



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**CENTRO DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGANHERIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**

**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**DAVI BELEZIA OLIVERA**

**ANÁLISE DO USO DE PREMISSAS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS NA  
ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO  
PARA O ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2025**

DAVI BELEZIA OLIVEIRA

**ANÁLISE DO USO DE PREMISSAS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS NA  
ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA  
O ESTADO DO CEARÁ**

Monografia referente ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof.<sup>o</sup> José Carlos Alves Barroso Junior.

**FORTALEZA**

**2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

O46a Oliveira, Davi Belezia.

Análise do uso de premissas e soluções alternativas na elaboração de projetos de sistemas de esgotamento sanitário para o estado do Ceará / Davi Belezia Oliveira. – 2024.

101 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. José Carlos Alves Barroso Júnior.

1. Esgotamento sanitário. 2. Estudos de engenharia. 3. Premissas de engenharia. 4. Ceará. 5. Novo marco legal do saneamento básico. I. Título.

CDD 628

---

DAVI BELEZIA OLIVEIRA

**ANÁLISE DO USO DE PREMISSAS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS NA  
ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA  
O ESTADO DO CEARÁ**

Monografia referente ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em 27/02/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José Carlos Alves Barroso Junior (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Renan da Silva Xavier  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Francisco de Assis Parente de Araújo Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser meu refúgio, minha rocha e meu conselheiro e por ter me agraciado com o dom da vida. Obrigado, meu Senhor, pois sem a sua presença eu nada seria.

Agradeço ao meu pai José Sormany, minha mãe Patrícia e minha irmã Raissa, obrigado por todos os sacrifícios de amor, e por incentivar a minha caminhada acadêmica, vocês me completam. Esse trabalho é para vocês.

Agradeço aos meus tios Marcos e Ana Luzia, meu primo Caio, minha prima Mariana, ao Anderson, aos meus tios Geovane e Fernanda, ao meu avô Geovane, a minha Avó Lêda, a tia Lena e a tia Lourdes, meus companheiros de rotina durante a graduação e sem eles não estaria aqui hoje. A vocês serei eternamente grato.

Agradeço ao meu avô Paulo, minha tia Pâmela, aos meus tios Igor e Dennis e aos meus primos Larissa, Alice e Pietro por todo carinho e amor por mim em Brasília.

Agradeço a minha namorada Jully Anne, que chegou ao andar do curso e com quem partilhar a vida e os momentos se tornou mais leve e prazeroso.

Agradeço aos meus amigos de vida, pela amizade e companheirismo ao longo dessa trajetória. Agradeço também aos meus amigos de graduação Brenda, Davi, Chico, Giulliana, Vitória, Daivyla, Priscilla e Rodrigo que tornaram esse momento mais fácil e divertido.

Agradeço aos professores que fizeram parte da minha formação, em especial ao meu orientador Prof. Dr. José Carlos que me guiou com maestria a escrever esse trabalho, ao Prof. Dr. Enéas Lousada, ao Prof. Dr. Cleiton Silveira, ao Prof. Dr. Paulo Igor pela oportunidade no laboratório LABOSAN onde pude crescer como profissional, e ao Dr. Plínio Barbosa, um grande amigo e orientador durante o processo do laboratório.

Agradeço a instituição CAGECE, na qual me desenvolvi como profissional em minha área e vivi experiências incríveis ao lado de pessoas maravilhosas e grandes profissionais, em especial a Cailiny, João, Rafael, Diego, Cícero, Manu, Luiz, Jane, Rodrigo, Raquel e Deusiellen.

Agradeço a Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de ensino, aprendizado e por possibilitar a minha formação acadêmica.

Agradeço, em especial, a minha avó Elizabeth, a qual está ao lado do Nossa Senhor Jesus Cristo e que viverá em minha memória como a melhor pessoa que já conheci. Obrigado vovó, te amo para a eternidade.

*“Irmãos, não penso que eu mesmo já o tenha alcançado, mas uma coisa faço: esquecendo-me das coisas que ficaram para trás e avançando para as que estão adiante prossigo para o alvo, a fim de ganhar o prêmio do chamado celestial de Deus em Cristo Jesus.”*

Filipenses 3:13-14.

## RESUMO

O setor de esgotamento sanitário vem ganhando atenção nos últimos anos no cenário político, econômico e ambiental brasileiro. Apesar do debate mais intenso sobre o tema, ainda se verifica a necessidade de mais atenção de políticas públicas e de investimentos capitais tanto da esfera pública como privada. Em 15 de julho de 2020 foi aprovado a Lei Federal nº 14.026 em atualização a Lei nº 11.445/2007 -, também conhecida como Novo Marco Legal do Saneamento, que dentre várias novas atribuições e tratativas em relação ao primeiro marco legal, tem como um dos objetivos principais a universalização da prestação dos serviços de esgoto até o ano de 2033, no qual 90% da população deve ter acesso a coleta e tratamento de esgoto. Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise escolha de premissas e tecnologias para futuros estudos de engenharia na área de esgotamento sanitário do Estado do Ceará, como forma de utilizar de melhores parâmetros para se aproximar da realidade geográfica, social e econômica das regiões, otimização dos investimentos e cumprir com o atingimento das metas do novo marco. Foram levantados dados, informações e valores por meio da consulta de documentos, normas e projetos anteriores em sítios eletrônicos de órgãos públicos estaduais e municipais e estudos de *benchmarking* de comparação com outros projetos de concessão e desestatizações. O trabalho realizou um panorama dos sistemas de esgotamento dos municípios cearenses e dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs) do Estado quanto as situações atuais e ao atingimento das metas propostas. Para os PMSB dos 184 municípios, foram diagnosticados que 46 ainda são possuem o estudo e que 119 alegaram ter, porém apenas foram encontrados 103 por consulta pública. Desses, as metas estabelecidas de 49 não cumprem com a de universalização para 2033, assim sendo necessário revisões para adequações ao novo marco. Para o estudo da variação de dois parâmetros (taxa de infiltração e consumo *per capita*) de cálculo de vazões para dimensionamentos dos futuros sistemas, chegou-se ao resultado de um intervalo de 100 a 150 L/hab.dia de consumo *per capita* para o Ceará e a possibilidade de utilização de valores menores de taxa de infiltração como 0,05 e 0,10 L/s/km para o dimensionamento de vazões de infiltração. Além disso, foi comprovada a possibilidade de utilização de soluções individuais por fossas sépticas com filtros anaeróbios e sumidouros para tratamento de esgoto em distritos e localidades com populações menores; e a substituição da caixa de alvenaria no passeio por Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL).

Palavras-chave: universalização do saneamento básico; premissas; projetos de engenharia; Planos Municipais de Saneamento Básico; sistemas de esgotamento; Ceará.

## ABSTRACT

The sewage sector has been gaining attention in recent years in the Brazilian political, economic, and environmental scenario. Despite the more intense debate on the topic, there is still a need for more attention from public policies and capital investments from both the public and private spheres. On July 15, 2020, Federal Law No. 14,026 was approved, updating Law No. 11,445/2007 - also known as the New Legal Framework for Sanitation, which, among several new attributions and negotiations in relation to the first legal framework, has as one of its main objectives the universalization of the provision of sewage services by the year 2033, in which 90% of the population must have access to sewage collection and treatment. Thus, the present work aims to carry out an analysis and selection of premises and technologies for future engineering studies in the area of sewage in the State of Ceará, as a way of using better parameters to approximate the geographic, social, and economic reality of the regions, optimize investments, and comply with the achievement of the goals of the new framework. Data, information and values were collected by consulting documents, standards and previous projects on the websites of state and municipal public agencies and benchmarking studies comparing them with other concession and privatization projects. The study provided an overview of the sewage systems of the municipalities of Ceará and the Municipal Basic Sanitation Plans (PMSBs) of the State regarding the current situation and the achievement of the proposed goals. For the PMSB of the 184 municipalities, it was diagnosed that 46 still do not have the study and that 119 claimed to have it, but only 103 were found through public consultation. Of these, the established goals of 49 do not comply with the universalization goal for 2033, thus requiring revisions to adapt to the new framework. To study the variation of two parameters (infiltration rate and per capita consumption) for calculating flow rates for sizing future systems, the result was a range of 100 to 150 L/inhab.day of per capita consumption for Ceará and the possibility of using lower infiltration rate values such as 0.05 and 0.10 L/s/km for sizing infiltration flows. In addition, the possibility of using individual solutions with septic tanks with anaerobic filters and sumps for sewage treatment in districts and locations with smaller populations was proven; and the replacement of the masonry box on the sidewalk with an Inspection and Cleaning Tube (TIL).

