponibilizadas ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Portanto, não foram realizadas inspeções *in loco* das infraestruturas de saneamento analisadas.

Além disso, não foi possível realizar um estudo específico para as variações da população flutuante do município, bem como seu crescimento ao longo dos anos, devido à falta de dados disponíveis para esse tipo de análise. Por isso, acredita-se que a previsão de demanda possa estar subdimensionada, considerando o significativo impacto dessas variações nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Canela/RS.

Para além dos aspectos já citados, o trabalho foi limitado a uma análise de atendimento dos sistemas, desconsiderando os aspectos qualitativos dos serviços prestados pela concessionária. Ademais, optou-se por realizar as propostas de melhorias sob uma perspectiva teórica, sem a elaboração de projetos específicos, dada a significativa dimensão das infraestruturas estudadas. Nas propostas realizadas, não foi analisada a capacidade de captação dos mananciais, considerando que esse tipo de estudo requer uma profunda pesquisa hidrológica. Também não foram analisadas as pressões na rede de abastecimento, que podem prejudicar muito o desempenho do sistema, principalmente em municípios de relevo acidentado, como é o caso de Canela/RS.

Dadas as limitações observadas, sugere-se que os trabalhos futuros explorem de maneira mais aprofundada a dinâmica de variação populacional que ocorre no município em épocas de intensa atividade turística. Adicionalmente, sugere-se que seja feito um diagnóstico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do ponto de vista qualitativo, analisando os aspectos de potabilidade da água, intermitência do abastecimento, qualidade do efluente tratado e impactos ambientais causados por irregularidade e ausência de infraestrutura de esgotamento sanitário no município de Canela/RS. Também devem ser feitos estudos

relacionados a capacidade dos mananciais de captação e às pressões na rede de abastecimento de água.

Considerando a possibilidade de novas pesquisas relacionadas ao tema estudado, sugere-se que as propostas de melhorias sejam aprofundadas e detalhadas em caráter projetual.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas Águas, 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDFhZDQ2YTUuOTIyZC00MDlmLWJmNGEtODdhODRjZDBlMzVmIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Novo marco legal do saneamento básico. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/novo-marco-legal-do-saneamento>. Acesso em: 03 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 12216**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 17076**: Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos Rio de Janeiro, 2024.

_____. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

BRASIL Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. Panorama do Saneamento básico no Brasil 2021. Brasília/DF, 2021. 223p.:il.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das águas do território nacional e os padrões de qualidade para lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Estabelece as diretrizes para o controle e o monitoramento da qualidade das águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 maio 2011.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 8 de julho de 2000. Cria a Agência Nacional de Águas – ANA e estabelece suas competências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 2000.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRUM, Marília de Marco; WARTCHOW, Dieter. Estudo de sistemas unitários como alternativa transitória para coleta de esgoto. In: REDE DE SANEAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA. Congresso Internacional RESAG (3.: 2017: Belo Horizonte). Anais 3º Congresso Internacional RESAG 2017 [recurso eletrônico]. 3. São Paulo: RESAG, [2018]. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/175195>. Acesso em 04 mar. 2024.

CANELA (RS). Inventário da Oferta Turística. Prefeitura Municipal de Canela, 2023. Disponível em: <https://canela.rs.gov.br/publicacaolegal/inventario-da-oferta-turistica/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

CANELA (RS). Lei Municipal nº 3.693, de 8 de setembro de 2015. Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Canela - PMSB, nos termos da Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Canela, RS, 08 set. 2015.

CANELA (RS). Plano Municipal de Saneamento Básico de Canela. Prefeitura Municipal de Canela, 2024. Disponível em: <https://canela.rs.gov.br/cidade/governo/meioambiente/plano-municipal-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 3 ago. 2024

CANELA (RS). Sistema de tratamento do efluente sanitário. Prefeitura Municipal de Canela, 2023. Disponível em: <https://canela.rs.gov.br/publicacaolegal/inventario-da-oferta-turistica/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

CUNHA, Paula Ferracini. **Plano de marketing para lidar com a temporada de baixa estação na Serra Gaúcha**. 2022. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/256065>. Acesso em: 20 maio 2024.

FERNANDES, Sames Ferreira Gaffree. **Análise do novo marco legal do saneamento e suas aplicações para a cidade de Porto Alegre no tocante abastecimento de água e esgotamento**

sanitário. Trabalhos de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/252415>. Acesso em: 04 mar. 2024.

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. **Abastecimento de água potável.** Cadernos temáticos saneamento básico. Brasília: FUNASA, 2016. Disponível em: <https://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Abastecimento+de+%C3%81gua+Pot%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

GEHLING, Gino Roberto. **Reservação de água para distribuição.** 2024. 10 p. Notas de aula.

GRAMADO (RS). Lei Municipal nº 3.677, de 15 de outubro de 2018. Cria o sistema de reuso de água de chuva no Município de Gramado, para utilização não potável em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, industriais, comerciais e prédios públicos. **Diário Oficial do Município de Gramado**, Gramado, RS, 15 out. 2024.

HEBERSON, Artur Schervier de; MARCÓRIO, Isabela Araújo; RIBEIRO, Rafael Zanelati. **Estudo de metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva.** 2009. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ESTUDO_DE_METODOLOGIAS_DE_DIMENSIONAMENTO_DE_RESERVAT%C3%93RIOS_DE_APROVEITAMENTO_DE_%C3%81GUA_DE_CHUVA.pdf. Acesso em: 03 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 3 mai. 2024.

LAZZARETTI, Luciana. **Saneamento básico e sua influência sobre a saúde da população.** 2012. Trabalhos de Conclusão de Curso de Especialização em Gestão em Saúde - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/67761>. Acesso em: 20 fev. 2024.

MENEZES, Itamires Santos de; MENDONÇA, Luciana Côelho. Avaliação do tratamento preliminar da estação de tratamento de efluentes do campus de São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 13, n. 10, 2017. DOI: 10.14808/sci.plena.2017.109903. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3752>. Acesso em: 04 abr. 2024.

MORI, Gisele de Souza *et al.* Segurança hídrica, saneamento básico e os impactos na saúde pública. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2023, Aracaju. **Anais [recurso eletrônico]**. Porto Alegre: Abrhidro, 2023. p. 2-3. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/270413/001189469.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 fev. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Resolução nº 64/292 de 03 ago. 2010. The human right to water and sanitation. ONU, 2010. Disponível em:

<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n09/479/35/pdf/n0947935.pdf?token=9swrqDbMMU9HYG7roC&fe=true>. Acesso em: 15 abr. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Estadual nº 10.350, de 26 de agosto de 1994. Institui o Sistema de Gestão e Controle Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Porto Alegre, RS, 30 dez. 1994.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 11.220, de 1º de setembro de 2000. Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 19 dez. 2003.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO – SINISA (2022). Ministério das Cidades. **Série Histórica**. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 27 fev. 2024.

TRI TAXI AÉREO. Sistema de tratamento do efluente sanitário. Laudo técnico para obtenção de Autorização Ambiental. Canela, 2020. Disponível em: <https://canela.rs.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/06.-Sistema-de-Tratamento-de-Efluente.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

VON SPERLING, Marcos. Sedimentation. In: VON SPERLING, Marcos. **Basic Principles of Wastewater Treatment**. London: Iwa Publishing, 2007. Cap. 4. p. 125-126.

VON SPERLING, Marcos; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Overview of wastewater treatment systems. In: VON SPERLING, Marcos; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions**. London: Iwa Publishing, 2005. Cap. 4. p. 165-243.