

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
CAMPUS CHAPECÓ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DIAGNÓSTICO DA COBERTURA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO
MUNICÍPIO DE CHAPECÓ - SC FRENTE ÀS METAS DO SEU PLANO
MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PROPOSIÇÃO DE AMPLIAÇÃO DA
REDE COLETORA DE ESGOTO**

ALUNA: NICOLE LOHMANN VASCONCELLOS
ORIENTADOR: PROF. DR. MARLON LUIZ NEVES DA SILVA
COORIENTADOR(A): DR. VALDIR EDUARDO OLIVO

Dezembro - 2025

NICOLE LOHMANN VASCONCELLOS

**DIAGNÓSTICO DA COBERTURA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO
MUNICÍPIO DE CHAPECÓ - SC FRENTE ÀS METAS DO SEU PLANO
MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PROPOSIÇÃO DE AMPLIAÇÃO DA
REDE COLETORA DE ESGOTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Dezembro - 2025

NICOLE LOHMANN VASCONCELLOS

**Diagnóstico da Cobertura de Esgotamento Sanitários do Município de Chapecó - SC
Frente às Metas do Seu Plano Municipal de Saneamento Básico e Proposição de
Ampliação da Rede Coletora de Esgoto**

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

Orientador: Prof. Dr. Marlon Luiz Neves da Silva

Coorientador: Dr. Valdir Eduardo Olivo

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca
em: 04.12.2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARLON LUIZ NEVES DA SILVA**
Data: 05/12/2025 18:22:45-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Prof. Dr. Marlon Luiz Neves da Silva - UFFS

Documento assinado digitalmente
 **TATIANA SEBBEN ZANELLA**
Data: 05/12/2025 09:29:03-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Enga. Tatiana Sebben Zanella – Prefeitura Municipal de Chapecó

Documento assinado digitalmente
 **LEANDRO BASSANI**
Data: 05/12/2025 15:47:33-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Prof. Dr. Leandro Bassani – UFFS

Documento assinado digitalmente
 **VALDIR EDUARDO OLIVO**
Data: 05/12/2025 08:41:10-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Dr. Valdir Eduardo Olivo – Prefeitura Municipal de Chapecó

RESUMO

A universalização do esgotamento sanitário constitui um dos principais desafios para o cumprimento do Novo Marco Legal do Saneamento no Brasil, especialmente em cidades de médio porte em acelerado crescimento. O presente trabalho teve como objetivo diagnosticar a cobertura atual do sistema de esgotamento sanitário no município de Chapecó-SC, confrontando o cenário real com as metas estabelecidas no Plano Municipal de Saneamento Básico, identificar os vetores de expansão urbana, além de propor um pré-dimensionamento para a expansão da rede coletora. A metodologia caracterizou-se como pesquisa aplicada e descritiva, utilizando análise documental do ciclo 2021-2024 e análise espacial de 2.731 projetos hidrossanitários aprovados entre 2022 e 2025. Os resultados da análise documental evidenciaram que, embora 53,85% das metas tenham sido classificadas como executadas, as ações estruturantes de expansão da infraestrutura foram apenas parcialmente cumpridas. O diagnóstico espacial revelou uma predominância massiva de soluções individuais nos novos licenciamentos, em que 74,5% dos projetos adotaram sistemas descentralizados, enquanto apenas 25,5% conectaram-se à rede pública. Esse cenário indica um descompasso entre a urbanização periférica e os investimentos em saneamento. A proposição técnica elaborada para o Bairro Araras demonstrou a viabilidade de execução de 2.110 metros de rede e duas estações elevatórias, visando absorver a contribuição de efluentes dos loteamentos existentes e dos futuros. Essa análise integrada evidencia que a expansão urbana, quando desvinculada do planejamento infraestrutural, cria lacunas de atendimento que as metas administrativas sozinhas não conseguem suprir. Observa-se, portanto, que a atual dependência de sistemas individuais transfere a responsabilidade do tratamento ao cidadão o que pode gerar riscos ao meio ambiente, sendo necessária a priorização de investimentos em sistemas coletivos para assegurar a saúde pública e universalização dos serviços de esgotamento sanitário no município.

Palavras-chave: Esgotamento sanitário. Planejamento urbano. PMSB. Chapecó. Universalização.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como o conjunto de ações voltadas ao controle de fatores físicos que possam comprometer o bem-estar físico, mental e social da população (OMS, 2020). No contexto brasileiro, embora o tema tenha ganhado importância com a criação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) na década de 1970, a consolidação normativa do setor ocorreu apenas em 2007, com a promulgação da Lei nº 11.445, que estabeleceu as diretrizes nacionais para os serviços de saneamento e instituiu os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) como instrumentos obrigatórios para o planejamento municipal (BRASIL, 2007; BORMA et al., 2021).

A Lei Federal nº 11.445/2007, foi considerada um grande avanço para o saneamento no Brasil. A referida lei estabelece a universalização como princípio fundamental da prestação dos serviços públicos de saneamento básico, definindo-os como conjunto de serviços que compreendem o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas (Brasil, 2007). Essa lei também determina a responsabilidade do Governo Federal em elaborar um Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e para os municípios criar um PMSB, como ferramenta de gestão e planejamento para atingir as metas propostas (Brasil, 2007).

Essa legislação foi posteriormente atualizada pela Lei nº 14.026/2020, que representa o novo marco legal do saneamento. A lei estabeleceu metas nacionais de universalização até 2033, determinando 90% de cobertura em esgotamento sanitário e 99% em abastecimento de água potável (Brasil, 2020). Ambas as legislações enfatizam a relevância da elaboração do PMSB e de suas metas, como instrumento fundamental de gestão, em especial para o planejamento e controle dos serviços públicos de saneamento básico, essencial para alcançar a meta de universalização estabelecida para o setor. Dessa forma, a definição de metas de curto, médio e longo prazo constitui um dos elementos centrais do PMSB, devendo considerar a realidade técnica, financeira e socioeconômica de cada município. Essas metas funcionam como instrumentos de planejamento e monitoramento, orientando as ações necessárias para garantir o acesso aos serviços de saneamento básico (Brasil, 2007).

Com isso, torna-se evidente a importância dos PMSB como ferramentas de planejamento, por definirem metas, programas e prazos para a universalização dos serviços (Brasil, 2007). Entretanto, conforme destacam Lisboa, Heller e Silveira (2013), muitos desses

planos foram elaborados apenas para atender exigências legais, sem efetiva integração à gestão municipal. A baixa apropriação institucional e a descontinuidade administrativa contribuem para sua limitada efetividade (Faria; Magalhães; Souza, 2022).

Monteiro e Veras (2017) evidenciam que em decorrência do processo de industrialização, seus avanços, e o êxodo rural no século XX, as cidades cresceram de forma rápida e sem planejamento, intensificando a exclusão social e o processo de favelização, que ampliou as desigualdades e a ausência de infraestrutura básica. Diante disso, a ausência de integração entre o planejamento e as práticas municipais revela um distanciamento entre as diretrizes legais e a realidade local, sobretudo no que se refere às metas de ampliação do esgotamento sanitário. No Brasil, apenas 59,7% da população é atendida por redes de coleta e tratamento de esgoto, evidenciando a urgência da ampliação deste serviço (SINISA, 2024).

Conforme a ABNT NBR N° 9.648/86, esgoto sanitário, é o despejo líquido que inclui esgotos domésticos (residências, higiene), industriais (efluentes de atividades), água de infiltração (do subsolo nas canalizações) e contribuição pluvial parasitária (escoamento superficial na rede) (ABNT, 1986). Entende-se, portanto, que o esgoto sanitário é resultante da modificação da água após seu uso nas diversas atividades humanas, adquirindo uma nova composição físico-química e biológica, a qual quando lançado diretamente ao meio ambiente, sem tratamento prévio, pode representar potencial risco à saúde pública e ao equilíbrio dos ecossistemas (SINISA, 2024).

O tratamento de efluentes é de importância inegociável e consolidada na sociedade, sendo essencial para a prevenção de doenças. Sua função primordial é remover contaminantes físicos, químicos e biológicos que são prejudiciais à saúde humana e ao equilíbrio dos ecossistemas. As consequências para a saúde humana da exposição ao esgoto não tratado têm sido amplamente estudadas ao longo de décadas. Diversas pesquisas comprovam essa relação, como demonstrado por Cairncross et al. (1993), Heller (1998), Bartram et al. (2010), Troeger et al. (2018) e Prüss-Üstün et al. (2019). Segundo Troeger et al. (2018), a exposição a esgoto e água contaminada está fortemente associada a altos índices de mortalidade por diarreia, sobretudo entre crianças menores de cinco anos.

No que tange aos ecossistemas, a exposição às águas residuárias não tratadas se configura como um impacto ambiental relevante, comprometendo a integridade dos corpos hídricos e a manutenção das suas funções ecológicas. Segundo Von Sperling (2005), o contato do esgoto não tratado com os corpos d'água, pode gerar impactos como redução do oxigênio dissolvido, eutrofização, contaminação do solo, presença de patógenos e metais pesados, comprometendo o equilíbrio ecológico e a saúde pública. Ainda de acordo com o autor

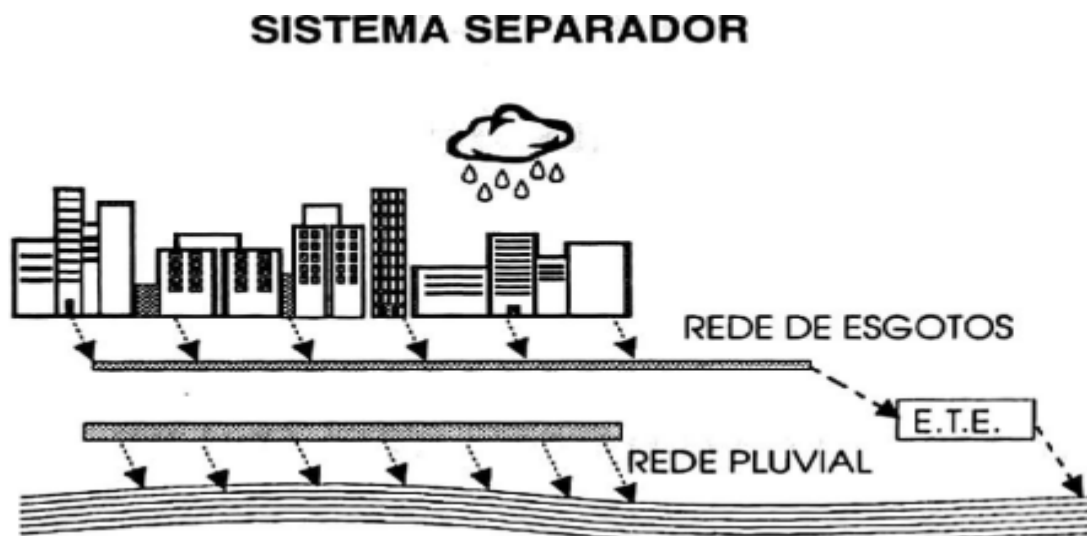
supracitado, além da expressiva carga orgânica, a composição do efluente sanitário pode incorporar poluentes nocivos, como metais pesados e compostos tóxicos, os quais podem apresentar propriedades bioacumulativas afetando tanto o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos quanto a saúde humana.

Em vista disso, a coleta e o tratamento do esgoto sanitário são ações imprescindíveis tanto para preservação ambiental quanto para a garantia dos padrões mínimos de saúde pública. Essas etapas são viabilizadas por meio de sistemas de esgotamento sanitário (SES), cuja finalidade é coletar os efluentes diretamente da fonte e conduzi-los até as unidades de tratamento, visando possibilitar após tratada, sua devolução aos corpos hídricos em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente (SINISA, 2024).

Os tipos de sistema de esgotamento sanitário variam conforme a configuração urbana, densidade populacional, condições geográficas e viabilidade técnica e econômica de implantação. De acordo com Von Sperling (2005), sistemas de esgotamento sanitário podem ser classificados em duas categorias principais: sistema coletivo (dinâmico) ou sistema individual (estático). Cabe ressaltar que a nomenclatura para essa classificação pode variar conforme o autor, sendo os sistemas coletivos frequentemente referidos como centralizados, e os sistemas individuais como descentralizados.

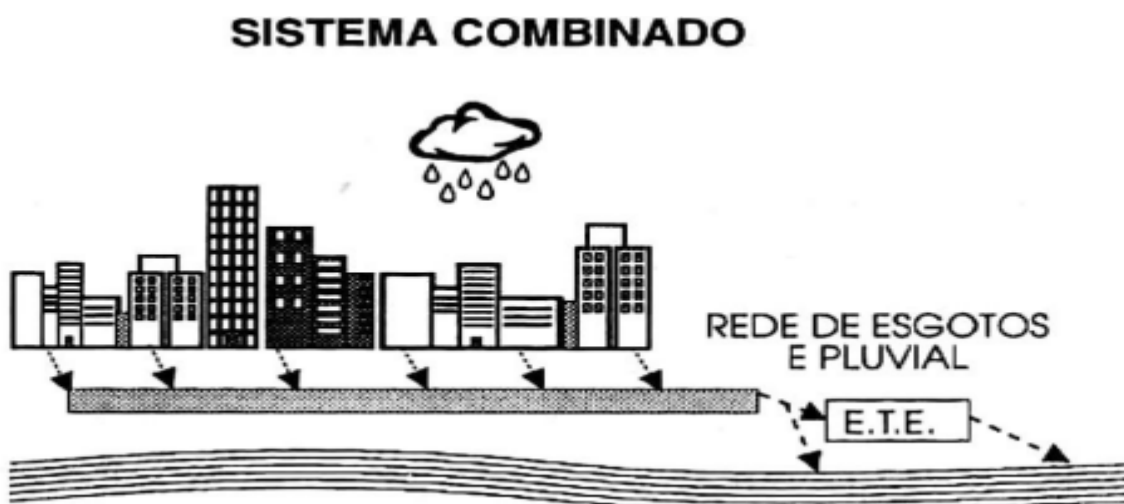
Os sistemas coletivos são viabilizados por meio de longas redes de tubulações que conduzem o esgoto do local de geração até a estação de tratamento de efluentes (ETE), sendo comumente adotados em áreas urbanas com alta densidade populacional e, geralmente operados por entidades reguladoras (SINISA, 2024; Von Sperling, 2005). Ainda de acordo com Von Sperling (2005), esses sistemas se subdividem em: sistema separador, que adota redes distintas para o efluente sanitário e para drenagem de águas pluviais (a qual não contribui à ETE), e sistema combinado, no qual conduz esgotos sanitários e águas pluviais em uma única rede de coleta (Figura 1 e 2). No Brasil, predomina o uso do sistema separador, uma vez que reduz os custos com o dimensionamento das redes coletoras ao operar com diâmetros menores, devido ao menor volume, e por apresentar menor custo associado ao tratamento do efluente.

Figura 1 - Esquema do sistema separador de esgoto e drenagem pluvial.



Fonte: Von Sperling (2005).

Figura 2 - Esquema do sistema combinado de esgoto e drenagem pluvial.