Keywords: universalization of basic sanitation; premises; engineering projects; Municipal Basic Sanitation Plans; sewage systems; Ceará.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANA Agência Nacional de Águas  
APRECE Associação dos Municípios do Estado do Ceará  
ARCE Agência Reguladora do Estado do Ceará  
BNH Banco Nacional de Habitação  
CAGECE Companhia de Água e Esgoto do Ceará  
CEMTEC MS Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima do Mato Grosso do Sul  
COPASA Companhia de Saneamento de Minas Gerais  
EEE Estação Elevatória de Esgoto  
ETE Estação de Tratamento de Esgoto  
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDH Índice de Desenvolvimento Humano  
IDHM Índice de Desenvolvimento Humano Municipal  
INMET Instituto Nacional de Meteorologia  
ITB Instituto Trata Brasil  
NBR Norma Brasileira Regulamentadora  
OMS Organização Mundial da Saúde  
PLANASA Plano Nacional de Saneamento  
PLANSAB Plano Nacional de Saneamento Básico  
SAAE Serviço Autônomo de Água e Esgoto  
SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
SBL Sistema de Bombeamento em Linha  
SCIDADES Secretaria das Cidades  
SEMAGRO Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar  
SEPLAG Secretaria do Planejamento e Gestão  
SES Sistema de Esgotamento Sanitário  
SISAR Sistema Integrado de Saneamento Rural  
SINISA Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento  
STF Supremo Tribunal Federal  
UNICEF Fundo das Nações Unidas para a Infância

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha do Tempo do Novo Marco Legal do Saneamento.....	23
Figura 2 - Caracterização das impurezas de esgotos domésticos.....	25
Figura 3 - Ligações intradomiciliares de esgoto.....	26
Figura 4 - Representação de Sistema Separador Absoluto.....	27
Figura 5 - Reator UASB .....	29
Figura 6 - Lagoas de estabilização convencional.....	29
Figura 7 - Métodos matemáticos de projeção populacional.....	33
Figura 8 - Infiltração de água em redes coletoras.....	35
Figura 9 - Mapa com os Blocos e municípios integrantes da PPP da RMF e RMC do Estado do Ceará.....	38
Figura 10 - Microrregiões de Água e Esgoto do Estado do Ceará.....	40
Figura 11 - Valores de K1 adotado por companhias de saneamento do Brasil.....	43
Figura 12 - Valores de K2 adotado por companhias de saneamento do Brasil.....	43
Figura 13 - Referência de Composição Porcentual do Custo Global para Sistema de Esgotamento Sanitário.....	44
Figura 14 - Prognóstico do SES para a sede do município de Jaguaruana – CE no PMSB.....	47
Figura 15 - Memorial de cálculo do custo de ETE do Sistema de Esgotamento Sanitário da Vila e Praias do Cumbuco.....	48
Figura 16 - ICE para os 152 municípios cearenses operados pela Cagece. ....	51
Figura 17 - Situação dos Municípios do Ceará quanto aos PMSBs.....	53
Figura 18 - Divisão dos PMSBs do Ceará quanto ao cumprimento da universalização do esgotamento sanitário até 2033.....	54
Figura 19 - Distribuição dos 184 municípios quanto ao intervalo de consumo per capita.....	58
Figura 20 - Correlação entre IDHM e Consumo Per Capita em 172 municípios do Ceará. ....	61
Figura 21 - Comparação de valores de vazão de chegada a ETE Canasvieiras e a precipitação no período.....	65
Figura 22 - Valores adotados de taxa de infiltração nos projetos da PPP da Sanesul.....	66
Figura 23 - Valores adotados de taxa de infiltração nos projetos dos sistemas de esgotamento sanitários nos municípios da PPP da Sanepar.....	67
Figura 24 - Caixa de inspeção em alvenaria retangular.....	68
Figura 25 – TIL de ligação em passeio pela SANEPAR. ....	69

Figura 26 - Composição de custo para ligação domiciliar com caixa de inspeção em alvenaria.	70
.....	.....
Figura 27 - Composição de custo para ligação domiciliar com TIL.	70
Figura 28 - Custo para construção de Filtro Anaeróbio em anéis de concreto.	74
Figura 29 - Custo para construção de Fossa Séptica e Sumidouro em D = 1,20 metros.....	75
Figura 30 - Custo por Vazão (L/s) para ETE convencional.....	77
Figura 31 - Eficiência de remoção dos constituintes do efluente para tecnologias diferentes.	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento de esgoto mais usuais.....	30
Tabela 2 - Valores de Coeficiente de retorno adotado em notas técnicas de projetos de sistemas de esgotamento por companhias estaduais brasileiras.....	43
Tabela 3 - Valores de consumo per capita e taxa de infiltração adotado em notas técnicas de projetos de sistemas de esgotamento por companhias estaduais brasileiras. ....	44
Tabela 4 - Organização da prestação do serviço de água e esgoto dos municípios do Ceará. .	50
Tabela 5 - Porcentagem da população com cobertura pública de esgotamento sanitário dos 32 municípios do Ceará atendidos pelas prefeituras e autarquias municipais, segundo o SNIS 2022.	52
Tabela 6 - Tabela com população estimada e ano de elaboração dos PMSBs para 20 municípios do Ceará.....	55
Tabela 7 - Análise do cumprimento de metas de médio prazo para a cobertura de esgoto dos PMSBs de 10 municípios do Estado do Ceará, com referência de ICE para 08/2024. ....	55
Tabela 8 - Análise do cumprimento de metas de curto prazo para a cobertura de esgoto dos PMSBs de 10 municípios do Estado do Ceará, com referência de ICE para 08/2024. ....	56
Tabela 9 - Quantidade de municípios por intervalo de Hidrometração. ....	58
Tabela 10 - Tabela com valores de consumo per capita e valores de dispersão para 31 municípios da Sanesul .....	59
Tabela 11 – Cálculo das vazões de demanda dos municípios de Jaguaruana e Quixeré. ....	62
Tabela 12 - Vazões de infiltração para diferentes taxas de infiltração dos municípios de Jaguaruana e Quixeré.....	62
Tabela 13 - Contribuição da vazão de infiltração na vazão média calculada para os municípios de Jaguaruana e Quixeré.....	63
Tabela 14 - Contribuição da vazão de infiltração nas vazões máximas calculadas dos municípios de Jaguaruana e Quixeré.....	64
Tabela 15 - Vantagens e desvantagens dos tipos de ligação. ....	69
Tabela 16 - Diferença do custo de implantação de ligações com caixa de inspeção e TIL.....	71
Tabela 17 - Tipos de ETEs mais utilizadas no Estado do Ceará pela Cagece. ....	72
Tabela 18 - Custo de Implantação das fossas sépticas, filtros anaeróbios e sumidouros em anéis de concreto.....	76
Tabela 19 – Tarifa de Limpeza Anual de Fossas Sépticas da CORSAN. ....	79

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Equações utilizadas para o cálculo das vazões dos projetos. .... 45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	15
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	15
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	16
<b>3.1</b>	<b>Definições de Saneamento Básico</b>	16
<b>3.2</b>	<b>Histórico do Saneamento Básico no Brasil</b>	17
<b>3.3</b>	<b>Lei nº 14.026/2020 e o Novo Marco Legal do Saneamento Básico</b>	21
<b>3.4</b>	<b>Sistemas de Esgotamento Sanitário</b>	24
3.4.1	Estrutura dos Sistemas de Esgotamento	24
3.4.2	Premissas das vazões de projeto de Sistemas de Esgotamento	32
<b>3.5</b>	<b>Administração da Prestação dos Serviços de Esgoto e PPPs</b>	35
<b>3.5.1</b>	<b>Formas de Organização das Prestadoras de Serviços</b>	35
<b>3.5.2</b>	<b>Parcerias Público Privadas no Saneamento</b>	36
<b>3.6</b>	<b>Caracterização Geral do Estado do Ceará</b>	39
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	41
<b>4.1</b>	<b>Classificação da Pesquisa</b>	41
<b>4.2</b>	<b>Coleta de Dados e Informações</b>	41
<b>4.3</b>	<b>Análise dos Planos Municipais de Saneamento Básico</b>	42
<b>4.4</b>	<b>Metodologias dos Cálculos das Premissas de Engenharia</b>	43
4.4.1	Coleta <i>per capita</i>	45
4.4.2	Vazão de Infiltração e Taxa de Infiltração	45
4.4.3	Ligações Domiciliares	47
4.4.4	Tecnologias de Tratamento	48
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	50
<b>5.1</b>	<b>Panorama Geral do Esgotamento Sanitário no Ceará</b>	50

<b>5.2 Análise dos PMSBs .....</b>	53
<b>5.3 Premissas de Engenharia Para Sistemas de Coleta e Tratamento de Efluente .....</b>	56
5.3.1. Consumo <i>Per Capita</i> .....	57
5.3.2 Taxa de Infiltração.....	61
5.3.3 Ligações Domiciliares .....	67
5.3.4 Tratamento de Esgoto .....	72
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	81
<b>REFERENCIAS .....</b>	83
ANEXO A – COMPOSIÇÃO DO BDI PELA CODEN.....	90
ANEXO B - COMPOSIÇÃO DO BDI PELA CAGECE .....	91
ANEXO C - COMPOSIÇÃO DE BDI PARA A COSAMPA.....	92
ANEXO D – ÍNDICE DE COBERTURA DE ESGOTO, EXTENSÃO DE REDE COLETORA E LIGAÇÕES ATIVAS E POTENCIAIS DOS 152 MUNICÍPIOS DA CAGECE .....	93
ANEXO E – VALORES DE CONSUMO <i>PER CAPITA</i> E ÍNDICES DE HIDROMETRAÇÃO DOS 184 MUNICÍPIOS DO CEARÁ, SEGUNDO A SÉRIE HISTÓRICA DO SINISA 2022.....	96
ANEXO F – SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA A CAGECE POR MEIO DO PORTAL DA TRANSPARÊNCIA.....	100

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço industrial e tecnológico da sociedade ocorrido no século XX gerou um grande crescimento populacional nos centros urbanos brasileiros. Segundo Martine e McGranahan (2010), o Brasil experimentou, na segunda metade do século 20, uma das mais aceleradas transições urbanas da história mundial, que transformou um país rural e agrícola em um país urbano e metropolitano. Apesar da precocidade dessa transição urbana, as cidades brasileiras enfrentam desafios sociais, econômicos e ambientais, como é o caso do saneamento básico.