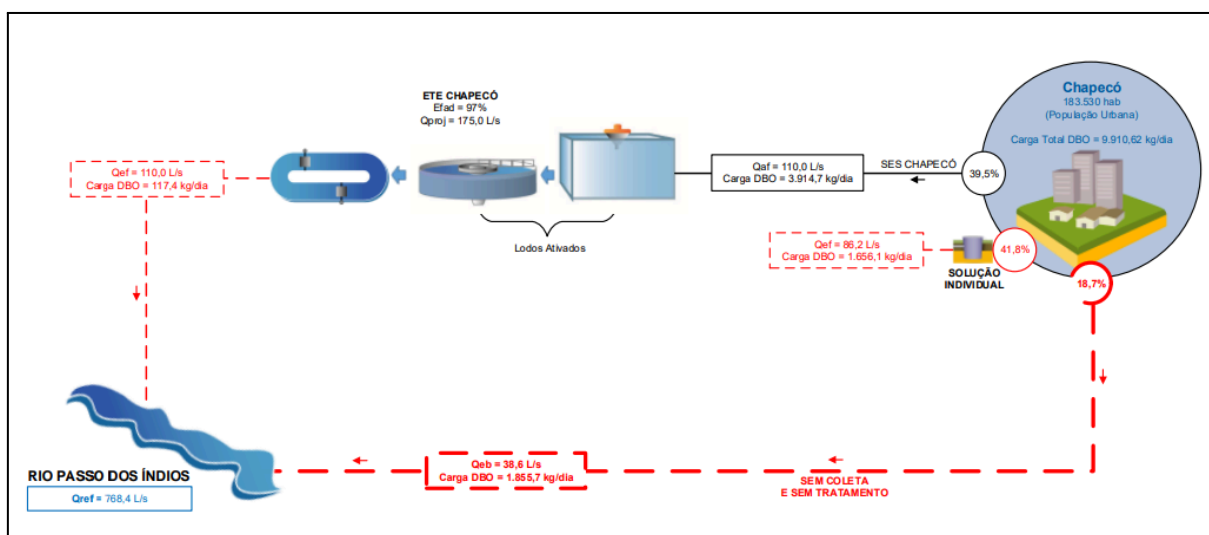
Fonte: Von Sperling (2005).

No contexto normativo brasileiro, a ABNT NBR 9649:1986 define a rede coletora como o conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgoto e seus órgãos acessórios (ABNT, 1986). A norma mencionada define a ligação predial como o segmento entre o limite do terreno e o coletor de esgoto. Além disso, ela diferencia o coletor tronco, que recebe contribuições apenas de outros coletores, e o emissário, que recebe esgoto exclusivamente em sua extremidade de montante. Para a operação e manutenção do sistema, são utilizados órgãos acessórios, dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos, a

exemplo do poço de visita (PV), definido como uma câmara visitável através de abertura superior, e dos terminais e tubos de inspeção e limpeza (ABNT, 1986).

Além dos sistemas convencionais, em áreas onde a condução do efluente por gravidade não é viável, é necessário o bombeamento para superar a topografia. Tais sistemas são denominados estações elevatórias de esgoto (EEE) e, conforme a ABNT NBR 12208:1992, constituem instalações hidráulico-sanitárias essenciais nos sistemas de esgotamento. As EEEs, juntamente com os demais componentes citados, integram o SES. A Figura 3 apresenta um esquema dessa estrutura no município de Chapecó.

Figura 3 - Esquema do SES do município de Chapecó - SC



Fonte: SNIRH (2013).

Os sistemas individuais, por sua vez, são soluções de tratamento aplicadas *in loco*, juntamente à fonte geradora, usualmente adotados para residências unifamiliares ou para um número restrito de residências próximas (Von Sperling, 2005). Esse tipo de sistema normalmente é utilizado em locais onde não há cobertura ou acesso à rede pública de coleta de esgoto, como localidades periurbanas, cidades pequenas ou áreas rurais. E a responsabilidade pela compra, instalação e manutenção desses sistemas recai sobre o proprietário do local.

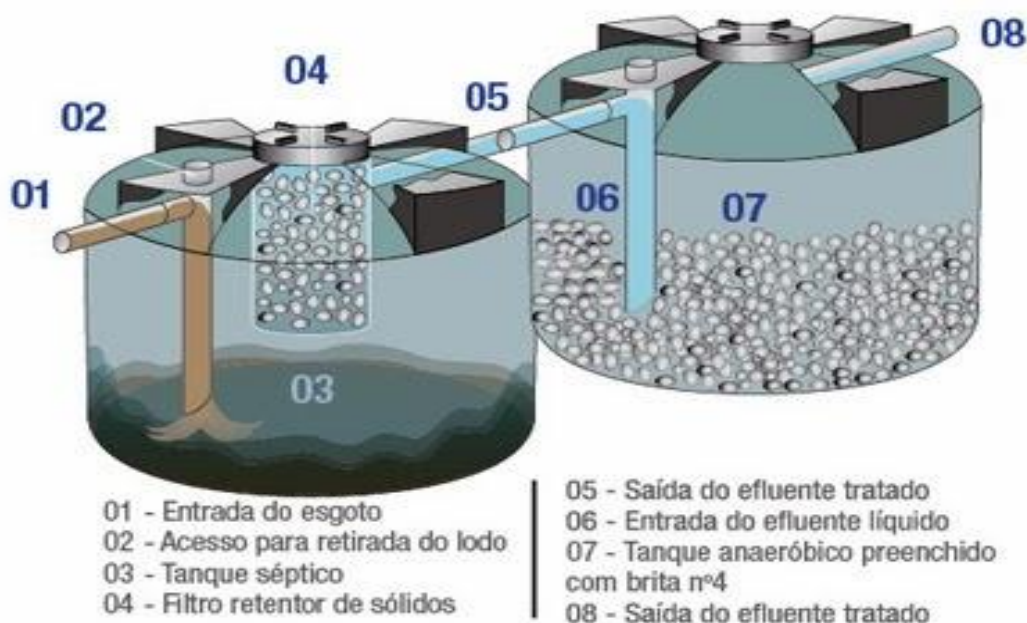
No Brasil, os principais sistemas individuais de tratamento de esgoto mais utilizados são compostos por um tanque séptico, seguido por uma etapa de tratamento complementar. De acordo com a ABNT NBR 17076:2024, norma técnica que regulamenta os sistemas de esgotamento sanitário de menor porte, o tanque séptico é definido como uma estrutura de fluxo horizontal, na qual o tratamento ocorre por processos de sedimentação, flotação e

digestão (ABNT, 2024). Já a etapa de tratamento complementar (tratamento secundário e terciário) pode ser realizada por diversas tecnologias ou arranjos combinados, todos reconhecidos pela norma mencionada, como filtros anaeróbios, wetlands construídos, reatores anaeróbios compartimentados (RAC), sistemas de lodo ativado por batelada (LAB), entre outros. A escolha da solução complementar mais adequada deve ser fundamentada por estudos técnicos, econômicos, ambientais e viabilidade do local (ABNT, 2024).

Embora a norma tenha ampliado o número de tecnologias e arranjos regulamentados, o sistema mais comum continua sendo tanque séptico seguido por filtro anaeróbio (TS + FA) e destinação final em sumidouro, ou, alternativamente, o uso de sistema compactos como biorreator, biofiltro e sumidouro. No primeiro caso, o sistema pode ser construído in loco, conforme o projeto e parâmetros pré estabelecidos. Já no segundo, trata-se de uma solução pré fabricada, denominada como estação compacta anaeróbia de tratamento de esgoto que cumpre função equivalente, geralmente é fabricada em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) ou polietileno (PEMD) (Fibratec, 2023).

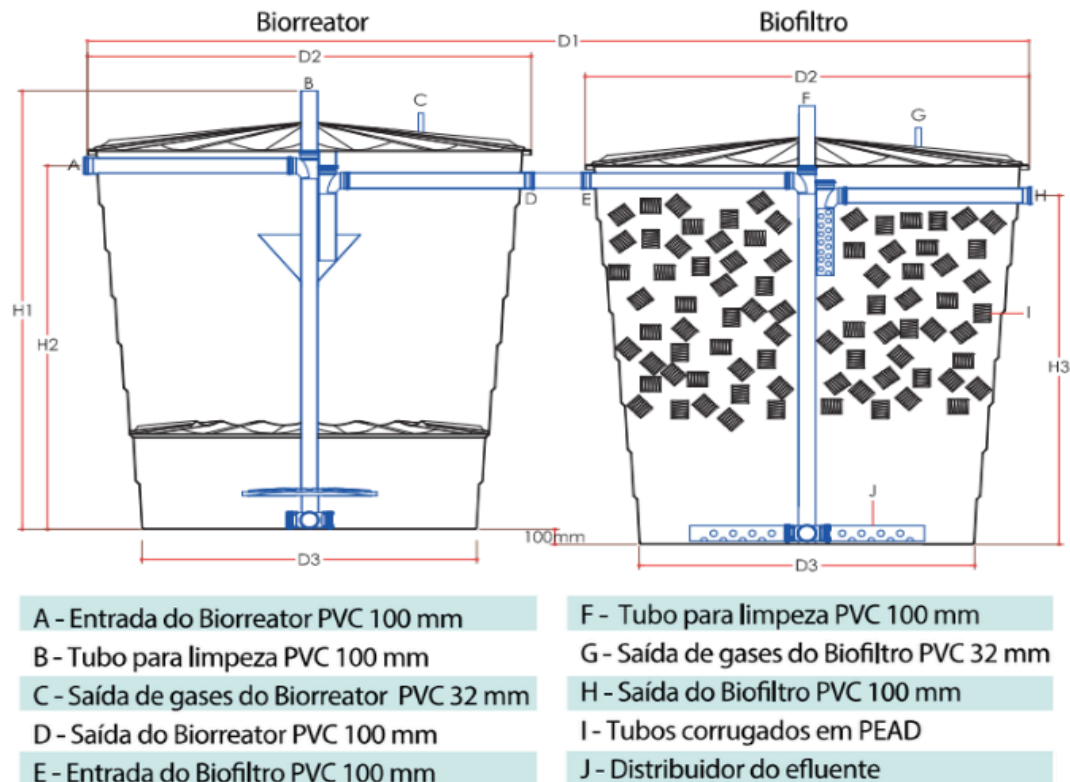
As figuras a seguir exemplificam essas soluções, a Figura 4 apresenta o sistema TS + FA, construído in loco e a Figura 5 mostra o biorreator e o biofiltro pré-fabricados.

Figura 4 - Esquema do funcionamento de um tanque séptico e filtro anaeróbio.



Fonte: Acqualimp (2014).

Figura 5 - Representação de modelo de biorreator e biofiltro.



Fonte: Fibratec (2024).

Por definição da ABNT NBR 17076:2024, o filtro anaeróbio é um reator biológico de fluxo ascendente, no qual o esgoto é tratado por microrganismos anaeróbios aderidos a um meio de suporte (ABNT, 2024). Após a desinfecção, a disposição final do efluente tratado é por meio de um sumidouro, definido pela referida norma como uma estrutura subterrânea que promove a infiltração controlada do efluente no solo, recomendada apenas para locais com boa capacidade de percolação e ausência de lençol freático superficial.

Quando a infiltração no solo não é permitida ou não funciona devido às condições hidrogeológicas, é permitido o lançamento do efluente tratado em galeria de águas pluviais, desde que o sistema siga a NBR 17076:2024 e que seja comprovada a compatibilidade do efluente com o corpo receptor (IMA, 2024). Nesses casos, etapas complementares como a desinfecção tornam-se essenciais para garantir a qualidade do efluente (ABNT, 2024).

Apesar dos avanços tecnológicos e normativos, o cenário brasileiro apresenta um dos piores índices de cobertura entre os países em desenvolvimento e o progresso na expansão desse serviço segue de forma lenta. Em estudo sobre o cumprimento das metas do PMSB de Belém, Hachem et al. (2020) demonstraram que parte significativa dos indicadores permanece aquém do esperado, revelando fragilidades na integração entre planejamento urbano e

saneamento. Esse cenário tende a se agravar em municípios com rápida expansão, nos quais a infraestrutura pública tem dificuldade em acompanhar o acelerado crescimento populacional.

A expansão urbana acelerada, o adensamento populacional e a ocupação periférica desordenada são fatores estruturais que frequentemente dificultam a oferta e a continuidade de serviços essenciais como o abastecimento de água e a coleta e tratamento de esgotos, mesmo em áreas urbanas onde a cobertura costuma ser maior (Argenton, 2020). Essa realidade é particularmente notável em uma cidade em crescimento como Chapecó.

Confrontar a situação atual do esgotamento sanitário de Chapecó com as metas estabelecidas no PMSB é crucial. Tal avaliação não apenas revela os desafios existentes na prestação desse serviço, mas também subsidia a proposição de diretrizes para uma expansão eficiente e planejada da rede.

Nessa perspectiva, o objetivo geral deste trabalho é diagnosticar a cobertura atual do sistema de esgotamento sanitário em Chapecó, confrontando o cenário real com as metas do PMSB. Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos: (a) a avaliação do cumprimento das metas do PMSB de Chapecó; (b) o mapeamento da situação atual da cobertura de esgotamento doméstico do município; (c) a análise da expansão territorial e urbanização do município de Chapecó; e, por fim, (d) a proposição do pré-dimensionamento da expansão da rede coletora.

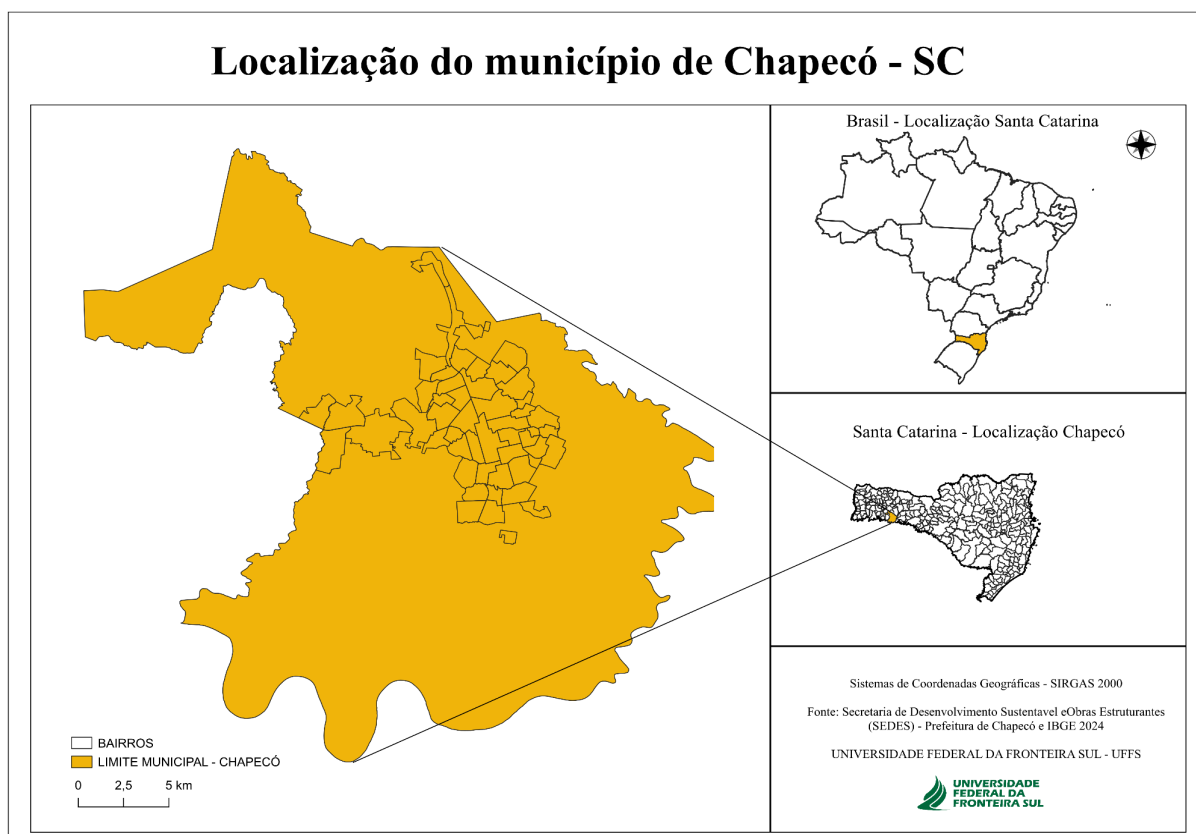
Deste modo, a presente pesquisa intenciona oferecer um horizonte para o contexto acadêmico e ao planejamento público no que tange à cobertura de esgotamento sanitário em cidades de médio porte. Nesse sentido, a partir das referências e pesquisas documentais realizadas, com enfoque no caso específico de Chapecó – SC, o estudo evidencia um diagnóstico capaz de orientar a destinação de investimentos em áreas prioritárias do município, algo que pode servir como ferramenta de planejamento à Prefeitura Municipal de Chapecó. Esse direcionamento está em consonância com a necessidade de alinhar o planejamento urbano às exigências do Novo Marco Legal do Saneamento, visando superar o descompasso entre novos empreendimentos imobiliários e a infraestrutura sanitária. Portanto, a identificação das áreas desassistidas e a proposição de expansão da rede constituem subsídios essenciais tanto para a efetivação do direito ao saneamento básico quanto para a tomada de decisão na gestão municipal.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Chapecó, localizado na mesorregião Oeste do Estado de Santa Catarina (Figura 6). A cidade é considerada como “polo regional” dada sua influência econômica em relação aos municípios vizinhos, sendo classificada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística como Capital Regional devido à sua centralidade na gestão do território (IBGE, 2020). De acordo com dados do IBGE (2025), o município de Chapecó possui uma extensão territorial de 624,673 km² e uma população estimada em 282.648 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 407,76 hab/km².

Figura 6 - Mapa de localização do município de Chapecó.



Fonte: A autora (2025).

No aspecto físico, o município apresenta clima classificado como Cfa (Subtropical Úmido), caracterizado por chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Santa Catarina, 2020). Hidrograficamente, o território insere-se na Região Hidrográfica do Rio Uruguai, sendo a malha urbana drenada principalmente pelas microbacias do Lajeado São José e do Lajeado dos Índios (Chapecó, 2021). Além disso, o relevo da região é predominantemente acidentado, marcado por topografia irregular típica do Planalto Dissecado (Chapecó, 2021).

2.2 TIPO DE PESQUISA

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem qualiquantitativa, com delineamento descritivo e configurada como estudo de caso. A escolha dessa metodologia justifica-se pela necessidade de analisar a situação do esgotamento sanitário no município de Chapecó-SC, considerando o cumprimento das metas estabelecidas no seu PMSB, as características de expansão territorial e a proposição de ampliação do sistema público de esgotamento sanitário.

A natureza aplicada decorre do fato de que o estudo não se limita à descrição da situação atual do esgotamento sanitário, mas visa a proposição da ampliação da rede coletora de esgoto no município de Chapecó-SC. Assim, conforme Gil (2002), enquadra-se como pesquisa aplicada por gerar conhecimento voltado à resolução de um problema concreto e de relevância social, neste caso, a necessidade de ampliação da cobertura de esgotamento sanitário em áreas em crescimento urbano.

Quanto à abordagem qualiquantitativa, é assim classificada por possuir dados de ambas as naturezas: quantitativa e qualitativa. De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa quantitativa é um estudo que compreende a atribuição de valores numéricos a qualquer tipo de informação, convertendo percepções e dados em números para classificá-las e analisá-las. Já a pesquisa qualitativa segundo Godoy (1995), é uma abordagem que busca compreender um fenômeno dentro do contexto em que ele ocorre, valorizando os significados atribuídos pelas pessoas envolvidas e considerando diferentes perspectivas.

Nesse sentido, a dimensão quantitativa manifesta-se na análise de relatórios e planilhas, na contabilização de metas, lotes e sistemas, e no emprego de cálculos do pré-dimensionamento da rede coletora. Por outro lado, a dimensão qualitativa emerge na interpretação desses dados, como causas associadas ao cumprimento parcial ou não cumprimento das metas, na análise das dinâmicas de expansão urbana e na avaliação das

necessidades de ampliação do sistema público de esgoto nas zonas com maior adensamento populacional.

De acordo com os objetivos propostos, o estudo enquadra-se também como pesquisa descritiva, uma vez que busca representar e analisar a realidade do sistema de esgotamento doméstico e sua distribuição espacial no território municipal. Segundo Gil (2002), a pesquisa descritiva tem por objetivo expor as características de determinado fenômeno ou população, estabelecendo relações entre variáveis a partir de técnicas padronizadas de levantamento e organização de dados. Nesse caso, o estudo descreve a situação atual do serviço de esgotamento sanitário de Chapecó com base em dados oficiais e indicadores técnicos.

Em relação ao tipo de estudo, configura-se como estudo de caso, pois examina de forma aprofundada o déficit de cobertura de esgotamento sanitário no município de Chapecó-SC. Ainda de acordo com Gil (2002), o estudo de caso corresponde a uma análise detalhada de um objeto ou contexto específico, permitindo um conhecimento aprofundado do fenômeno e de suas particularidades. Assim, o presente trabalho busca compreender a situação local de implantação das metas do PMSB e, a partir dela, propor diretrizes técnicas para a expansão da rede coletora de esgoto na área de maior necessidade identificada.

2.3 COLETA DE DADOS

A etapa de coleta de dados consistiu na obtenção das informações necessárias para a execução dos quatro objetivos propostos, utilizando fontes secundárias de natureza bibliográfica, documental e cartográfica. Segundo Gil (2008), a coleta de dados é o momento em que o pesquisador reúne informações pertinentes ao problema de pesquisa, orientando-se pelos objetivos e hipóteses formulados. De acordo com Marconi e Lakatos (2003), os dados secundários são aqueles já coletados e registrados por instituições ou pesquisadores, cabendo ao estudante interpretá-los de forma crítica.

Dessa forma, inicialmente foi feita a fundamentação da pesquisa por meio de uma revisão bibliográfica, a fim de embasar o tema, delimitar o problema e contribuir para o planejamento metodológico. A pesquisa bibliográfica é descrita como um apanhado que reúne as principais fontes já publicadas ou divulgadas sobre o tema, com intuito de fornecer dados relevantes que orientam o planejamento do estudo, aproximam o pesquisador do conhecimento já produzido e ajudam a evitar erros (Marconi e Lakatos, 2003).

Além disso, foram utilizados procedimentos de coleta de dados por meio da pesquisa documental. Conforme Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa documental utiliza como fonte

documentos originais, como dados históricos, estatísticos, materiais cartográficos e registros administrativos, públicos ou particulares, que ainda não receberam tratamento analítico. No presente estudo, essa modalidade abrange registros técnicos obtidos junto à Prefeitura Municipal de Chapecó, incluindo o PMSB (revisão de 2021), os relatórios e ofícios encaminhados pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) e as planilhas digitais com os projetos hidrossanitários aprovados e vistoriados, emitidas pelo Setor Hidrossanitário da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Obras Estruturantes (SEDES).

A pesquisa cartográfica refere-se à obtenção e interpretação de informações espaciais representadas em mapas ou plantas (Prodanov e Freitas, 2013). Essa técnica foi empregada para representar a distribuição territorial dos sistemas de esgotamento sanitário e a expansão urbana do município. Foram utilizados mapas elaborados pelo setor de Geoprocessamento da SEDES (atualizados para 2025), os quais serviram de base para a sobreposição dos dados referentes à rede coletora existente e às áreas de novos loteamentos.

Pelo fato da pesquisa utilizar dados institucionais secundários não públicos, sob domínio institucional da Prefeitura Municipal de Chapecó, incluindo informações técnicas provenientes de empresas vinculadas à gestão municipal, como a CASAN e a Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS-SC), o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Embora os dados não contenham identificação pessoal, tratam-se de registros administrativos internos que exigem autorização formal para uso em pesquisa, conforme as diretrizes éticas aplicáveis às Ciências Humanas e Sociais. O projeto foi submetido e aprovado conforme parecer consubstanciado do CEP sob o CAAE nº 92616725.40000.5564, assegurando o cumprimento das normas éticas vigentes.

2.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

2.4.1 Análise das metas do PMSB

No primeiro objetivo, destinado à verificação do cumprimento das metas do PMSB, aplicou-se a análise documental, definida por Gil (2008) como o processo de identificação e interpretação de informações registradas em documentos oficiais. Foram analisadas as 13 metas de esgotamento sanitário constantes da revisão do PMSB (Lei Complementar nº

783/2021), relativas ao período de 2021 a 2024, com base nos relatórios e ofícios encaminhados pela CASAN à Prefeitura de Chapecó.

Para a sistematização dos resultados, as informações coletadas foram tabuladas em planilhas eletrônicas. A avaliação do status de cada meta seguiu metodologia de avaliação de conformidade adotada pela ARIS (2025). As ações foram classificadas em três categorias excludentes, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias de cumprimento das metas e suas definições

Classificação	Definição
Executada	A meta foi integralmente concluída dentro do prazo estipulado ou a ação encontra-se em operação, atendendo aos indicadores de desempenho previstos.
Parcialmente Executada	A ação foi iniciada, mas não concluída; ou apresenta pendências técnicas/administrativas; ou foi realizada em escala inferior à projetada no PMSB.
Não Executada	Não há registro de início da ação, ou a ação encontra-se paralisada/suspensa sem previsão de retomada no período analisado

Fonte: Adaptado da ARIS (2025).

2.4.2 Mapeamento da cobertura do esgotamento sanitário

Para o desenvolvimento do segundo objetivo, referente ao mapeamento da cobertura, adotou-se a técnica de análise descritiva por distribuição de frequências, associada à espacialização de dados. Segundo Barbetta (2012), a distribuição de frequências consiste na organização dos dados conforme a ocorrência dos diferentes resultados observados, facilitando a visualização do comportamento dos dados em diferentes grupos ou categorias. No presente estudo, essa técnica foi aplicada para mensurar a tipologia dos sistemas de esgotamento nas diferentes zonas da cidade durante o intervalo estabelecido.

Foram utilizadas as planilhas digitais disponibilizadas pela SEDES, abrangendo o período de agosto de 2022 a março de 2025, contendo os projetos hidrossanitários aprovados com Termo de Inspeção emitido, documento que comprova por meio de vistoria *in loco*, a conformidade da execução com o projeto aprovado.

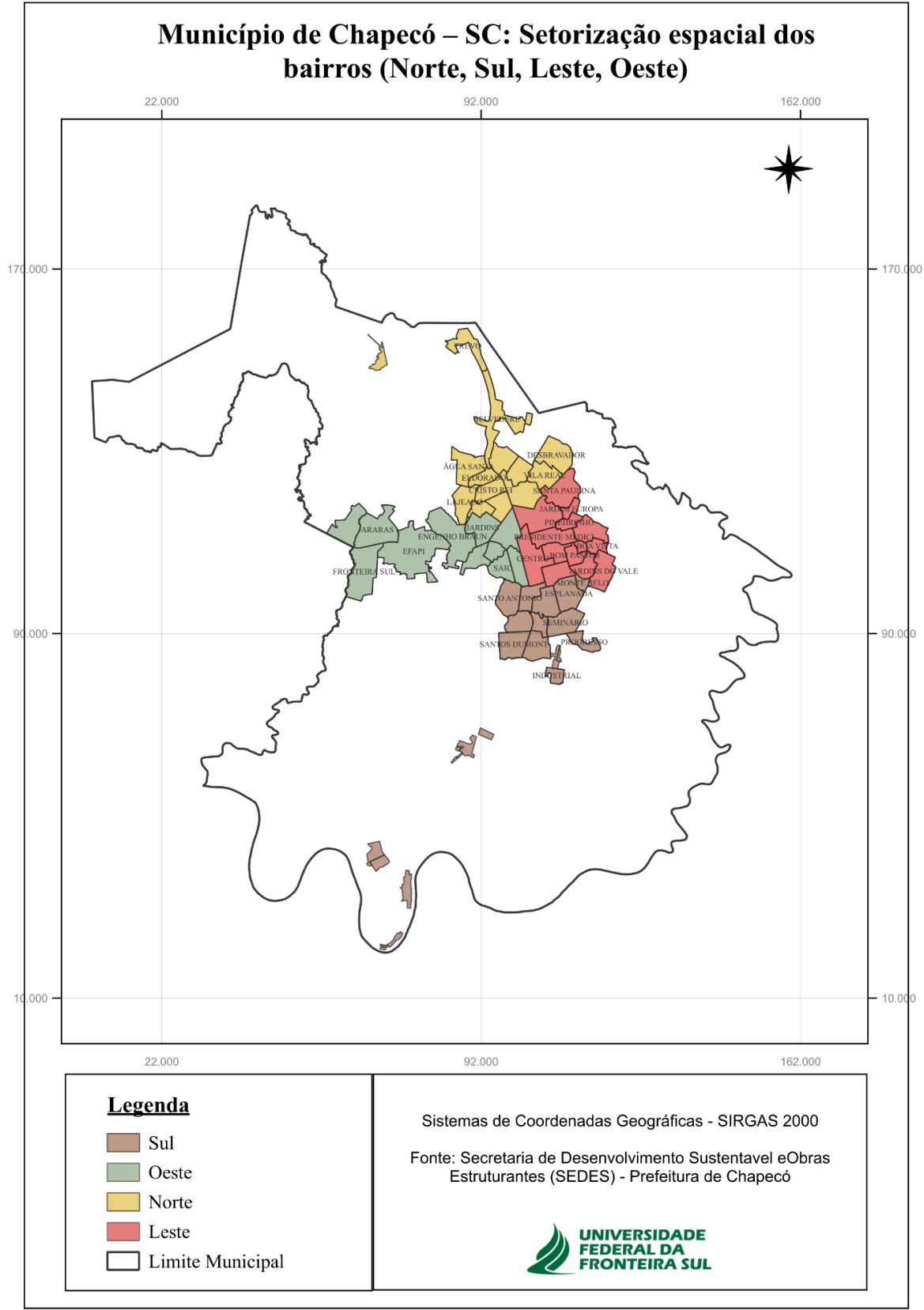
Ressalta-se que a Prefeitura Municipal de Chapecó não dispõe, até o presente momento, de levantamento completo envolvendo todos os lotes urbanos. O diagnóstico existente abrange apenas as áreas que passaram por aprovação de projetos e fiscalização técnica, correspondentes aos registros oficiais da SEDES. Desse modo, os lotes representados

nos mapas correspondem àqueles com documentação regularizada e Termo de Inspeção emitido. A ausência de hachura não indica necessariamente inexistência de sistema de tratamento, mas apenas a falta de registro administrativo sobre o lote.