De acordo com os dados do relatório *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene*, elaborado pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 2,2 bilhões de indivíduos carecem da utilização de água potável tratada, 3,4 bilhões não possuem tratamento de esgoto sanitário adequado e 1 a cada 4 pessoas não tem acesso a serviços básicos de higiene (UNICEF, 2023).

A deficiência da infraestrutura no saneamento básico está diretamente relacionada com a saúde pública. Segundo Santos *et. al.* (2018), a saúde é conceituada pela OMS como o completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença, chegando-se à conclusão de que uma sociedade formada em um ambiente insalubre devido as condições deficientes de saneamento básico é uma sociedade doente. Além das melhorias sanitárias e na saúde pública, as condições adequadas de saneamento auxiliam na redução de gastos dos cofres públicos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma que a cada R\$ 1,00 (um real) investido no setor de saneamento, economiza-se R\$ 4,00 (quatro reais) na área de medicina curativa (BRASIL, 2006, p. 41).

Tendo em vista a necessidade da melhoria do setor de saneamento, dentre eles o de esgotamento sanitário, para adequar os modelos de tratamento existentes e realizar a implantação de novos sistemas, com a finalidade de diminuir as adversidades de saúde pública e bem-estar social que estão relacionados a essa problemática, foi sancionada pelo Governo Federal em julho de 2020 a Lei nº 14.026/2020, chamada de Novo Marco Legal do Saneamento Básico, que atualiza o antigo Marco Legal do Saneamento – a Lei nº 11.445/2007 -, trazendo novas tratativas e a implementação de metas a serem cumpridas para a área de esgotamento sanitário, sendo a mais importante sobre a universalização do serviço até 2033, no qual, obrigatoriamente, 90% da população deverá usufruir de coleta e tratamento de esgoto (MACHADO, 2022). Para o Estado do Ceará, o esgotamento sanitário, na maioria dos seus municípios, ainda se encontra longe das metas de universalização. Em 2022, de acordo com os

dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), apenas 29,6% da população total cearense era atendida por redes de esgoto e 36,6% do esgoto era coletado.

Desse modo, dado a importância do Novo Marco do Saneamento para o Ceará, o presente trabalho se propõe a fazer um panorama da situação atual dos sistemas de esgotamento do Ceará, analisar as metas dos Planos Municipais de Saneamento Básico e avaliar a utilização de premissas de engenharia que possam ser consideradas em projetos para a implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitários (SES) nos municípios cearenses, utilizando do levantamento de dados e informações da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SINISA) e da análise dos Planos Municipais de Saneamento dos Municípios, além do comparativo com outros projetos elaborados pelas empresas de saneamento e pelas Parcerias Públicas Privadas (PPPs) do país, como da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), da Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul (SANESUL), e da própria PPP das Regiões Metropolitanas de Fortaleza e do Cariri.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo geral propor a utilização de diferentes premissas de engenharia na elaboração de estudos na área de esgoto sanitário para o Estado do Ceará, a fim de facilitar a universalização da prestação desse serviço a partir do novo marco legal do saneamento básico.

### 2.2 Objetivos Específicos

- I) Realizar o panorama da situação do esgoto no Ceará, a partir das formas de prestação de serviço e os Índices de Cobertura de Esgoto (ICE);
- II) Analisar os Planos Municipais de Saneamento Básico do Ceará em relação a sua elaboração e as metas estabelecidas para universalização do esgotamento sanitário;
- III) Analisar a viabilidade da utilização das premissas a partir de ferramentas de engenharia para dimensionamento de sistemas de coleta e tratamento de esgoto.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Definições de Saneamento Básico

O saneamento básico é um conjunto de serviços que impactam diretamente a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento da sociedade. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. De outra forma, pode-se dizer que saneamento caracteriza o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar Salubridade Ambiental (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

Segundo Ribeiro (2015), Saneamento é uma palavra originada do latim *sanus*, que possui como significado “boa saúde”. Dentro da esfera de saneamento existem ações consideradas básicas, constituindo o que é conhecido por saneamento básico, sendo essas dever do Estado promover para preservação da saúde humana por meio da prestação de serviços públicos de qualidade de i) abastecimento de água potável; ii) esgotamento sanitário; iii) manejo de resíduos sólidos urbanos; iv) limpeza pública; v) manejo de águas pluviais urbanas; vi) ações de saúde pública no combate e controle de vetores e reservatórios de doenças.

Como ferramenta fundamental para o desenvolvimento social, o saneamento é por várias vezes previsto na Constituição Federal, como é o caso do Art. 21, inc. XX, que atribui a União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transporte, auferindo assim competência legislativa a União para serviços de saneamento. Já em seu Art. 23, inc. IX prevê que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e saneamento básico, prevendo assim que é dever dos entes federativos promoverem as melhorias das condições de saneamento. Ademais, conforme estabelecido no Artigo 200 da Constituição, compete ao Sistema Único de Saúde (SUS) participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico. (BRASIL, 1988).

Além disso, com o advento da sociedade e o crescimento populacional, podem surgir ou serem descobertos novos fatores ambientais que afetem a saúde humana. A este respeito, Fernando Aith descreve:

[...] No âmbito da saúde o conceito de saneamento ambiental mostra-se mais completo, na medida em que incorpora não só as questões relacionadas a abastecimento, transporte e manejo de água e resíduos, mas, também, todas as

questões ambientais que podem oferecer riscos à saúde humana e que exigem ações de saneamento, tais como controle de riscos ambientais em vetores (zoonoses) ou, ainda, a ambientes de trabalho, moradias, estabelecimentos comerciais etc. (AITH, 2010, p. 241).

### 3.2 Histórico do Saneamento Básico no Brasil

No Brasil, mesmo até meados do século XX, o saneamento básico apresentava-se de forma incipiente, em decorrência do atraso na preocupação com a expansão do setor, quando comparado aos países mais desenvolvidos. Os jornais de todo o país noticiavam a falta de qualidade do saneamento e do abastecimento de água, que acarretavam uma grande propagação de doenças de veiculação hídrica (TUROLLA, 2002).

Na Europa, no século XIX, a confluência de argumentos sanitários, econômicos e políticos colocaram as ações de saneamento no centro das discussões governamentais e resultaram em importantes intervenções públicas nesse campo, visto que foram cientificamente reconhecidas como medidas eficazes no controle das epidemias (MURTHA, CASTRO e HELLER, p.199, 2015).

Em 1934 foi aprovado o Decreto que criaria o Código de Águas (Brasil, 1934). Entre os vários assuntos que envolveram o uso de recursos hídricos, recomendava-se evitar a contaminação das águas pelo esgoto gerado (NUNES, DIAZ, 2020). Para Elmo Rodrigues da Silva (1998), o Código de Águas pode ser considerado como “a base para a gestão pública do setor de saneamento, sobretudo no que se refere a água para abastecimento”.

Mesmo assim, em meados da década de 1950, quase 80% dos municípios brasileiros ainda não dispunham de abastecimento regular de água (Costa, 1994, p.59). A partir da década de 1960 enfim iniciou-se uma maior preocupação com o saneamento no país. A Carta de Punta del Este, de 1961, foi um documento formulado pelos países do continente americano que definiu a meta de 70% de atendimento de suas respectivas populações urbanas com serviços de água e de esgoto e o de 50% para populações rurais (Juliano, 1976).

Em 1964, com a instituição da Lei nº 4.380/1964, foi criado o Banco Nacional de Habitação (BNH) com a missão de implantar uma política de desenvolvimento urbano e, em 1967, foi encarregado de realizar o diagnóstico inicial da situação do setor de saneamento. O BNH passou a abrigar o Sistema Financeiro de Habitação (SFH) e o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), que passou a centralizar os recursos para o saneamento. Turolla (2002) admite que nesse período foram criados fundos de água e de esgotos estaduais, além de

programas estaduais trienais. O BNH e os governos estaduais, em contrapartida para a liberação de recursos e financiamentos, condicionaram a criação de empresas estatais, fossem essas autarquias ou de sociedade de economia mista, para a prestação de serviços.

Ademais, a Lei nº 5.138 de 1967 estabeleceria o que viria a ser o primeiro marco político nacional na esfera do saneamento básico, responsável pela instituição da Política Nacional de Saneamento e a criação do Conselho Nacional de Saneamento, dando origem ao que seria posteriormente o Plano Nacional do Saneamento Básico (PLANASA). Em seu art. 2º, a citada lei abrangia em sua política: “a) saneamento básico, compreendendo abastecimento de água, sua fluoretação e destinação de dejetos; b) esgotos pluviais e drenagem; c) controle da poluição ambiental, inclusive o lixo; d) controle das modificações artificiais das massas de água e; e) controle de inundações e de erosões” (BRASIL, 1967).