A planilha de referência apresenta as colunas Quadra, Lote, Tipo de Tratamento, Destinação Final, Número do Termo de Inspeção e Ano de aprovação. Desses campos, foram utilizados Lote, Quadra, Tipo de Tratamento e Destinação Final, que constituíram a base de dados para o mapeamento.

O processamento espacial foi realizado no software AutoCAD, tomando como referência o procedimento desenvolvido por Dalmagro (2022), que definiu o padrão de hachuras, cores e setorização territorial do município. A divisão seguiu o mesmo modelo da autora citada, respeitando os limites de bairros e loteamentos, e foi organizada em regiões: Norte, Sul, Leste e Oeste, de modo a facilitar a análise comparativa entre áreas com diferentes níveis de urbanização e infraestrutura (Figura 7).

Figura 7 – Divisão territorial dos bairros e setorização por regiões adotado no estudo.



Fonte: A autora (2025).

Seguindo a padronização visual proposta por Dalmagro (2022), cada modalidade de tratamento foi representada por uma hachura e cor distinta. O Quadro 2 sintetiza essa legenda, relacionando a simbologia gráfica adotada no mapa com o respectivo sistema de esgotamento sanitário.

Quadro 2 - Sistemas de tratamento de esgoto e respectivas representações no mapa.

Tipo de tratamento	Cor de referência
Biorreator + Biofiltro + Córrego	Azul Celeste
Biorreator + Biofiltro + Drenagem	Rosa
Biorreator + Biofiltro + Reoxigenação + Drenagem	Azul Bebê
Biorreator + Biofiltro + Sumidouro	Verde Claro
Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	Vermelho
Rede Pública + Córrego	Azul Royal
Sem Tratamento	Salmão
Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio + Drenagem	Lilás
Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio + Sumidouro	Verde Musgo
Tanque Séptico + Drenagem	Roxo
Tanque Séptico + Córrego	Azul Claro
Tanque Séptico + Sumidouro	Verde Escuro
Sem informação	Branco

Fonte: Adaptado de Dalmagro (2022).

Com os dados segregados espacialmente, aplicou-se a análise de frequência para quantificar os projetos aprovados em cada região durante o período estabelecido e determinar a representatividade percentual de cada tipo de tratamento. Essa sistematização permitiu diagnosticar o comportamento da expansão do saneamento em cada região, evidenciando as disparidades de infraestrutura.

A atualização desse mapeamento constitui etapa fundamental para subsidiar o pré-dimensionamento da rede coletora de esgoto proposto no quarto objetivo, permitindo identificar as regiões desprovidas de infraestrutura pública.

2.4.3 Análise da expansão territorial urbana

No terceiro objetivo, referente à expansão territorial do município, aplicou-se uma interpretação espacial descritiva, entendida como a leitura e comparação de mapas temáticos para identificação de padrões de ocupação e infraestrutura, conforme a abordagem de Saboya (2000) sobre análise espacial urbana.

Dessa forma, o mapa de áreas em processo de aprovação para novos loteamentos, elaborado pelo setor de Geoprocessamento da SEDES, foi confrontado com a base da rede

coletora existente, possibilitando reconhecer as regiões com maior crescimento urbano e menor cobertura de esgoto. Esse mapa foi elaborado com base nas Certidões de Viabilidade para implantação de loteamentos registradas junto à Prefeitura. Segundo o Plano Diretor de Chapecó (2024), este documento constitui a primeira fase do processo de aprovação, no qual o Município atesta a viabilidade de parcelamento da gleba e informa as diretrizes urbanísticas e de zoneamento aplicáveis à área (Chapecó, 2024).

Para operacionalizar essa etapa, utilizou-se o software QGIS, no qual foram integradas as informações. Esse procedimento permitiu identificar a zona prioritária para expansão da rede de coleta.

2.4.4 Pré-dimensionamento da rede coletora

O desenvolvimento do quarto objetivo específico pautou-se na elaboração do pré-dimensionamento hidráulico da rede coletora para a área prioritária definida na etapa anterior. A concepção do traçado e a definição dos parâmetros de cálculo seguiram as diretrizes da Norma Técnica da CASAN (NTC 01:2022 - Apresentação de Projetos de Rede Coletora de Esgoto), complementada subsidiariamente pela NBR 9649:1986 (ABNT, 1986).

Para a definição das variáveis de cálculo, foram adotados os índices e coeficientes de projeto estabelecidos na referida norma técnica, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de projeto adotados para o dimensionamento.

Parâmetro	Símbolo	Valor Adotado
Coeficiente de retorno	C	0,8
Coeficiente de máxima vazão diária	k1	1,2
Coeficiente de máxima vazão horária	k2	1,5
Taxa de infiltração na rede	Tinf	0,20 L/s.km
Tensão trativa mínima	σ_t	1,00 Pa
Lâmina manométrica máxima	Y/D	75%
Consumo per capita	q	200 L/hab.dia

Fonte: Adaptado da Norma Técnica CASAN (2022).

Para a execução dos cálculos, adotou-se a metodologia apresentada por Santana e Silva (2025). A sistematização foi realizada em planilhas eletrônicas, estruturada para calcular as variáveis de vazão, declividade e diâmetro trecho a trecho. As equações fundamentais que

regem o dimensionamento, referentes ao cálculo das vazões de início e fim de plano, taxas de contribuição e verificações de tensão trativa, foram aplicadas conforme o modelo sintetizado pelas autoras, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Equações utilizadas para o dimensionamento da rede coletora.

Equações	
Cálculo das vazões domésticas de início (Q_i) e final (Q_f) de plano	$Q_i = \frac{C * q * K2 * P_i}{86400}$ $Q_f = \frac{C * q * K1 * K2 * P_f}{86400}$ Onde: C = coeficiente de retorno q = contribuição per capita (L/hab.dia) K1 = coeficiente de máxima vazão horária K2 = coeficiente de máxima vazão horária Pi = população de início de plano Pf = população de final de plano
Taxa de contribuição linear	$T_x = Q L + T I$ Onde: Q = Vazão doméstica inicial ou final (L/s) L = Extensão da rede (km) TI = Taxa de infiltração (L/s.km)
Declividade mínima ($I_{mín}$), Declividade máxima ($I_{máx}$) e Declividade de terreno (IT)	$I T = \frac{C T M - C T J}{L}$ Onde: Q = Vazão de projeto (L/s) CTM = Cota do terreno montante (m) CTJ = Cota do terreno jusante (m)
Profundidade do coletor de montante em início de rede (P_{im}) e profundidade jusante (P_j)	$P_{im} = R + \varnothing$ $P_j = C T J - C C J$ Onde: R = Recobrimento (m) $\varnothing$ = Diâmetro (m) CTJ = Cota do terreno jusante (m) CCJ = Cota do coletor jusante (m)
Diâmetro	$D = (0,0463 * \frac{Q}{\sqrt{I}})^{0,375}$ Onde: Q = Vazão de projeto (m³/s) I = Declividade de projeto (m/m)
Velocidade crítica (V_c)	$V_c = 6 * (g * R H)^{\frac{1}{2}}$ Onde: g = aceleração da gravidade (m/s²) RH = Raio hidráulico (m)
Tensão trativa (σT)	$\sigma T = \gamma * R H * I$ γ = Peso específico (kgf/m³) RH = Raio hidráulico (m) I = Declividade de projeto (m/m)

Fonte: Adaptado de Santana e Silva (2025).

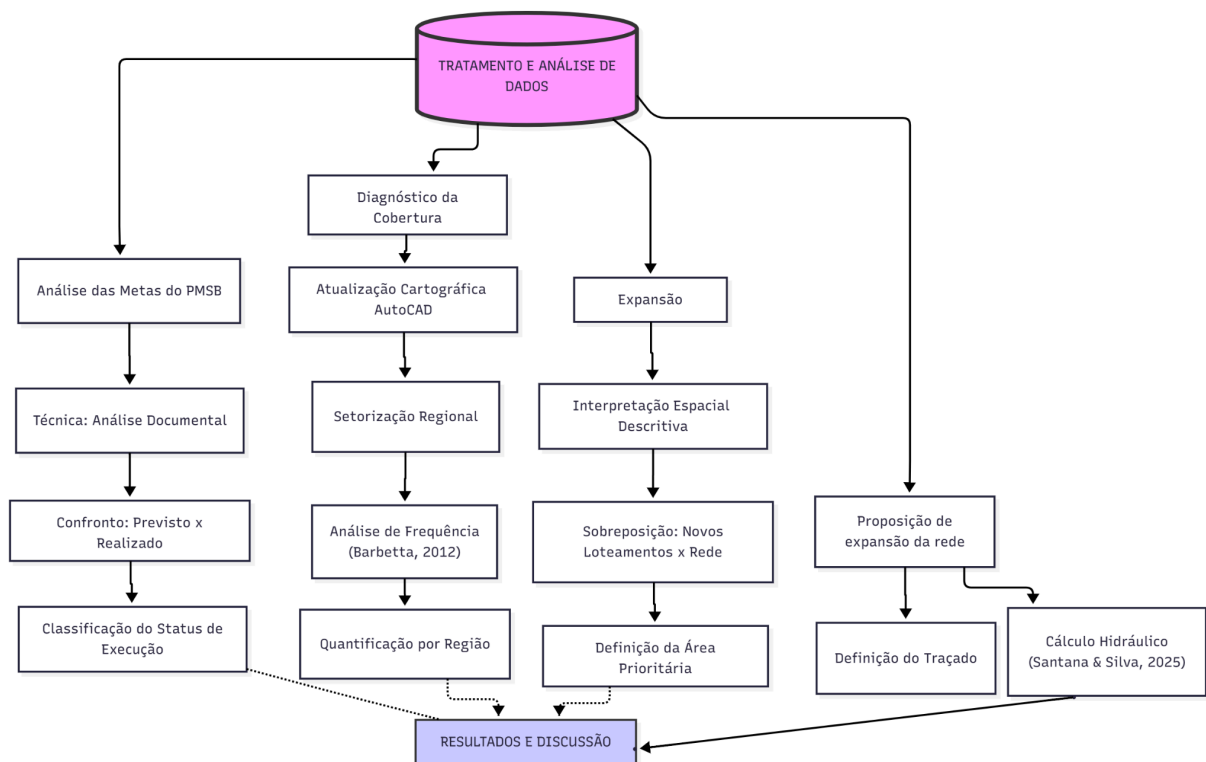
No tocante às EEEs, o escopo deste trabalho limitou-se à identificação dos pontos baixos da bacia onde o escoamento gravitacional tornou-se inviável devido à topografia. Nesses locais, procedeu-se apenas à indicação do local das unidades de bombeamento

necessárias para o transporte do efluente, não sendo realizado o dimensionamento dessas estruturas.

2.3.5 Fluxograma do tratamento de dados

A seguir, é apresentado o fluxograma da metodologia empregada no tratamento de dados para o diagnóstico da cobertura de esgotamento sanitário do município de Chapecó, em comparação com as metas do seu PMSB, e a proposição de ampliação da rede coletora de esgoto (Figura 8).

Figura 8 - Metodologia utilizada para o tratamento de dados.



Fonte: A autora (2025)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DAS METAS DO PMSB DE CHAPECÓ

Segundo o PMSB vigente, a responsabilidade pela execução das ações do eixo de esgotamento sanitário é do prestador de serviços, a CASAN. Assim, as metas analisadas correspondem às ações sob responsabilidade da concessionária, relacionadas ao sistema de esgotamento sanitário e compreendendo as metas de prazo imediato (2021–2024).

Levando em consideração as informações encaminhadas pela concessionária à Prefeitura Municipal, foi possível sistematizar o desempenho dessas ações no período 2021–2024, abrangendo treze metas que orientam a expansão e a qualificação do SES. A síntese dos resultados encontra-se apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 - Status de execução das ações do eixo de esgotamento sanitário previstas no PMSB (2021–2024).

Nº	Meta imediata do PMSB (2021–2024)	Situação	Justificativa informada pelo prestador de serviços (CASAN)
1	Realizar estudo de depuração dos corpos hídricos e de concepção do(s) Sistema(s) de Esgotamento Sanitário para delimitar as bacias de escoamento e as áreas atendidas, identificar a localização e especificar as macro unidades (tratamento, lançamento), observado crescimento populacional e atendimento próximo às metas de cobertura, considerando a identificação de regiões de não atendimento por condições geográficas ou topográficas.	Parcialmente executada	Encontra-se em elaboração o Termo de Referência para contratação de empresa responsável pelos estudos e projetos necessários à expansão do SES de Chapecó.
2	Elaboração / Revisão de projetos executivos específicos à ampliação do(s) Sistema(s) de Esgotamento Sanitário, conforme estudo de concepção, para atender as metas de cobertura: projeto da etapa 1 (prazo imediato), projetos das etapas 2 e 3 (curto prazo).	Executada	Foram elaborados projetos destinados à ampliação da cobertura nos bairros Vila Mantelli, São Pedro e Unochapecó.
3	Estudos ambientais e adequação documental para Licenciamento Ambiental do(s) Sistema(s) de Esgotamento Sanitário e Outorgas.	Executada	O SES de Chapecó possui Licença Ambiental de Operação (LAO). Novos processos de licenciamento serão abertos conforme o avanço da expansão.
4	Elaborar estudo de automação e controle remoto do Sistema de Esgotamento Sanitário.	Executada	O sistema dispõe de supervisão com monitoramento em tempo real, acessado pelas equipes operacionais da Agência de Chapecó.

5	Implantação ou ampliação da capacidade de tratamento de esgoto em regiões atendidas por abastecimento de água pelo prestador de serviços, conforme estudo de concepção e projeto	Parcialmente executada	A ETE atual comporta o tratamento dos bairros recentemente atendidos. Para etapas futuras, está em andamento a contratação de empresa para elaboração de estudo e projetos.
6	Execução de rede coletora de esgoto e acessórios, para atendimento ao crescimento populacional e o índice de cobertura previstos.	Parcialmente Executada	Em 2023 foram implantados 2.583 metros de rede coletora. Novas ligações são realizadas conforme demandas e expansão do SES.
7	Ampliação no número de ligações prediais para atendimento ao crescimento populacional e o índice de cobertura previstos.	Executada	Segundo o Banco de Dados Operacionais da CASAN (BADOP), foram registradas 347 novas ligações entre 2022 e 2023.
8	Manter asseio, identificação e controle de acesso (cercamento) das unidades operacionais e administrativas do(s) Sistema(s) de Esgotamento Sanitário.	Parcialmente executada	Unidades de maior porte possuem cercamento, identificação e controle de acesso; reposições são realizadas conforme necessidade.
9	Melhoria e conservação dos acessos e das estruturas civis das unidades do(s) Sistema(s) de Esgotamento Sanitário, conforme demanda	Parcialmente executada	Estruturas principais permanecem protegidas e identificadas, com intervenções conduzidas conforme demandas operacionais.
10	Aquisição e/ou reposição de equipamentos eletromecânicos, registros, válvulas, painéis de comando, conjuntos motobomba, unidades reserva, geradores e depreciação das unidades (vazamentos, problemas elétricos), conforme demanda.	Executada	Foram adquiridos equipamentos eletromecânicos, geradores, painéis de comando e conjuntos motobomba.
11	Aquisição, disponibilização ou reposição de equipamentos para aferição da qualidade do efluente bruto e tratado, bem como eficiência de tratamento	Executada	Foram adquiridos equipamentos para monitoramento da qualidade do efluente bruto e tratado.
12	Substituição de redes coletoras de esgoto antigas ou subdimensionadas ou das redes com incidência excessiva de infiltração, em regiões atendidas por abastecimento de água pelo prestador de serviços.	Parcialmente executada	A substituição ocorre apenas quando há comprometimento do fluxo ou danos estruturais, conforme prática operacional habitual.
13	Fiscalização das ligações prediais para a identificação de ligações clandestinas e regularização.	Executada	A fiscalização foi realizada por meio do contrato STE 2482/2022 ("Trato pelo São José"), que executou diagnóstico e regularização de ligações em imóveis da bacia do Lajeado São José. As ações envolveram mais de 9.000 vistorias e resultaram na certificação de cerca de 3.200 imóveis.

Fonte: Adaptado da SEDES (2025).

Ao observar os dados do referido quadro, nota-se que dos treze itens avaliados, sete (53,85%) foram classificados como "Executada", enquanto as outras seis metas (46,15%)

enquadram-se como “Parcialmente Executada”. No entanto, embora nenhuma meta, nessa análise, tenha sido classificada como “Não Executada”, o fato de serem enquadradas como cumprimento parcial indica que parte do cronograma previsto não foi concluído dentro do período estabelecido. Nesse sentido, a Prefeitura Municipal de Chapecó (2025) considera que o descumprimento dos prazos estipulados configura-se como não conformidade, mesmo quando há avanço parcial, o que permite interpretar que essas metas devem ser priorizadas nos planejamentos futuros.

Em relação às características das ações, verifica-se uma diferença clara no desempenho da concessionária. As metas integralmente cumpridas são majoritariamente atividades de rotina operacional e manutenção, como aquisição e reposição de equipamentos e fiscalizações, essas ações possuem menor complexidade e custo se comparadas às necessidades de expansão. Em contrapartida, as ações classificadas como “Parcialmente Executada” correspondem justamente às intervenções estruturantes, como a meta nº 5 (ampliação da ETE) e a meta nº 6 (ampliação da rede coletora), ambas determinantes para a expansão da cobertura do serviço de esgotamento sanitário no município.

O reflexo imediato dessa ineficiência estrutural materializa-se nos indicadores de cobertura, que permaneceram aquém do planejado. O PMSB (2021) estipulava uma meta de 40% de atendimento urbano de esgoto para o ciclo imediato, entretanto, o Relatório de Fiscalização da ARIS (2025), referente aos dados de 2024, indica que o índice alcançado foi de apenas 38% (Quadro 4).

Quadro 4 - Índice do indicador do PMSB em relação aos anos de 2021 a 2024.

Indicador	Meta prevista	Realizado 2022	Realizado 2023	Realizado 2024
Índice de atendimento urbano de esgoto (%)	40 %	44%	45%	38%

Fonte: Adaptado de PMSB de Chapecó (2021) e ARIS (2025).

A análise dos dados revela uma retração comparativa aos anos anteriores, resultado influenciado pela atualização demográfica do Censo do IBGE de 2022. No entanto, esses números evidenciam um descompasso entre a expansão urbana e a infraestrutura de coleta. Tal fenômeno corrobora com a análise de Costa, Lobo e Soares (2020), que identificam o esgotamento sanitário como o componente com os piores prognósticos de universalização em cidades médias, dada a elevada complexidade das obras e a necessidade de altos

investimentos, que em sua maioria não conseguem acompanhar a velocidade da expansão urbana.

Diante do exposto, observa-se que o desempenho da CASAN no ciclo imediato corresponde a aproximadamente 54% de execução efetiva das metas avaliadas. Embora represente um avanço, o resultado obtido é insuficiente para garantir a universalização do saneamento até 2033. O atraso no cumprimento do PMSB é atribuído à priorização de ações operacionais por parte da concessionária, em detrimento da execução de obras estruturantes.

Esses resultados estão alinhados ao que Faria, Magalhães e Souza (2022), descrevem como um dos principais entraves à efetividade dos PMSB, sendo a baixa capacidade institucional de acompanhar, monitorar e cobrar a execução das ações definidas, resultando em planos que avançam de forma fragmentada e descontínua. Portanto, para compreender a materialidade desse déficit no território urbano e identificar as zonas críticas que necessitam de priorização, apresenta-se a seguir o mapeamento detalhado da situação atual do esgotamento sanitário no município.

3.2 MAPEAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DA COBERTURA DE ESGOTAMENTO DOMÉSTICO DO MUNICÍPIO

A atualização do mapeamento da cobertura de esgoto partiu da espacialização dos projetos hidrossanitários aprovados junto à SEDES entre agosto de 2022 e março de 2025. Esse procedimento consolidou uma amostra de 2.731 lotes com Termo de Inspeção emitido, permitindo traçar um perfil atualizado das soluções sanitárias adotadas no município.

A consolidação dos dados atuais com as informações sintetizadas por Dalmagro (2022), constituiu o “Mapa da cobertura da coleta e tratamento de esgoto doméstico do município de Chapecó - SC”. Devido à densidade de informações e à dificuldade de leitura em escala reduzida, este mapa é apresentado em escala ampliada no Anexo A. Da mesma forma, embora os mapas regionais tenham sido inseridos na seção de resultados, suas versões ampliadas também foram disponibilizadas em anexo, visando garantir a visualização detalhada dos lotes, que ficou comprometida no corpo do texto.

Ressalta-se que o mapeamento apresentado é limitado aos projetos hidrossanitários com Termo de Inspeção aprovados junto a SEDES, não compreendendo todo o esgotamento do município. Conforme a CASAN (2024), a população atendida com abastecimento de água é de 235.674 habitantes, dos quais 89.267 são atendidos pelo esgotamento sanitário, esse número supera a representação do mapa.

A partir da análise global dos dados, percebe-se a predominância de soluções descentralizadas. Conforme detalhado na Tabela 3, apenas 25,5% dos novos licenciamentos conectaram-se à rede pública, enquanto 74,5% adotaram sistemas descentralizados. Dentre estes, destaca-se o uso do conjunto biorreator o biofiltro, que representa, isoladamente, 67% de todas as soluções aprovadas no período.

Tabela 3 - Quantitativo de Termos de Inspeção emitidos segundo a solução de esgotamento sanitário adotada (2022–2025).

Tipo de Tratamento	Nº de Termos de Inspeção emitidos (2022-2025)	Percentual
Biorreator + Biofiltro	1.831	67,1%
Rede Pública	697	25,5%
Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	34	1,2%
Biorreator + Biofiltro + Sistema auxiliar	128	4,7%
ETE	41	1,5%
Total	2.731	100%

Fonte: Adaptado de SEDES (2025).

A distribuição apresentada na Tabela 3 evidencia a predominância de sistemas individuais, com 74,5% das novas instalações utilizando soluções descentralizadas. Esse cenário confirma a classificação proposta por Von Sperling (2005) sobre a prevalência de sistemas estáticos (individuais) em áreas de expansão urbana, onde a infraestrutura dinâmica (rede coletora) não consegue acompanhar a velocidade da ocupação do solo. Para compreender como esse fenômeno se distribui no território, apresenta-se a seguir a estratificação dos dados pelas regiões (Tabela 4).

Tabela 4 - Quantitativos de sistemas aprovados no período de 2022 a 2025 distribuídos por região.

	Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	Biorreator + Biofiltro	ETE	Biorreator + Biofiltro + Sistema auxiliar	Rede Pública
Norte	4	465	4	36	158
Sul	0	356	23	39	17
Leste	4	349	2	22	298
Oeste	14	542	4	27	224
Não identificados	12	119	8	4	0
Total	34	1.831	41	128	697

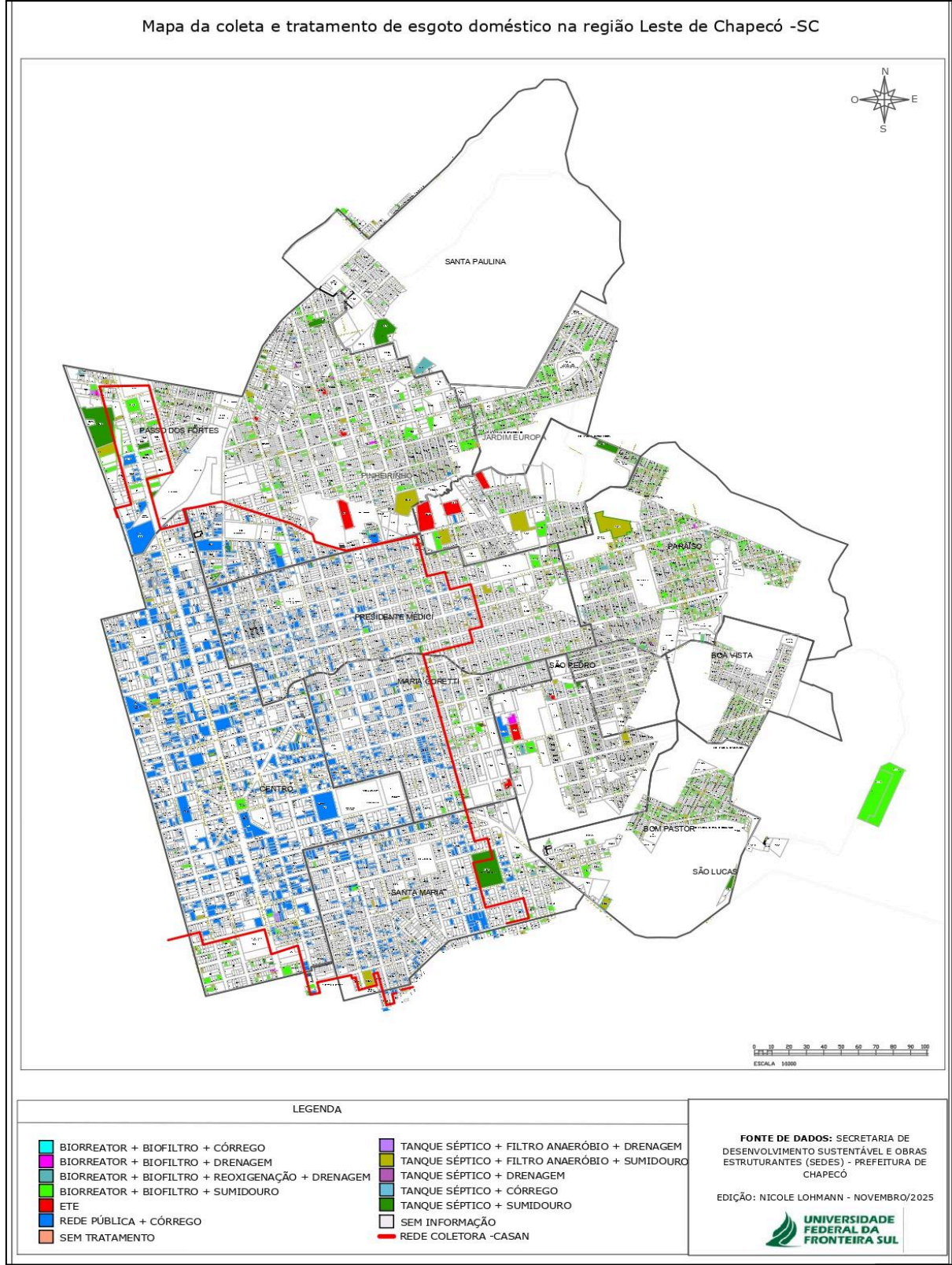
Fonte: Adaptado de SEDES (2025).

Cabe destacar que a categoria “Não identificados” refere-se aos Termos de Inspeção cujos cadastros não apresentavam numeração de quadra e lote, frequentemente registrados como “0”, condição comum em imóveis situados na zona rural. No entanto, apenas 5,23% dos processos analisados apresentaram essa ausência de dados espaciais precisos, o que impediu seu enquadramento em uma das quatro regiões urbanas delimitadas e justificou sua segregação na análise, sem comprometer os resultados obtidos.

Dito isso, o cruzamento dos dados da Tabela 4 com os mapas regionais permite identificar disparidades significativas na infraestrutura sanitária do município, conforme detalhado a seguir.