Essa lei estabelecia que a política de saneamento básico fosse “formulada em consonância com a Política Nacional de Saúde” e compreenderia o “conjunto de diretrizes administrativas e técnicas destinadas a fixar a ação governamental no campo do saneamento” (COSTA, PIEROBON, SOARES, 2018). Por meio do Decreto-Lei nº 949/1969, o BNH poderia investir recursos financeiros obtidos pelo Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e recursos próprios para o financiamento do setor de saneamento (GAMA, 2009).

A partir de 1970, ocorreu a criação do PLANASA, que teve destaque até o início dos anos 80. Nesse período, foram criadas Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), o que fez com que os municípios, que eram responsáveis pela prestação dos serviços, fossem incentivados a cedê-los para as CESBs para que essas utilizassem dos empréstimos concedidos pelo BNH para a implementação de sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto sanitário (COSTA *et al.*, 2022).

Segundo Dalmazo (1994), cada Estado deveria estabelecer um Fundo de Financiamento para Águas e Esgotos (FAE), um fundo originário dos recursos adquiridos com origem os seus tributos, e o Finansa, um programa de financiamento do BNH por meio de recursos próprios. Cada programa ficaria responsável por 50% do valor que seria investido para o alcance das metas estabelecidas pelo PLANASA. Mesmo assim, embora tenha ocorrido uma melhoria nos serviços de abastecimento e tratamento de esgotos, as metas ficariam ainda longe de serem atingidas, principalmente no esgotamento sanitário.

A década de 1980 foi marcada pelo começo do declínio do PLANASA. As fontes de financiamento foram esvaziando devido às crises macroeconômicas vigentes no país, ao mesmo tempo em que o prazo dos empréstimos realizados ia terminando e acontecia o aumento de despesas e dívidas. Isso culminou para que em 1986 o BNH fosse extinto, atribuindo assim a

Caixa Econômica Federal o papel antigo do banco de financiador do setor, recebendo o Sistema Financeiro de Saneamento. Entretanto, submetida a limitações orçamentárias devido à crise eminente, a oferta de recursos para o saneamento reduziu drasticamente (TUROLLA, 2002).

“A extinção do PLANASA foi caracterizada por uma desestruturação nas bases do modelo, provocada por alguns fatores tais como o desequilíbrio financeiro proveniente da inadimplência das CESBs, a não adesão ao modelo por alguns municípios de porte médio das Regiões Sul e Sudeste, a redução das transferências a fundo perdido da União para o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS) e os problemas de manutenção das tarifas em valores reais” (FARIA; FARIA, 2004, p. 205).

A Constituição Federal de 1988 trouxe marcos importantes para o setor. Além da regulamentação do uso das águas, a constituição redigiu sobre outorga, a administração dos recursos hídricos e a proteção ambiental e controle de poluição. Sobre saneamento, em seu art. 23, inciso IX, a Carta diz: “É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: (...) IX – promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico” (BRASIL, 1988).

No Período de 1990-1994 ocorreu a maior crise de financiamento do setor de saneamento desde a criação do PLANASA, com fechamento de créditos financeiros e a crise do FGTS, que levaram ao período com menor investimento no setor dos últimos 20 anos. A retomada dos investimentos veio em 1995, devido ao reequilíbrio do FGTS, a renegociação das dívidas por conta dos Estados e a reestruturação tarifária das prestadoras de serviços (FARIAS, 2011).

A Lei Federal de 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, trouxe vários critérios de uso de águas. Destacam-se, dessa lei, os seguintes pontos: “a) a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico; b) em situações de escassez, o uso prioritário da água é o consumo humano; e c) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo da água.” (PARLATORE, 2000).

No dia 05 de janeiro de 2007, no governo do então presidente Luís Inácio Lula da Silva, foi elaborada a Lei nº 11.445 ou Lei de Diretrizes Nacional de Saneamento Básico (LNSB), que viria a ser conhecida como o Marco Legal do Saneamento no Brasil, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico (DUARTE, 2022). Essa lei foi elaborada de forma a abranger todos os modelos de organização institucional dos serviços de saneamento do país, com a criação de regras a partir das quais os municípios e

Estados deverão estabelecer legislações e normas de regulação para a prestação de serviços de saneamento (PEREIRA JR., 2008).

A LNSB inicia estabelecendo os preceitos para a prestação do serviço público de saneamento. Dos princípios estabelecidos, destacam-se a universalização do acesso a água tratada e esgotamento sanitário (art. 2º, X), eficiência e sustentabilidade econômica (art. 2º VII), transparência das ações (art. 2º, IX), controle social (art. 2º, X), segurança, qualidade e regularidade (art. 2º, XI) (COSTA, PIEROBON, SOARES, 2018). A universalização é definida pelo art. 2º, inc. III, como “a ampliação progressiva do acesso ao saneamento básico para os domicílios ocupados no país.” (BRASIL, 2007).

Igualmente, A lei 11.445 também foi responsável por distribuir novas atribuições para os municípios, como é o caso da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs). O PMSB é o principal instrumento da Política Nacional de Saneamento Básico e leva ao município as funções de gestão do saneamento, desde o planejamento até a prestação de serviços, que necessitam passar por regulações, fiscalização e controle social (DUARTE, 2022). Para Sobrinho (2011), tais políticas visam garantir a viabilidade técnica e econômico-financeira da prestação universal, admitindo-se a inclusão de metas progressivas e graduais de expansão, bem como o estabelecimento de políticas de subsídios e instituições de fundos, entre outros mecanismos que assegurem a ampliação do acesso do saneamento básico a todos os cidadãos e o bem-estar social.

A Lei de Diretrizes Nacional de Saneamento Básico também estabelece a instituição do Sistema Nacional de Informação de Saneamento Básico – SINISA, que tem por objetivo coletar dados, disponibilizar estatísticas e “permitir e facilitar o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico” (art. 53, I, II, III). Por fim, vale ressaltar que a Lei 11.445/07 é regulamentada pelo decreto 7217/2010. O Art. 52º da referida lei estabelece que:

“Art. 52. A União elaborará, sob a coordenação do Ministério das Cidades:

I - O Plano Nacional de Saneamento Básico (...)

II - Planos regionais de saneamento básico, elaborados e executados em articulação com os Estados, Distrito Federal e Municípios envolvidos para as regiões integradas de desenvolvimento econômico ou nas que haja a participação de órgão ou entidade federal na prestação de serviço público de saneamento básico.” (BRASIL, 2007).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) é também uma determinação da Lei 11.445/07 e foi desenvolvido juntamente ao Ministério das Cidades em 3 três etapas: “i) a formulação do “Pacto pelo Saneamento Básico: mais saúde, qualidade de vida e cidadania”, que marca o início do processo participativo de elaboração do Plano em 2008; ii) a elaboração, em 2009 e 2010, de extenso estudo denominado Panorama do Saneamento Básico no Brasil, que tem como um de seus produtos a versão preliminar do PLANSAB; iii) a “Consulta Pública”, que submeteu a versão preliminar do Plano à sociedade, promovendo sua ampla discussão e posterior consolidação de sua forma final à luz das contribuições acatadas” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013, p. 13) (COSTA, PIEROBON, SOARES, 2018).

### **3.3 Lei nº 14.026/2020 e o Novo Marco Legal do Saneamento Básico**

Em 15 de julho de 2020, por meio da Lei nº 14.026, foi aprovado o “Novo Marco Legal do Saneamento Básico”, que altera e atualiza a lei nº11.445/2007, que dentre várias novidades de atualização, impôs metas de universalização de esgotamento sanitário e abastecimento de água em âmbito nacional até o ano de 2033, prevendo que até esse período 99% da população brasileira tenha acesso a água potável e 90% de acesso ao tratamento de esgoto, contribuindo para a efetividade do direito humano fundamental à água potável e ao saneamento no Brasil (PINTO, RIBAS, 2022).

O projeto de lei foi aprovado em grande parte devido às situações expostas pelo Ministério da Economia e do Desenvolvimento Regional, que alegaram a deficiência do setor e a conjuntura atual econômica das prestadoras de serviço públicas, elencando como solução “sólidas parcerias com a iniciativa privada, com apoio imprescindível dos Estados e Municípios e com o interesse único de levar conforto, qualidade de vida e saúde aos brasileiros desassistidos” (ME; MDR, 2019, parágrafo 7, p. 26).

Um dos principais pontos do Novo Marco foi a da prestação de serviços regionalizada, prevista no art. 3º. Em 2013, o Supremo Tribunal Federal (STF), ao julgar a Ação Direta de Constitucionalidade nº 1.842, decidiu que, para as regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, a titularidade do saneamento deve ser exercida entre os municípios que compõe o aglomerado urbano e seu Estado-membro, colocando assim a frente o interesse regional para o setor (BRASIL, 2013). Desse modo, o novo marco anda em conformidade com a lógica estabelecida pelo STF, ao incluir como princípio básico da prestação de serviços públicos de esgotamento sanitário a prestação regionalizada do serviço, para obter maior

viabilidade financeira e ajudar na universalização do saneamento em grande escala (LEITE, NETO, BEZERRA, 2022).