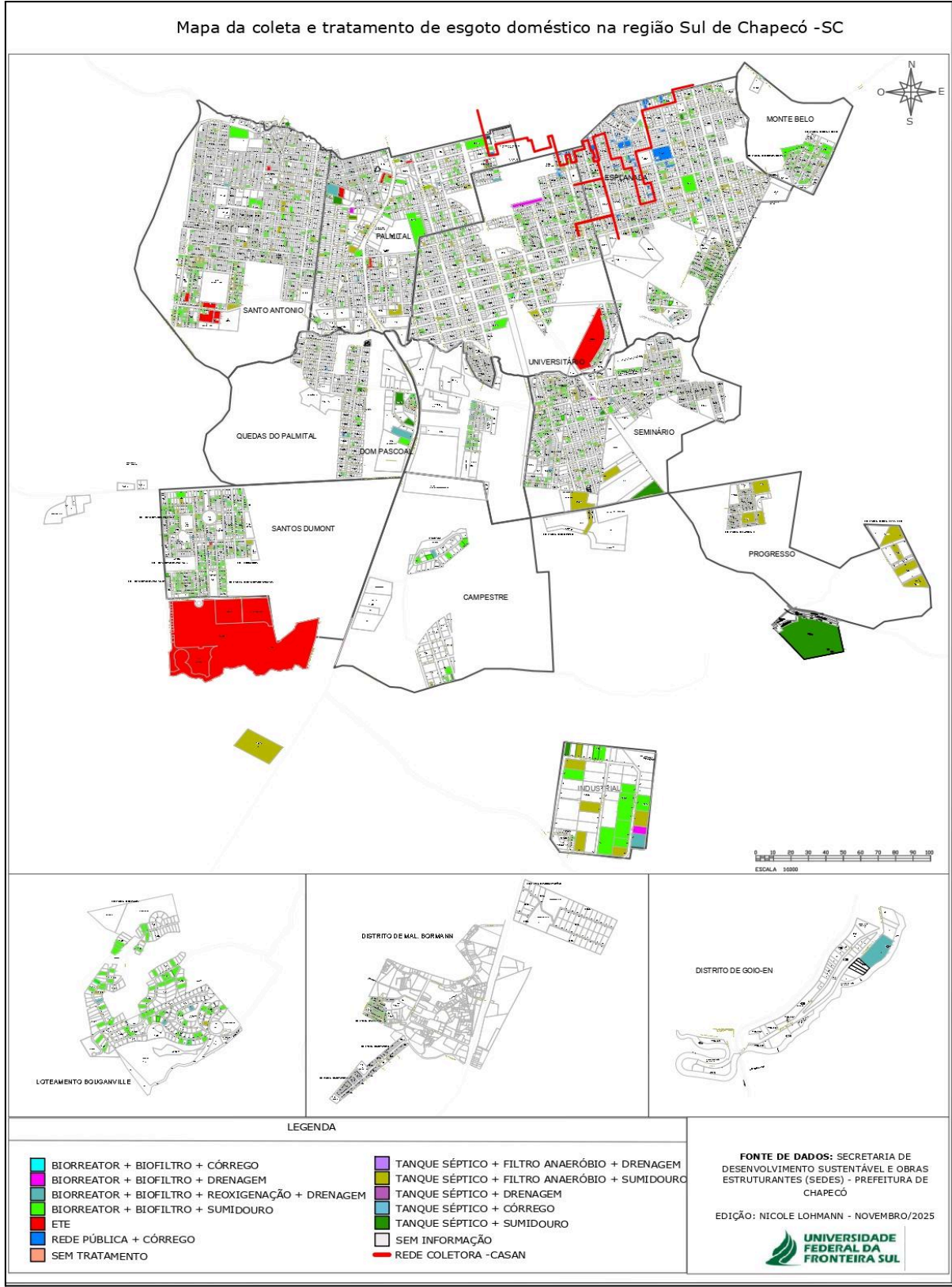
A região Leste, que abrange bairros centrais como Centro, Maria Goretti e Santa Maria, é a única onde a presença da rede coletora se mostra mais consolidada (Figura 9). Contudo, a literatura aponta a coexistência de áreas com infraestrutura e locais de vulnerabilidade. Nascimento e Lemos (2020) identificam que bairros como São Pedro e Bom Pastor, apesar da proximidade geográfica com o Centro, historicamente sofrem com segregação socioespacial. Embora a expansão recente da rede até o bairro São Pedro (citada nas metas da CASAN) represente um avanço, os dados indicam que a universalização ainda não é plena nesta região.

Figura 9 - Mapeamento do esgotamento sanitário na região Oeste.



Fonte: A autora (2025).

Figura 10 - Mapeamento do esgotamento sanitário na região Sul.



Fonte: A autora (2025).

Já a parte Sul do município compreende bairros como Industrial, Esplanada, Palmital, Santo Antônio, Santos Dumont, Progresso e o Distrito de Marechal Bormann. O mapa da Figura 10 evidencia que a cobertura por rede coletora pública nessa região ainda é incipiente, o que resulta na predominância de sistemas individuais de tratamento.

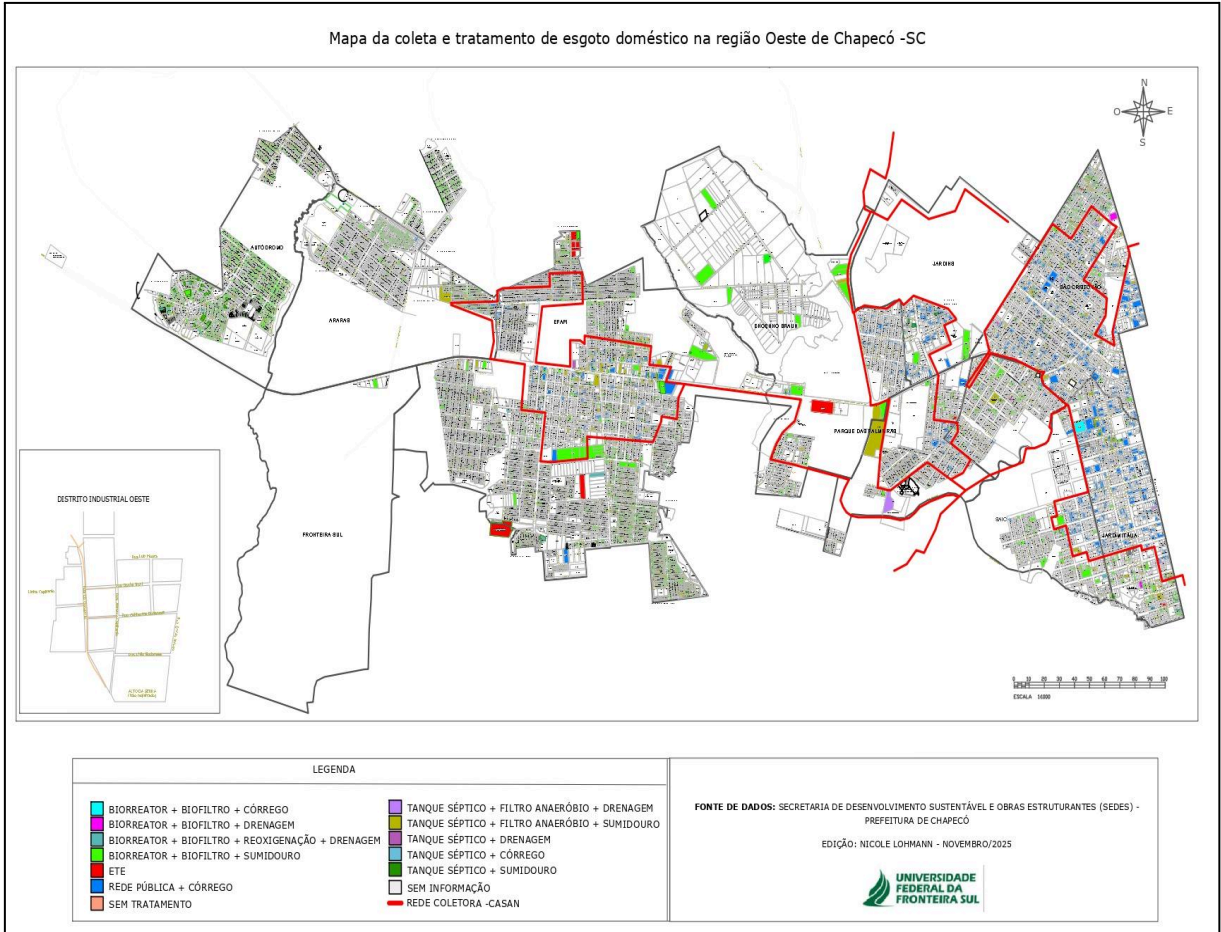
No período analisado, foram aprovados 39 projetos de biorreator com biofiltro e sistema auxiliar e 29 projetos vinculados à ETE do loteamento Real Park, ambos com destinação final em rede de drenagem pluvial. A adoção recorrente dessas tipologias, em substituição aos sistemas convencionais que utilizam sumidouros, sugere a existência de restrições técnicas locais, como a reduzida capacidade de infiltração do solo e a presença de lençol freático em superfície. Para que esses sistemas sejam aprovados, é necessária a apresentação de um laudo técnico que ateste a inviabilidade de infiltração no solo, o qual pode ser comprovado por meio de sondagens ou justificativas fundamentadas acompanhadas de documentação fotográfica (SEDES, 2025).

Em sequência, a Figura 11 detalha a cobertura de esgotamento sanitário na região Norte, abrangendo bairros como Vila Rica, Trevo, Belvedere, Eldorado, Líder, Cristo Rei e Água Santa. O mapeamento revela uma distribuição desigual da rede coletora, com maior presença em áreas como Cristo Rei, Bela Vista, Alvorada e Desbravador. Em contrapartida, bairros como Líder, Trevo e Belvedere dependem exclusivamente de soluções individuais. Essa dependência se traduz na aprovação de 465 novos sistemas de biorreator e biofiltro e 36 projetos com uso de sistema auxiliar, sugerindo a existência de desafios semelhantes aos observados na região Sul.

Por fim, a região Oeste abrange a Grande Efapi, incluindo bairros como São Cristóvão e Jardim América. O mapeamento da Figura 12 mostra que, embora existam trechos atendidos pela rede coletora, uma parcela expressiva da região permanece dependente de

sistemas individuais. Ao passo que, no período 2022–2025, foram aprovados 542 projetos classificados como biorreator e biofiltro, configurando a maior concentração desse tipo de sistema entre as quatro regiões analisadas.

Figura 12 - Mapeamento do esgotamento sanitário na região Oeste.



Fonte: A autora (2025).

Em destaque, o bairro Efapi apresenta alta densidade demográfica, contabilizando 41.790 habitantes e sendo considerado o quinto maior bairro de SC em população residente (IBGE, 2024). A literatura corrobora o diagnóstico de pressão urbana nessa área. Valentini, Facco e Conde (2021) descrevem a macroárea da Efapi como marcada por crescimento acelerado, fragmentação espacial, ocupações irregulares e carência de infraestrutura básica, incluindo obras relacionadas a saneamento.

Portanto, a análise integrada das quatro regiões confirma que, apesar de progressos pontuais no SES, a expansão urbana recente tem sido predominantemente atendida por sistemas descentralizados. Embora o tratamento individual seja uma solução tecnicamente viável e normatizada, sua eficácia está condicionada à correta manutenção e dimensionamento

por parte do usuário (Campos *et al.*, 1999). Para os lotes com Termo de Inspeção deferido, presume-se o atendimento aos critérios técnicos. Contudo, o cenário é mais preocupante nas áreas sem informações, onde Dalmagro (2022) indica que 87,88% dos lotes não possuem dados sobre a destinação do esgoto gerado. A literatura aponta que, na ausência de um projeto, as soluções adotadas pelos moradores tendem a seguir conhecimentos empíricos, frequentemente negligenciando os critérios de dimensionamento (Tonetti *et al.*, 2025).

A avaliação de sistemas individuais em contexto urbano realizada por Ratis (2009) identificou que apenas 8% deles estavam em conformidade com as normas técnicas (tanques sépticos), sendo que a maioria era composta por fossas rudimentares, muitas com fundo permeável que permite a infiltração de esgoto não tratado. Nesse sentido, Neto (1997, apud Ratis, 2009) argumenta que a maioria dos sistemas instalados no país tem apenas a intenção de serem tanques sépticos devido a falhas de projeto, construção ou operação. Somado a isso, como a responsabilidade pela manutenção recai sobre o morador, a limpeza periódica é frequentemente negligenciada. Segundo Campos *et al.* (2009), a ausência de remoção do lodo favorece o arraste de sólidos para o sumidouro, provocando a colmatção do solo, resultando na falha hidráulica do sistema.

A ineficiência dos sistemas de tratamento individuais reflete diretamente na qualidade das águas. Facco *et al.* (2019) identificaram, no Oeste de Santa Catarina, concentrações elevadas de nitrato em águas subterrâneas associadas à ausência de sistemas adequados de captação de esgoto, como subdimensionamento de estruturas residenciais e industriais, o que favorece a infiltração de efluentes no solo. Na mesma região, Malheiros *et al.* (2009) verificaram que 75,94% das 212 amostras avaliadas de poços de água estavam impróprias para consumo humano, com presença de coliformes totais e termotolerantes em poços utilizados pela população.

Somado a isso, o confronto com os dados do Diagnóstico Socioambiental (2023), que identificou 55 pontos de alto risco geológico e hidrológico em Chapecó, revela que a vulnerabilidade é ainda mais acentuada nas regiões onde predominam o uso de sistemas individuais. Dos pontos mapeados, 19 estão na região Sul (bairros Palmital, Quedas do Palmital e Santo Antônio) e 15 na região Oeste. Nessas áreas, a combinação entre sistemas de tratamento ineficientes e a recorrência de inundações e alagamentos potencializa o risco sanitário, uma vez que o transbordamento das águas pluviais pode carregar efluentes não tratados diretamente para o contato com a população e para os corpos hídricos.

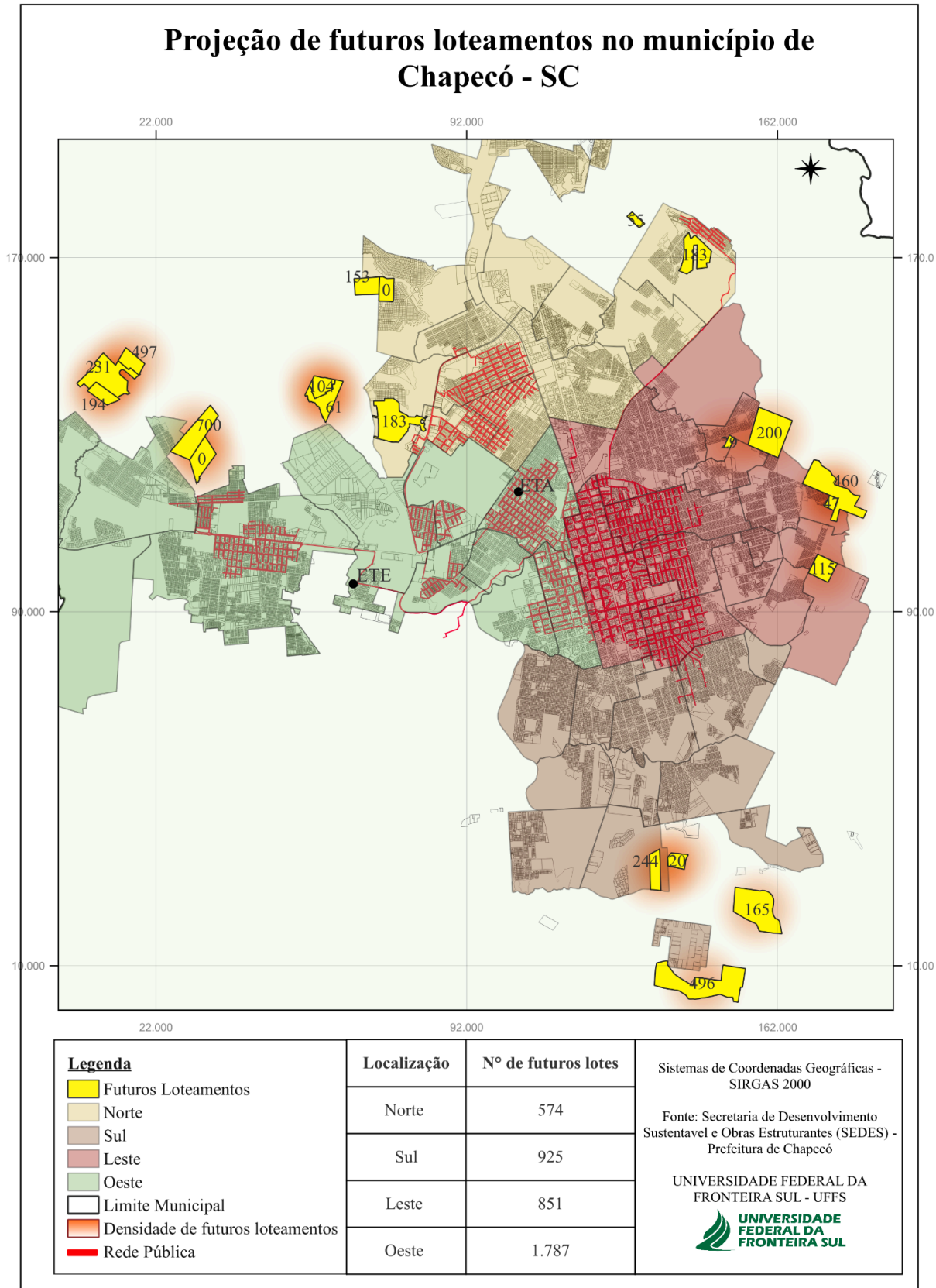
Dessa forma, a predominância de 75% de sistemas descentralizados nos novos empreendimentos configura, na prática, uma "terceirização" do tratamento de esgoto para o

proprietário do imóvel. Essa situação não se restringe apenas ao passivo já existente, mas se projeta também sobre as novas áreas de urbanização. Portanto, para dimensionar os impactos desse modelo no qual a expansão avança mais rápido do que a infraestrutura, apresentam-se, a seguir, a análise dos vetores de expansão territorial do município.