Outro ponto importante é sobre a titularidade da prestação de serviços do setor de saneamento. Em conformidade com o novo marco legal, tem-se o seguinte:

Art. 8º Exercem a titularidade dos serviços públicos de saneamento básico:

I - Os Municípios e o Distrito Federal, no caso de interesse local;

II - O Estado, em conjunto com os Municípios que compartilham efetivamente instalações operacionais integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, instituídas por lei complementar estadual, no caso de interesse comum (BRASIL, 2020).

O exercício dessa titularidade dos serviços públicos de saneamento ainda pode ser exercido por gestão associada, tanto pelo modelo de consórcio público formado por municípios ou por convênio de comparação.

A alteração considerada mais importante pela instituição da nova lei é a que dispõe sobre os contratos e concessões dos serviços. Segundo Santos (2023, p. 43) “O novo marco também trouxe a obrigatoriedade da utilização do contrato de concessão e a proibição da formalização de contrato de programa para a delegação da prestação dos serviços, o que significa a abertura do mercado”. Isso significa que o contrato de concessão deve obrigatoriamente passar por licitação pública, contendo as especificações requeridas pela Lei nº 8.987/95, sendo a mesma feita pelo ente titular da prestação de serviços, e exigindo a comprovação de capacidade técnico-financeira da contratada, fator esse que auxilia no cumprimento das metas de universalização definidas.

Esse fator muda a concepção histórica de execução das políticas públicas de saneamento básico, no qual em sua grande parte era realizada por empresas estaduais, sejam essas públicas ou de sociedade mista, por meio de contratos de programa e sem licitação prévia. O principal objetivo desse novo tipo de contratação é aderir a ampla participação de empresas privadas no mercado com maior capacidade de captação de capital financeiro. Isso pode ser notado a partir do grande número de PPPs sendo aprovadas no Brasil para o setor do saneamento básico.

Vale ressaltar, no entanto, que não é necessária que ocorra a privatização dos serviços, visto que as empresas públicas podem concorrer no processo de licitação e vencer as iniciativas privadas. Até março de 2022, as autoridades locais poderão renovar os contratos de

planejamento por até 30 anos, desde que estejam incluídos nas metas de universalização dos serviços de água e esgoto especificados no novo marco (ROUBICEK, 2020).

Outro aspecto de mudança da Lei nº 11.445/2007 é que a Lei 14.026/2020 estabelece para a Agência Nacional de Águas (ANA) uma nova organização funcional, que passará a exercer função tanto regulatória como de fiscalização no setor de saneamento, utilizando-se do que foi denominado como “normas de referências” que serão expedidas por ela. A agência será responsável por estabelecer padrões de qualidade e eficiência de tratamento; metas de universalização a serem alcançadas; metodologias para cálculos de indenizações devido aos investimentos que forem realizados e ainda não amortizados (HEINEN, 2022).

Figura 1 - Linha do Tempo do Novo Marco Legal do Saneamento.



Fonte: Elaboração ABCON. SINDICON, 2021.

Ainda está designado a ANA emitir normas sobre a redução da escassez hídrica e controle de perda de água. Segundo Heller e Pádua (2010), O acesso à água é fator determinante para a saúde da população, reconhecido como direito social fundamental à dignidade humana. Cabe também a agência aplicar normas sobre reuso dos efluentes sanitários tratados, estando em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública. Essa política de reuso permite que elevados volumes de água potável passem a ser guardados, visto que se pode usar água de reuso (esgoto tratado) para fins como irrigação agrícola, refrigeração industrial, descarga de vasos, lavagem de vias públicas e jardinagem (MENDONÇA, MENDONÇA, 2017).

Outro ponto importante para a ANA são as normas já estabelecidas pela agência para o setor do saneamento, como é o caso da nova NR 08/2024, que dispõe sobre metas progressivas de universalização de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, indicadores de acesso e sistema de avaliação. A NR 08 traz consigo dois indicadores para universalização do serviço de esgoto sanitário: Índice de Atendimento de Esgotamento Sanitário (IAE), que consiste no percentual de domicílios residenciais ocupados atendidos com rede pública de esgotamento sanitário seguida de tratamento de esgoto ou com solução alternativa adequada de esgoto prevista pela entidade reguladora; e o Índice de Cobertura de Esgotamento Sanitário (ICE), sendo o percentual de domicílios residenciais ou não residenciais, ocupados ou não ocupados, cobertos por rede pública de esgotamento sanitário seguida de tratamento de esgoto ou com solução alternativa adequada de esgoto prevista pela entidade reguladora.

### **3.4 Sistemas de Esgotamento Sanitário**

#### **3.4.1 Estrutura dos Sistemas de Esgotamento**

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ANBT) NBR nº 9.648/86 define o esgoto sanitário como “despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industriais, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. O esgoto doméstico é constituído pelo despejo líquido resultante do uso de água para necessidades fisiológicas e higiene pessoal humana, conhecida como águas amarelas e marrons. A mistura de águas amarelas com águas marrons é conhecida como águas negras. Os outros processos de rotina como lavagem de roupas, louças, tanques e pias de cozinha, geram outro tipo de águas, as chamadas águas cinzas.

Geralmente, o gerenciamento destas águas residuárias se dá em uma só corrente líquida, o chamado esgoto doméstico (SANTOS, 2019). É composto em grande parte por água e impurezas, que modificam a qualidade do esgoto e podem ser representadas por suas características físicas, químicas e biológicas e deve passar por processos de tratamento antes que seja despejado novamente em cursos de água, caso contrário podendo causar alterações nos biomas aquáticos, mudança de ecossistemas e doenças de veiculação hídrica para a população.

Figura 2 - Caracterização das impurezas de esgotos domésticos.

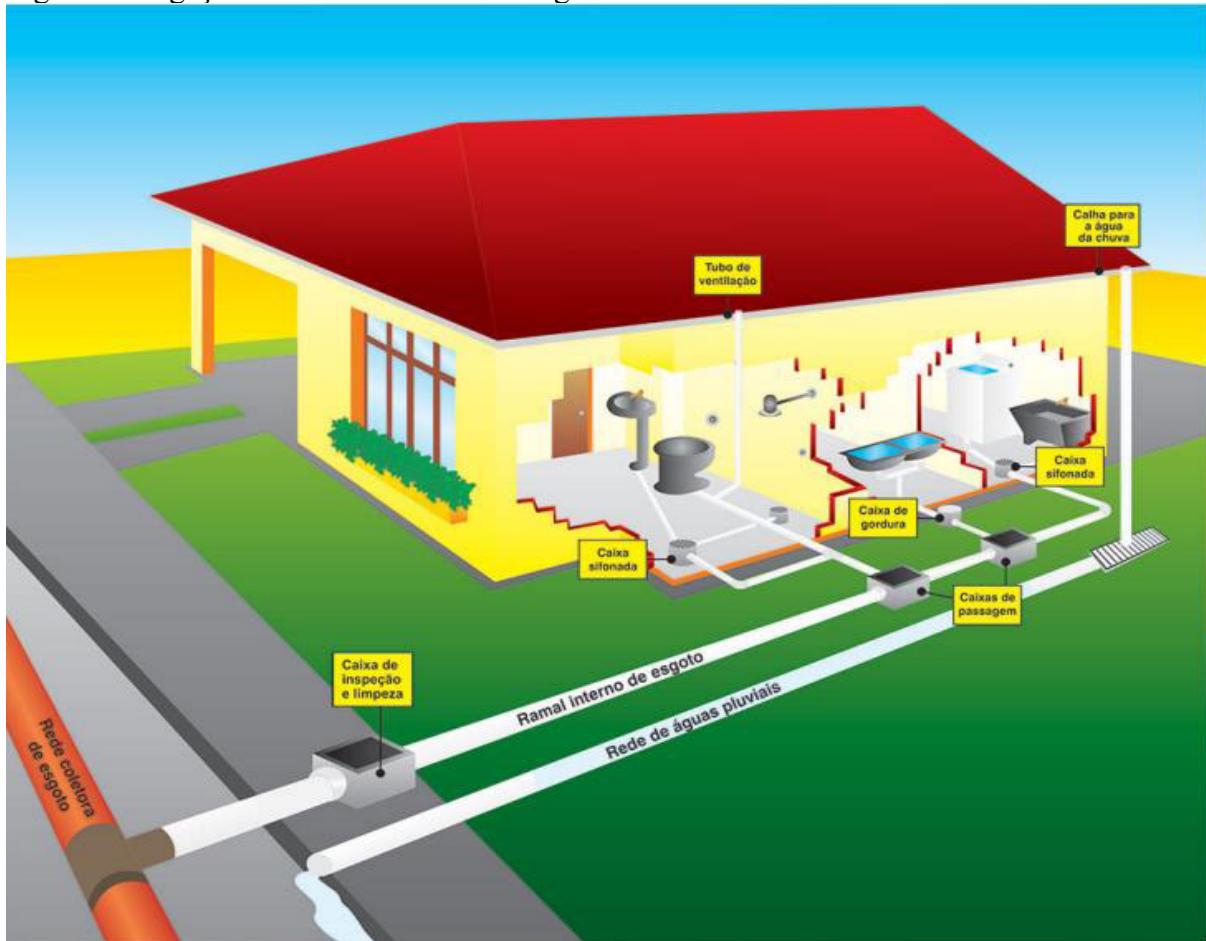


Fonte: Von Sperling (2005).

Já o esgoto industrial, que é proveniente dos processos de fabricação em indústrias, tem sua composição mais variável, a depender do tipo de indústria pelo qual é gerado. Por essas particularidades, o esgoto industrial só pode ser lançado em sistema público de esgotamento caso tenha parâmetros de qualidade parecidos com o do esgoto doméstico. Caso contrário, o mesmo deverá ser tratado em sistema de esgotamento próprio da indústria, seja para lançamento em sistema público ou utilizado para reuso.

A coleta de esgoto sanitário tem como finalidade levar o esgoto doméstico gerado para longe das residências até as estações de tratamento de esgoto. O efluente das residências e dos domicílios são provenientes dos aparelhos sanitários, pias, lavabos, chuveiros, tanques e torneiras. Esse esgoto geralmente vai para os ramais de esgoto internos, chamados de ligações intradomiciliares, do qual passam ainda por caixas de gorduras (caixa na qual a gordura fica retida e a água passa “filtrada”) e caixas de passagem (utilizada para permitir a junção das tubulações do subsistema de esgoto sanitário, além de seu formato e projeto geralmente também permitirem a inspeção dessas tubulações ao retirar a tampa). Essas ligações internas são de responsabilidade do cliente, que deve estar de acordo com o exposto para que o efluente levado até as ligações domiciliares e redes públicas não chegue em condições inadequadas e causem obstruções, entupimentos ou que levem materiais indesejados.

Figura 3 - Ligações intradomiciliares de esgoto.



Fonte: Allevant (2006).

Existem duas tipologias básicas em sistemas de coleta de esgoto sanitário: o sistema coletivo ou dinâmico, que consiste em ligações domiciliares, redes de tubulações, estações elevatórias de esgoto e linhas de recalque, que fazem o transporte do esgoto doméstico e industrial até o tratamento em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e posterior descarte em corpo receptor.

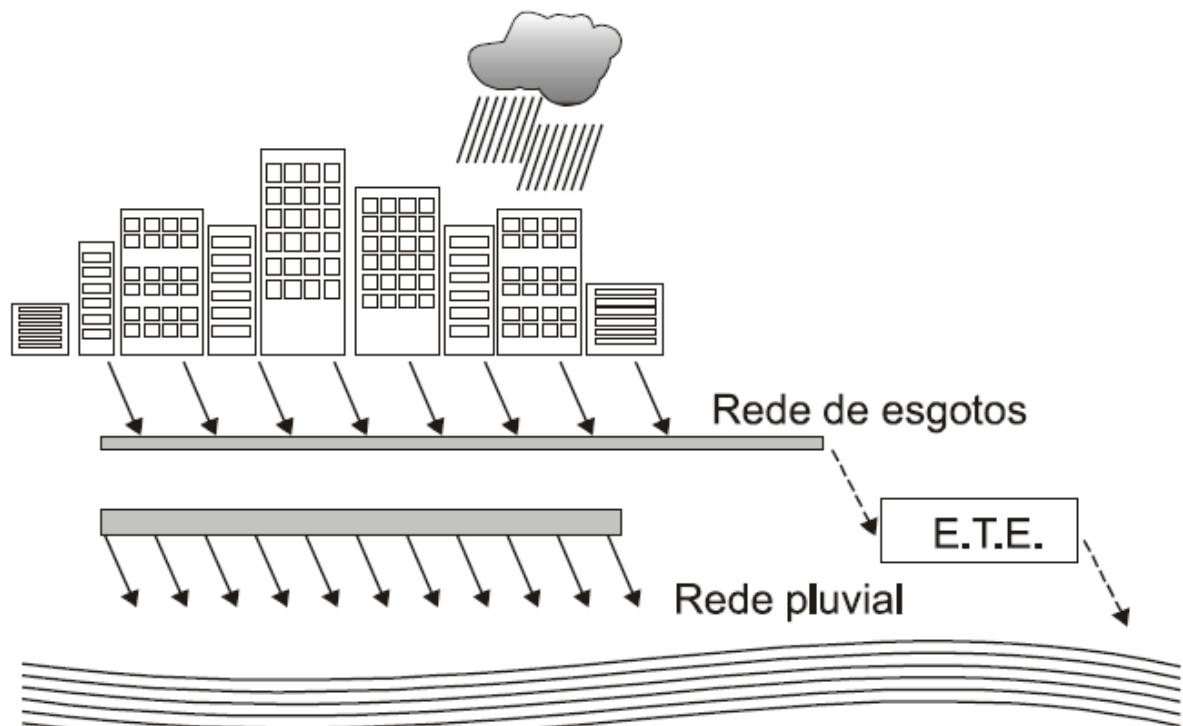
O tratamento de esgoto coletivos tem por finalidade destinar o esgoto coletado em residências e outras edificações para a estação de tratamento de esgoto e posterior descarte em corpo hídrico receptor, por meio de ligações intradomiciliares, redes coletoras (ligação predial, interceptores, coletores troncos, coletor principal, poços de visitas, terminal de limpeza, caixa de passagem e sifões invertidos), estações elevatórias de esgoto (caso necessárias), linhas de recalque e emissários (Tsutiya e Sobrinho, 2011).

Esta forma de tratamento pode ser dividida ainda em sistema separador absoluto, sistema unitário ou sistema separador parcial ou misto. O sistema separador absoluto basicamente consiste na separação absoluta do esgoto sanitário e água de infiltração da água da chuva, sendo

assim necessário ter a rede coletora de esgoto e canalizações de drenagem de águas pluviais separadas. Já para o sistema unitário, o esgoto e as águas pluviais são transportados por uma única canalização. Por fim, no sistema misto, a fração das águas das chuvas, proveniente de telhados e pátios dos domicílios, é conduzida com o esgoto e as águas de infiltração para um único sistema de coleta de esgoto (SINISA, 2021).

No Brasil, utiliza-se em grande maioria o sistema separador absoluto, visto que assim realizam-se obras de menores porte para esgotamento sanitário, já que a vazão de projeto é menor. Além disso, a separação dos condutos garante uma menor variabilidade da qualidade do esgoto, ajudando assim no tratamento, e facilita o descarte das águas pluviais em corpos hídricos receptores mais próximos. Uma desvantagem desse tipo de sistema separador é que não ocorre o tratamento da água da chuva.

Figura 4 - Representação de Sistema Separador Absoluto.



Fonte: Machado, Borja e Moares, 2013.

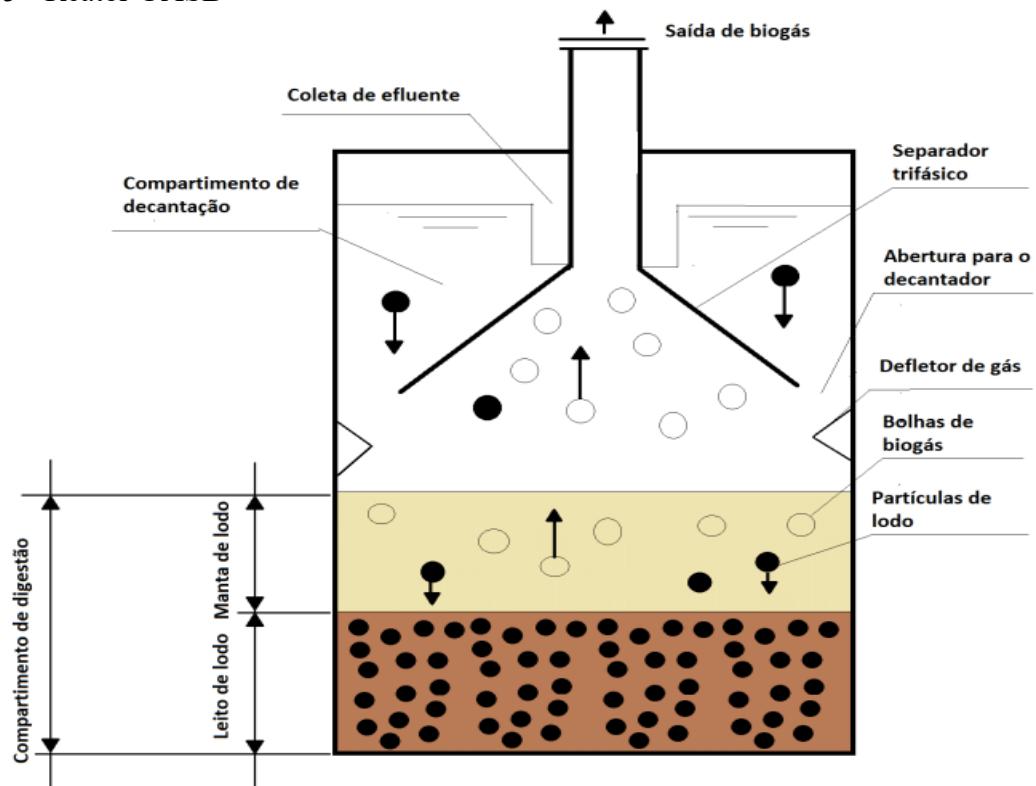
Segundo Von Sperling (2005), a remoção de poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade adequada e desejada, está associada aos conceitos de nível de tratamento e eficiência de tratamento. Sendo assim, o tratamento de esgotos é usualmente dividido em 3 níveis obrigatórios, o tratamento preliminar, o tratamento primário e o tratamento

secundário. Caso haja necessidade e depender da exigência do corpo receptor, pode ser necessário a execução do chamado tratamento terciário.