3.3 ANÁLISE DA EXPANSÃO TERRITORIAL E URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ

A interpretação espacial da expansão urbana do município, apresentada na Figura 13, demonstra uma nítida tendência de crescimento horizontal em direção às zonas periféricas. A análise dos dados evidencia que a região Oeste (Grande Efapi) concentra a maior pressão de ocupação, com a previsão de 1.787 novos lotes. Em segundo plano, observa-se um crescimento expressivo na região Sul, com 925 lotes previstos, seguida pela região Leste, com 851 novos lotes. Ao totalizar os empreendimentos mapeados nas quatro regiões, identifica-se um acréscimo de 4.137 novas unidades habitacionais à malha urbana.

Figura 13 – Mapa de expansão territorial baseado em certidão de viabilidade para implantação de loteamentos no município de Chapecó.



Fonte: Adaptado de SEDES (2025).

A análise integrada do mapa, ao sobrepor a malha de expansão urbana à infraestrutura existente do SES, evidencia uma discrepância entre o avanço da ocupação e a cobertura da rede coletora. As áreas com maior incremento de novos loteamentos, especialmente nas regiões Oeste (Efapi) e Sul, apresentam ausência parcial ou total de rede coletora implantada para absorver a demanda futura de efluentes. Por outro lado, a região Leste, apesar de apresentar cerca de 851 novos lotes, situa-se geograficamente próxima a emissários já consolidados, o que viabiliza futuras ampliações por meio de intervenções pontuais de menor complexidade.

Para mensurar o impacto dessa expansão sobre o SES, realizou-se a estimativa da contribuição futura desses novos loteamentos. Adotando-se como premissas de cálculo estipuladas pelo NTC:01/2022 (CASAN, 2022) uma densidade demográfica média de 5 habitantes por lote e uma contribuição de esgoto per capita de 200 L/hab.dia, projeta-se um aporte populacional de aproximadamente 20.685 habitantes nessas novas áreas. Consequentemente, estima-se que a ocupação plena desses loteamentos gerará uma vazão média adicional de 46,3 L/s de efluente doméstico, volume que deverá ser captado e tratado pelo sistema público.

Essa situação é reforçada pela atualização do diagnóstico espacial realizado neste trabalho. Ao incorporar os dados recentes de projetos aprovados (2022-2025) à base original elaborada por Dalmagro (2022), constatou-se que a predominância de lotes sem conexão à rede pública foi replicada. A continuidade desse modelo de ocupação dependente de sistemas individuais, sem a previsão concomitante de expansão da rede coletora, consolida um modelo de urbanização que transfere ao lote individual a responsabilidade pelo tratamento de efluentes.

Diante desse cenário, a região Oeste configura-se como área prioritária para intervenção, uma vez que apresenta a maior defasagem estrutural e concentra um volume de novos lotes aproximadamente 50% superior ao das demais regiões. A literatura, como Valentini, Facco e Conde (2021), também reconhece a região da Efapi como uma das áreas de maior dinamismo urbano de Chapecó, marcada por um processo acelerado de expansão habitacional. Portanto, é evidente a necessidade de planejar a expansão da infraestrutura nesta área, incluindo a rede mestra para coleta do efluente, conforme a proposta detalhada a seguir.

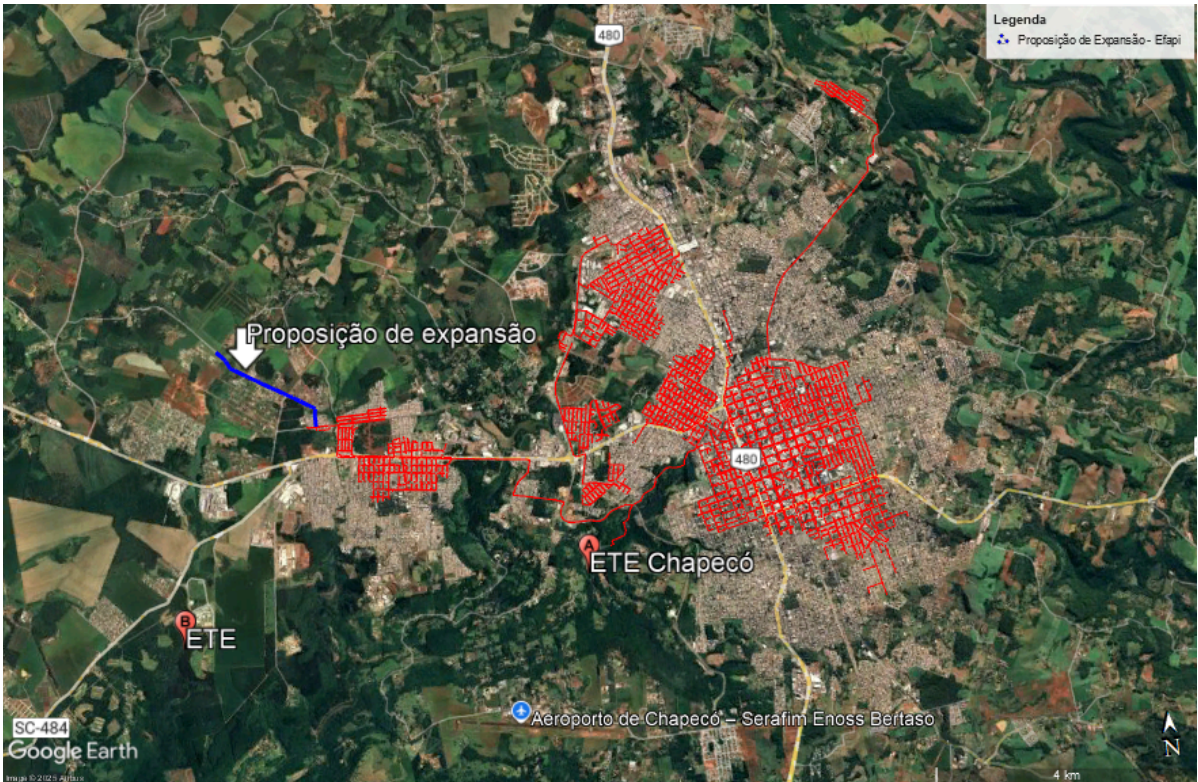
3.4 PROPOSIÇÃO DO PRÉ DIMENSIONAMENTO DA EXPANSÃO DA REDE COLETORA DO MUNICÍPIO

Conforme evidenciado na Figura 13, a expansão urbana do município concentra-se predominantemente na região Oeste. A região do Grande Efapi, conforme aponta Valentini, Facco e Conde (2021), concentra um significativo número de áreas de ocupações irregulares, elevada densidade demográfica, com o surgimento contínuo de novos loteamentos. Somado a isso, nas proximidades da área de intervenção, na Linha Simonetto, encontra-se em fase de implantação o novo Distrito Industrial, e conforme a Prefeitura Municipal de Chapecó (2024), este empreendimento irá incluir 27 novos lotes industriais, os quais serão somados à bacia de contribuição.

Ressalta-se que o pré-dimensionamento apresentado contempla exclusivamente o coletor-tronco necessário para integrar a bacia ao sistema público existente, enquanto as redes internas dos novos loteamentos permanecem sob responsabilidade dos empreendedores. Conforme estabelece o Plano Diretor de Chapecó de 2024, é obrigação do loteador executar a rede coletora interna e garantir sua interligação ao sistema público (Chapecó, 2024).

A partir disso, definiu-se a projeção de uma rede mestra no Bairro Araras, com o objetivo de captar os efluentes sanitários tanto dos loteamentos consolidados quanto dos futuros empreendimentos (Figura 14). O traçado proposto tem seu início na Rua Arsênio Ogliari e se estende até a Rua Alzira Cadore Zanrosso.

Figura 14 - Local da proposição da rede mestra.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2025).

A rede foi segmentada em quatro trechos principais, definidos conforme a variação das contas do terreno, totalizando uma extensão de 2.110 metros, conforme detalhado no Quadro 5.

Quadro 5 - Discriminação dos trechos escolhidos e sua extensão.

Trecho	Nomenclatura	Comprimento (m)
1	PV01 - EEE01	340
2	EEE01 - PV02	1000
3	PV02 - EEE02	490
4	EEE02 - PV03	280

Fonte: A autora (2025).

A Figura 15 apresenta a área consolidada utilizada no cálculo da contribuição à bacia, os futuros loteamentos identificados e o traçado proposto da rede, que atua como coletor-tronco para toda a área de contribuição destacada em rosa e amarelo.

Figura 15 - Sugestão de traçado para a expansão do SES no bairro Araras.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2025).

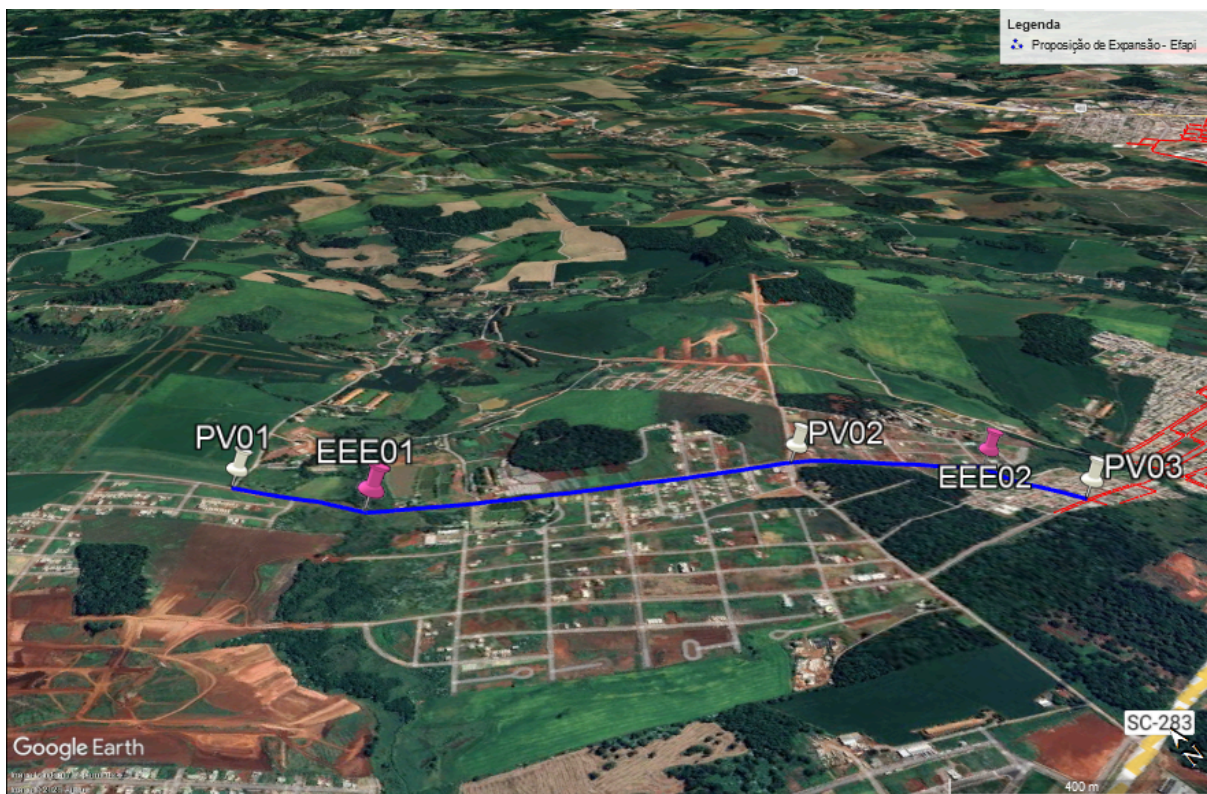
Para a estimativa populacional e de vazão considerou-se a soma dos lotes já consolidados com os futuros loteamentos identificados. O cenário inicial contabilizou 1.234 lotes existentes na bacia contribuinte. Para o cenário final, incorporaram-se os loteamentos em aprovação que também passam a contribuir para a bacia, totalizando 2.856 lotes.

Para o cálculo das vazões de contribuição, considerou-se a população de saturação e os coeficientes de projeto da NTC 01:2022, obtendo-se uma vazão de início de plano de 17,14 L/s e uma vazão de fim de plano de 47,6 L/s. Diante desses valores, optou-se pelo uso de tubulações em PEAD, padrão adotado pela CASAN, com o diâmetro nominal de 300 mm.

A análise da topografia evidenciou que, no primeiro segmento (Trecho 1), o sistema pode operar por gravidade, aproveitando o desnível natural de aproximadamente 21 metros entre as cotas 621m e 600m. Entretanto, a partir do ponto mais baixo da bacia, a configuração do terreno impõe uma barreira física relevante, marcada por um aclave que atinge a cota 660m, portanto, necessitando de bombeamento. A primeira elevatória foi posicionada na transição entre os trechos 1 e 2, permitindo o bombeamento necessário para vencer o aclave. A

segunda elevatória foi alocada na transição para o trecho final, na cota 617m, assegurando o transporte do efluente até o ponto de lançamento, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Localização das EEEs no traçado da rede.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2025).

A verificação hidráulica confirmou a adequação do sistema proposto com o uso das EEE. Nos trechos 1 e 3, operando por gravidade, a tensão trativa média permaneceu acima do limite mínimo de 1,0 Pa e a ocupação da seção manteve-se inferior a 75%, atendendo à NBR 9649/1986. Já os trechos 2 e 4 dependem da atuação das elevatórias para vencer as diferenças de cota e garantir o pleno funcionamento do coletor-tronco.

Diante disso, observa-se que os aspectos técnicos são viáveis para a execução da rede. No entanto, devido à necessidade de utilização de EEE, os custos podem se tornar significativos. Ainda assim, embora a implantação da rede demande um investimento inicial maior, o custo-benefício se transforma quando analisado sob a ótica da saúde pública, da preservação ambiental e das diretrizes do PMSB. A literatura é contundente ao demonstrar que a exposição ao esgoto não tratado está diretamente associada ao aumento de doenças de veiculação hídrica, mortalidade infantil e sobrecarga do sistema de saúde (Heller, 1998; Troeger et al., 2018; Prüss-Üstün et al., 2019). Assim, a ausência de uma rede coletora em

uma região de alta densidade demográfica, que tende a intensificar seu crescimento, contribui para o acúmulo de um passivo sanitário.