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção de sólidos grosseiros; já o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, predominando os mecanismos físicos; para o tratamento secundário, onde predominam mecanismos biológicos, com objetivo principal de remoção de matéria orgânica e de nutrientes (nitrogênio e fósforo); e caso necessário, o tratamento terciário destina-se a eliminação de compostos tóxicos, a exemplo de metais pesados, e matérias não biodegradáveis ou, ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário (VON SPERLING, 2005).

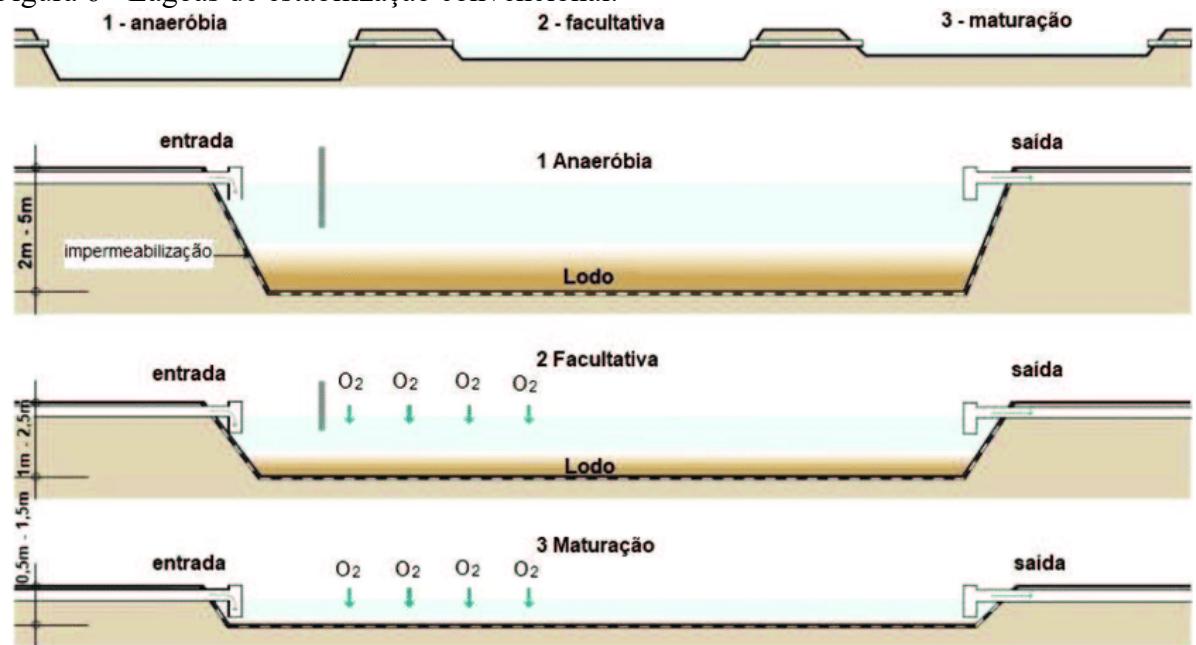
Para o tratamento preliminar, geralmente utiliza-se o sistema de gradeamento (grades finas ou grossas para remover sólidos grosseiros como folhas, pedras, rejeitos), a caixa de areia (para remoção de areia) e um medidor de vazão como a calha Parshall. Já no tratamento primário faz-se uso da tecnologia de decantadores primários, que pode ser removido dependendo da escolha de tratamento realizada. Para o tratamento secundário, existem vários tipos diferentes, a depender de aspectos como objetivos de remoção do tratamento, área disponível, custo e viabilidade. As tecnologias de tratamento secundário mais comum são os reatores anaeróbicos, como os reatores *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), as lagoas de estabilização e o sistema de lodos ativados (VON SPERLING, 2005). Segundo Noyola et al. (2012), as formas de tratamento de esgoto mais utilizadas no Brasil são lagoas de estabilização e reatores UASB.

Figura 5 - Reator UASB



Fonte: Chernicharo (2007).

Figura 6 - Lagoas de estabilização convencional.



Fonte: Pinheiro et al. (2018)

Já o sistema individual ou estático é a metodologia de tratamento de esgoto no qual é utilizada uma solução individual no local da residência, seja por dificuldade técnica na construção de redes coletoras no local (topografia, grande espaçamento ou solo inviável para escavação), sendo mais comumente utilizado em áreas rurais e de menor ocupação. Geralmente esse tipo de sistema utiliza a tecnologia de fossas sépticas com filtros e sumidouros; a disposição do esgoto no solo, que pode ocorrer de quatro maneiras diferentes: infiltração lenta, infiltração rápida, infiltração subsuperficial e escoamento superficial; e alguns outros sistemas como *wetlands* e cerca-viva.

A tabela a seguir mostra as vantagens e desvantagens dos tipos de tecnologias mencionadas.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento de esgoto mais usuais.

Tipo de Sistemas	Vantagens	Desvantagens
<b>UASB + Cloração</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Satisfatória eficiência na remoção de DBO;</li> <li>- Baixos requisitos de área;</li> <li>- Reduzido consumo de energia;</li> <li>- Construção, operação e manutenção simples;</li> <li>- Baixíssima produção de lodo;</li> <li>- Estabilização do lodo no próprio reator;</li> <li>- Necessidade apenas de secagem e disposição final do lodo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivo;</li> <li>- Custo Alto para implantação;</li> <li>- Possibilidade de efluentes com aspecto desagradável;</li> <li>- Remoção de Nitrogênio e Fósforo insatisfatória;</li> <li>- A partida do processo é geralmente lenta;</li> <li>- Relativamente sensível a variações de carga;</li> <li>- Usualmente necessita pós-tratamento</li> </ul>
<b>Filtro Submerso Aerado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada eficiência na remoção de DBO;</li> <li>- Não existe a necessidade de recirculação do lodo;</li> <li>- Reduzidas possibilidades de maus odores;</li> <li>- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração de grande quantidade de lodo</li> <li>- Elevado consumo de energia elétrica</li> <li>- Necessidade do tratamento do lodo para sua disposição final.</li> <li>- Custo elevado de implantação.</li> </ul>
<b>Filtro Biológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boa eficiência na remoção de DBO;</li> <li>- Nitrificação do efluente (dependendo da taxa de aplicação do efluente);</li> <li>- Índice de mecanização relativamente simples.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevados custos de implantação;</li> <li>- Menos flexibilidade operacional que lodos ativados;</li> <li>- Relativa dependência da temperatura do ar;</li> <li>- Elevada perda de carga.</li> </ul>

Tipo de Sistemas	Vantagens	Desvantagens
<b>Lagoas de Estabilização</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Satisfatória eficiência na remoção de DBO;</li> <li>- Construção, operação e manutenção simples;</li> <li>- Requisitos energéticos praticamente nulos;</li> <li>- Satisfatória resistência a variações de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevados requisitos de área;</li> <li>- A simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação);</li> <li>- Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbica;</li> <li>- Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas.</li> </ul>
<b>Lodos Ativados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada eficiência na remoção de DBO;</li> <li>- Nitrificação usualmente obtida;</li> <li>- Possibilidade de remoção biológica de Nitrogênio e Fósforo;</li> <li>- Baixos requisitos de área;</li> <li>- Processo confiável, desde que supervisionado;</li> <li>- Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes;</li> <li>- Flexibilidade operacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevados custos de implantação e operação;</li> <li>- Elevado consumo de energia;</li> <li>- Necessidade de operação sofisticada;</li> <li>- Elevado índice de mecanização;</li> <li>- Relativamente sensível a descargas tóxicas;</li> <li>- Necessidade de tratamento completo do lodo e da sua disposição;</li> <li>- Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis.</li> </ul>
<b>Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixos requisitos de área;</li> <li>- Baixos custos de implantação e operação;</li> <li>- Reduzido consumo de energia;</li> <li>- Construção, operação e manutenção simples;</li> <li>- Baixíssima produção de lodo;</li> <li>- Estabilização do lodo no próprio reator;</li> <li>- Boa desidratabilidade do lodo;</li> <li>- Rápido reinício após período de paralisação;</li> <li>- Boa resistência à variação de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivo;</li> <li>- Possibilidade de efluentes com aspecto desagradável;</li> <li>- Remoção de Nitrogênio e Fósforo insatisfatória;</li> <li>- Possibilidade de maus odores (embora possa ser controlados);</li> </ul>
<b>Wetlands</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada eficiência na remoção de DBO e de coliformes;</li> <li>- Boa resistência a variação de cargas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado requisito de área;</li> <li>- Possibilidade de contaminação de vegetais a serem consumidos, caso seja</li> </ul>

Tipo de Sistemas	Vantagens	Desvantagens
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Satisfatória eficiência na remoção de Nitrogênio e Fósforo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>aplicado indiscriminadamente;</li> <li>- A aplicação deve ser suspensa ou reduzida nos períodos chuvosos.</li> </ul>

Fonte: Noyola et al. (2012). Adaptado de Zoia (2019).