Quando esse cenário é comparado às áreas já atendidas pela rede pública, os benefícios da expansão tornam-se ainda mais evidentes. Conforme demonstrado por Dalmagro (2022), há correlação entre a presença da rede coletora da CASAN e o incremento do valor imobiliário, indicando que imóveis atendidos pelo sistema público de esgoto possuem maior valor econômico. Além disso, a implantação da rede mestra contribui de forma efetiva para aproximar Chapecó das metas de universalização previstas para 2033, garantindo aderência às exigências do Novo Marco Legal do Saneamento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstram que o esgotamento sanitário em Chapecó apresenta avanços pontuais, mas permanece marcado por limitações estruturais que comprometem o cumprimento das metas estabelecidas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico e, sobretudo, a capacidade de o município avançar em direção à universalização preconizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento. A análise documental das metas do ciclo 2021–2024 evidenciou que, embora ações de manutenção e gestão tenham sido executadas, os investimentos estruturantes de expansão da rede coletora permaneceram aquém do planejado.

A atualização do diagnóstico espacial, realizada a partir de 2.731 projetos hidrossanitários aprovados entre 2022 e 2025, confirmou a predominância de soluções individuais, que representam aproximadamente 75% dos sistemas implantados no período. Esse padrão torna-se mais crítico ao observar que os vetores de crescimento urbano de Chapecó avançam sobre regiões com baixa ou inexistente cobertura pública, especialmente as zonas Oeste e Sul, onde a rede coletora não acompanha a velocidade da urbanização, perpetuando desigualdades e confirmando a hipótese inicial do estudo. Como resposta técnica, o traçado proposto para o Bairro Araras configura uma alternativa de expansão capaz de atender tanto os loteamentos já consolidados quanto a demanda gerada por novos empreendimentos, constituindo um direcionamento preliminar para ampliar a cobertura do sistema.

Contudo, a interpretação dos resultados deve considerar as limitações metodológicas: a avaliação das metas depende exclusivamente dos dados fornecidos pela concessionária, sujeitos a divergências em relação aos relatórios da ARIS-SC; o diagnóstico espacial contempla apenas processos com Termo de Inspeção digital, podendo subestimar a cobertura real; e a análise da expansão territorial baseou-se unicamente em Certidões de Viabilidade para implantação de loteamentos, não captando áreas urbanizadas sem licenciamento. Além disso, a proposição técnica corresponde a um pré-dimensionamento do traçado, sem detalhamento eletromecânico das estações elevatórias ou projeto executivo da ETE.

No entanto, a interpretação desses dados não deve se restringir à esfera técnica. A concentração do déficit de saneamento em áreas periféricas e de maior vulnerabilidade social em Chapecó encontra-se em consonância com a literatura que discute as desigualdades no acesso aos serviços urbanos. Conforme apontam Begnini e Bordin (2024), em estudo realizado no mesmo município, as carências em saneamento básico em comunidades

periféricas, como o Lajeado São José e a Vila Rica, situadas na região Norte, expõem uma realidade de privação de direitos que afeta diretamente a dignidade e a saúde da população. Os autores destacam que a falta de acesso a esses serviços não é apenas uma questão de infraestrutura, mas um reflexo de desigualdades estruturais.

Nesse contexto, torna-se pertinente refletir sobre o papel da Engenharia. Bordin (2018) argumenta que a educação e a prática da engenharia não podem ser entendidas como neutras ou meramente técnicas, pois estão imersas em condicionantes sociais, políticas, econômicas e históricas. Segundo o autor supracitado, tratar a tecnologia como dissociada desses elementos reforça uma visão ingênua e insuficiente para lidar com os problemas sociotécnicos contemporâneos. Nesse sentido, ao observar que os investimentos em saneamento em Chapecó historicamente não priorizaram as áreas mais vulneráveis, evidencia-se que as decisões tecnológicas carregam valores e interesses que podem perpetuar desigualdades e exclusões.

Portanto, a falta de saneamento básico e de planejamento urbano adequado potencializam os riscos à saúde e aprofundam desigualdades sociais. O acesso a esses serviços precisa ser encarado como instrumento de empoderamento da cidadania e garantia de condições dignas de vida, contribuindo para mitigar as desigualdades em suas dimensões sociais, econômicas, ambientais e culturais. Diante desse cenário, as tecnologias sociais e a engenharia desempenham papéis fundamentais no atendimento às demandas concretas, exigindo processos de tomada de decisão que envolvam a participação efetiva da população e definam claramente o papel dos atores envolvidos.

Assim, evidencia-se a importância contínua de trabalhos que monitorem e avaliem a gestão do esgotamento sanitário nos municípios brasileiros. Dessa forma, o planejamento futuro do saneamento em Chapecó necessita incorporar essa dimensão sociotécnica, garantindo que a universalização não seja apenas uma meta numérica de contratos, mas um instrumento efetivo de justiça social e promoção da dignidade humana.

REFERÊNCIAS

- ACQUALIMP. Tanque de polietileno – 5000-10000-15000 L: Acqualimp, 2014. Disponível em: <https://acqualimp-fossa-septica-cisternas.blogspot.com/2014/01/acqualimp-caixa-dagua-em-poli-etileno.html>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO (ARIS). Esgoto doméstico: tratamento individual, benefício coletivo. Florianópolis: ARIS, 2020. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/Comite%20Tijucas/Publicacoes/Esgoto%20Domestico%20Tratamento%20Individual%20Beneficio%20Coletivo/Versao_sintese_esgoto_do_mestico_tratamento_individual_beneficio_coletivo.pdf. Acesso em: 22 nov. 2025.
- AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO (ARIS). Relatório de Fiscalização RF-CONTRATO-CHAPECÓ-004/2025. Florianópolis: ARIS, 2025.
- AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO (ARIS). Relatório TRATASAN: dados do saneamento básico de Santa Catarina. Florianópolis: ARIS, 2025.
- ARGENTON, M. A. A universalização do saneamento no Brasil: uma análise sobre a influência do acesso aos serviços de esgotamento sanitário na saúde pública (2008 a 2017). 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17076: Sistemas de esgotamento sanitário – Diretrizes para planejamento, elaboração de projetos e implantação de sistemas de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
- BARBETTA, P. A. Estatística aplicada às Ciências Sociais. 5. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002.
- BARTRAM, J. *et al.* Meeting the MDG drinking water and sanitation target: the urban and rural challenge of the decade. **Water Supply**, [S. l.], v. 10, supl. 1, p. 1–10, 2010.
- BEGNINI, Thays Regina Miotto; BORDIN, Leandro. Estudo diagnóstico sobre os problemas enfrentados por mulheres na periferia dos serviços de saneamento básico. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, v. 28, n. 76, p. 1–18, 2023.
- BORDIN, Leandro. A educação em Engenharia numa perspectiva sociotécnica. 2018. 308 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- BORMA, L. S. *et al.* Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 5, p. 1041–1047, 2022.

BORMA, V. D. S. *et al.* Contexto histórico brasileiro do saneamento básico – PLANASA, PLANSAB, PNSB e Lei nº 14.026/2020. In: WARPECHOWSKI, A. C. M.; GODINHO, H. H. A. M.; IOCKEN, S. N. (Coord.). **Políticas públicas e os ODS da Agenda 2030**. Belo Horizonte: Fórum, p. 213–222, 2021.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm. Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Panorama do saneamento básico no Brasil: 2021. Brasília, DF: MDR, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/>. Acesso em: 9 jun. 2025.

CAIRNCROSS, S. *et al.* Environmental Health Engineering in the Tropics: An Introductory Text. Chichester: John Wiley & Sons, 1993.

CAMPOS, J. R. *et al.* Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CHAPECÓ. Lei nº 6.728, de 8 de junho de 2015. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de Chapecó. Chapecó: Diário Oficial do Município, 2015.

CHAPECÓ. Lei nº 7.580, de 2 de setembro de 2021. Dispõe sobre a revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico de Chapecó e dá outras providências. Chapecó: Diário Oficial do Município, 2021.

CHAPECÓ. Lei Complementar nº 847, de 20 de dezembro de 2024. Aprova o Plano Diretor de Chapecó - PDC. Leis Municipais, Chapecó, SC, 2024. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-chapeco-sc>. Acesso em: 08 nov. 2024.

CHAPECÓ. Prefeitura Municipal. Diagnóstico Socioambiental da Macrozona Urbana de Chapecó. Chapecó: Prefeitura Municipal, 2023.

CHAPECÓ. Prefeitura Municipal. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Chapecó: Prefeitura Municipal, 2021.

CHAPECÓ. Prefeitura Municipal. Portal da Prefeitura Municipal de Chapecó. Chapecó, 2025. Disponível em: <https://www.chapeco.sc.gov.br/>. Acesso em: 1 nov. 2025.

CHAPECÓ. Prefeitura Municipal. Prefeitura de Chapecó lança novo edital para 27 lotes do Distrito Industrial. Chapecó, 2025. Disponível em: <https://www.chapeco.sc.gov.br/noticia/10090/prefeitura-de-chapeco-lanca-novo-edital-para-27-lotes-do-distrito-industrial>. Acesso em: 1 nov. 2025.

CHAPECÓ. Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Obras Estruturantes (SEDES). Banco de dados 2025. Chapecó: SEDES, 2025.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). NTC 01:2022: Apresentação de projetos de rede coletora de esgoto para loteamentos: rede coletora, interceptores e acessórios. Florianópolis: CASAN, 2022.

COSTA, T. G. N.; LOBO, C. F. F.; SOARES, W. Condições e projeções de acesso ao saneamento básico nas cidades médias brasileiras. **TerraPlural**, Ponta Grossa, v. 14, p. 1-17, 2020.

DALMAGRO, S. Diagnóstico do esgotamento sanitário do município de Chapecó-SC. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2022.

FACCO, J. *et al.* Qualidade das águas subterrâneas no Oeste de Santa Catarina. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/200105>. Acesso em: 30 out. 2025.

FARIA, C. A. P. de; MAGALHÃES, J. C.; SOUZA, C. R. de. A implementação dos Planos Municipais de Saneamento Básico: desafios e perspectivas. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 4, p. 789-810, 2022.

FARIA, M. T. S. *et al.* Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Diretores de Drenagem Urbana em municípios de pequeno porte de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 185–193, 2022.

FIBRATEC. Biorreator e filtro em PEMD 1000 e 2000 litros. : Fibratec, 2020. Disponível em: <https://fibratec.com.br/produto/biorreator-e-filtro-em-pemd-1000-e-2000-litros/>. Acesso em: 20 maio 2025.

FIBRATEC. Manual de instalação, manutenção e garantia: Biorreator e Biofiltro em PRFV. Fibratec, 2024.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 20–29, 1995. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/ZX4cTGrqYfVhr7LvVyDBgdb>. Acesso em: 30 jun. 2025.

HACHEM, B. P. *et al.* Panorama do cumprimento das metas do PMSB de Belém do Pará pela companhia de saneamento do Pará. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 17220–17227, 2020.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 73-84, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados: Chapecó – SC. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/chapeco.html>. Acesso em: 30 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Informativo para a Mídia: Censo 2022: Santa Catarina apresenta 1,5 milhão de pessoas a mais em áreas urbanas. Florianópolis: IBGE, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Panorama do saneamento básico no Brasil: acesso à água e esgotamento sanitário – 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Regiões de influência das cidades: 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101728.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2025.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA (IMA). Instrução Normativa nº 05: Sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários. Florianópolis: IMA, 2019. Disponível em: <https://in.ima.sc.gov.br/instrucaoNormativa/downloadPDF/5>. Acesso em: 08 nov. 2025.

LEITE, C. H. P.; MOITA NETO, J. M.; BEZERRA, A. K. L. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 5, p. 1041–1047, 2022.

LIMA, M. M. G. O PMSB e os desafios da universalização do saneamento em áreas rurais. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

LISBOA, M. T. L.; HELLER, L.; SILVEIRA, R. B. Planos Municipais de Saneamento Básico: um estudo sobre sua elaboração e implementação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 247-256, 2013.

MADRID, F. J. P. *et al.* Vermifiltração: o uso de minhocas como uma nova alternativa para o tratamento de esgoto. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 220, p. 128–135, 2019.

MALHEIROS, P. S. *et al.* Contaminação bacteriológica de águas subterrâneas da região oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 305-308, 2009.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MASSARA, V. M. Breve relato sobre a expansão da coleta e tratamento de esgotos: São Paulo, Brasil (1900-2000). **HU Revista**, Juiz de Fora, v. 4, n. 8, p. 174–187, 2018.

MONTEIRO, A. R.; VERAS, A. T. R. A questão habitacional no Brasil. Mercator, Fortaleza, v. 16, e 16015, 2017.

NASCIMENTO, E.; LEMOS, J. H. Z. Territórios urbanos precários: uma análise da cidade de Chapecó, SC, Brasil. **Terr@ Plural**, Ponta Grossa, v. 14, p. 1–23, 2019. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13362>. Acesso em: 20 nov. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Diretrizes sobre saneamento e saúde. Genebra: OMS, 2020. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications. Acesso em: 22 set. 2025.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PRÜSS-ÜSTÜN, A.; CORVALÁN, C. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Genebra: OMS, 2019.

RATIS, A. N. F. A. Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual de esgotos domésticos de Natal. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SABOYA, R. T. de. Análises espaciais em planejamento urbano: novas tendências. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, p. 61–79, 2000..

SANTANA, M. A. A.; SILVA, C. S. Proposta de sistema de coleta e tratamento de esgoto: um estudo de caso no semiárido Paraibano. **Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 085-104, 2025.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: https://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_d_e_teses_e_dissertacoes1.pdf. Acesso em: 29 jun. 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH). Chapecó: Sistema Atual. Santa Catarina: SNIRH, 2013. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/arquivos/atlas_esgoto/Santa_Catarina/Sistema_Atual/Chapec%C3%B3.pdf. Acesso em: 20 maio 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SINISA). Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2024. Brasília: Ministério das Cidades, 2024. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 22 set. 2025.

TONETTI, A. L. *et al.* Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018.

TONETTI, A. L.; ALMEIDA, M. E. P.; CRUZ, L. M. O.; FIGUEIREDO, I. C. S. Review of technological alternatives for wastewater treatment in Brazilian rural areas. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 224-236, 2025.

TROEGER, C. E. *et al.* Global disability-adjusted life-year estimates of long-term health burden and mortality associated with diarrheal disease in children younger than 5 years. **The Lancet Global Health**, v. 6, n. 9, p. e869–e876, 2018.

VALENTINI, D. R.; FACCO, J.; CONDE, Q. R. A paisagem e o sistema de espaços livres públicos urbanos: uma integração necessária ao planejamento da região da EFAPI - Chapecó/SC - Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 38, n. 3, p. 34-55, 2021.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2005.

5 APÊNDICES E ANEXOS

Para visualização dos mapas da cobertura de esgotamento sanitário do município de Chapecó, incluindo o Anexo A e mapa das regiões, em melhor definição acesse a pasta indicada abaixo.

 Mapas 2025