Assim, fica evidente que cada tipo de tecnologia possui vantagens e desvantagens bem definidas, sendo necessário em projetos de engenharia avaliar fatores tais quais a necessidade básica de tratamento para o tipo de esgoto do local, a área para a execução disponível, a mão de obra operacional e principalmente a relação entre o custo de implantação e a demanda atendida.

### 3.4.2 Premissas das vazões de projeto de Sistemas de Esgotamento

A compreensão dos parâmetros utilizados para os dimensionamentos das vazões de um sistema de esgotamento sanitário (SES) são fundamentais para garantir eficiência e longevidade dele. Segundo o descrito por Gardi e Pachecho (2024), esses parâmetros orientam os projetos de engenharia na construção dos sistemas básicos de esgotamento como redes coletoras, interceptores, coletores troncos, estações elevatórias de esgoto, estações de tratamento de efluentes e emissários. A escolha desses parâmetros de forma correta é essencial para que seja possível atender as demandas da população atual e futura de projeto, além de que um dimensionamento adequado pode maximizar a operação das componentes do sistema e minimizar os custos operacionais.

Na elaboração dos projetos, os cálculos das vazões de contribuições de efluente das redes de esgotos sanitários utilizam as fórmulas clássicas de Azevedo Netto (1998), que citam as contribuições das normas brasileiras como a ABNT NBR 9.649/1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário e a ABNT NBR 9.648/1986 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Para calcular a vazão de contribuição máxima de esgoto, usam-se as seguintes equações:

- $Q_{demanda} = \frac{P*CPC*CR*}{86.400};$
- $Q_{infiltração} = Ti * L;$
- $Q_{média} = Q_{demanda} + Q_{infiltração};$

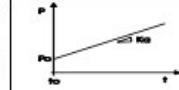
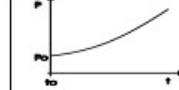
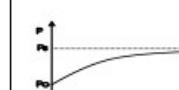
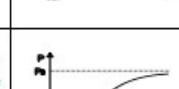
$$\cdot Q_{máxima} = Q_{média} * k1 * k2;$$

onde:

- P = População de projeto (habitantes);
- CPC = Consumo *per capita* (L/hab.dia);
- CR = Coeficiente de retorno;
- K1 = Coeficiente do dia de maior consumo;
- K2 = Coeficiente da hora de maior consumo;
- Ti = Taxa de Infiltração (L/s/km);
- L = Extensão da rede coletora (km);

**1. População de Projeto (P):** A população de projeto de um estudo de sistemas de engenharia é imprescindível, pois ela se refere ao número de habitantes que serão atendidos pelo sistema planejado. Essa estimativa deve ser realizada ao longo do tempo, já que deverá ocorrer um crescimento populacional na área estudada. Segundo Martinelli et al. (2014), a determinação de uma população de projeto correta é essencial pois ela pode causar tanto um superdimensionamento tornando o sistema ocioso como pode dimensionar partes de sistemas menores que não suportem as vazões de chegada. De maneira geral, a projeção da população futura é realizada por meio da extrapolação da curva de crescimento populacional, a partir do ajuste de funções matemáticas baseadas nos dados censitários do IBGE.

Figura 7 - Métodos matemáticos de projeção populacional.

Método	Descrição	Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coeficientes (se não for efetuada análise da regressão)
Projeção aritmética	Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$\frac{dP}{dt} = K_a$	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Projeção geométrica	Crescimento populacional função da população existente a cada instante. Utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P$	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$ ou $P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$ ou $i = e^{K_g} - 1$
Taxa decrescente de crescimento	Premissa de que, na medida em que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear.		$\frac{dP}{dt} = K_d \cdot (P_s - P)$	$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \cdot [1 - e^{-K_d \cdot (t - t_0)}]$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $K_d = \frac{-\ln[(P_s - P_2)/(P_s - P_0)]}{t_2 - t_0}$
Crescimento logístico	O crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear. Condições necessárias: $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 \cdot P_2 > P_1^2$ . O ponto de inflexão na curva ocorre no tempo $[t_0 - \ln(c)/K_1]$ e com $P_t = P_s/2$ . Para aplicação das fórmulas, os dados devem ser equidistantes no tempo.		$\frac{dP}{dt} = K_1 \cdot P \left( \frac{P_s - P}{P_s} \right)$	$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{K_1 \cdot (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_0)/P_0$ $K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[ \frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right]$

Fonte: Qasim (1985).

**2. Consumo Per Capita (CPC):** O consumo *per capita* pode ser entendido como o total de água consumido em um dia por uma pessoa expresso em L/hab.dia, a partir dos registros operacionais do sistema de abastecimento de água. A quantidade de água consumida por uma população varia conforme a existência ou não de abastecimento público, a proximidade de água do domicílio, o clima e os hábitos da população (ALMEIDA, 2007).

**3. Coeficiente de Retorno (CR):** É a relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida, ou seja, é a quantidade de água que se transforma em esgoto em um sistema de saneamento (ANA, 2022). Geralmente utiliza-se um coeficiente de 80% nos projetos de sistemas de esgotamento, ou seja, considera-se que 80% de toda a água consumida vira esgoto, já que existem as perdas físicas de água.

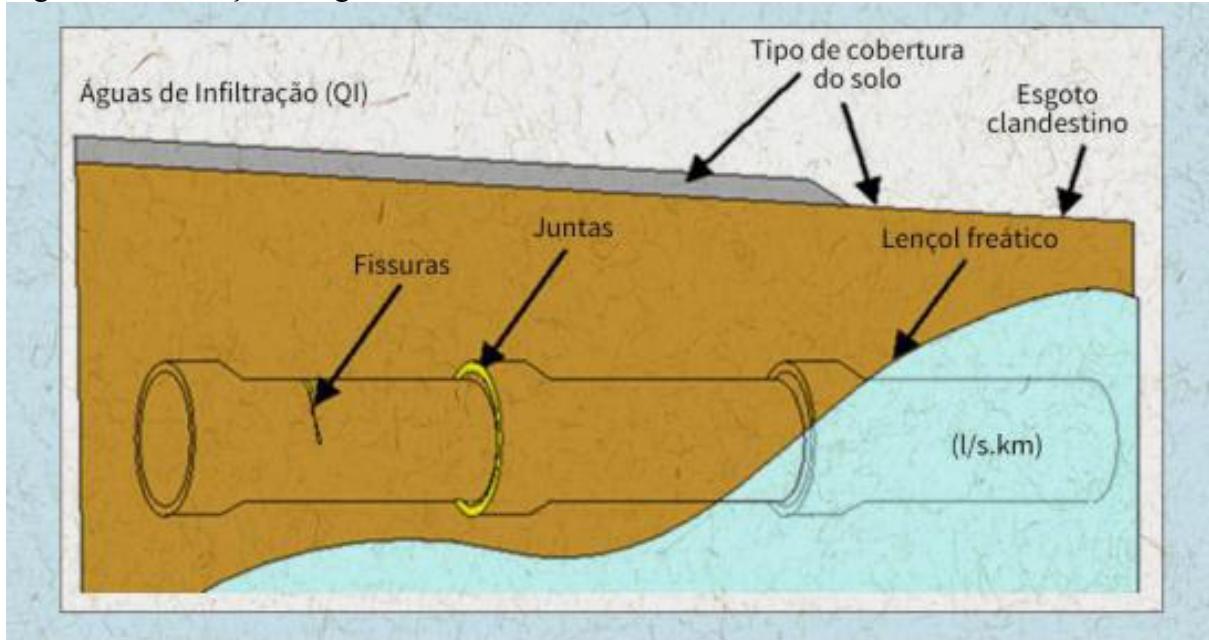
**4. Coeficiente do dia de Maior Consumo (K1):** É dado pela relação entre o maior consumo diário verificado e a vazão média anual, que fornece o coeficiente do dia em que se teve a maior demanda de abastecimento de água. Segundo Azevedo Netto et al. (1998) os valores mais usuais de K1 são entre 1,1 e 1,4, porém a NBR 9.649 recomenda que, na ausência de valores medidos, é aconselhável utilizar 1,2.

**5. Coeficiente da hora de maior consumo (K2):** É a relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo.

Novamente, Azevedo Netto et al. (1998) estipula que os valores usuais de  $K_2$  são de 1,5 a 2,3, e a NBR 9.649 recomenda que na ausência de valores medidos é aconselhável utilizar 1,5.

**6. Taxa de Infiltração (Ti):** Na rede de esgotamento sanitário, a taxa de infiltração refere-se à quantidade de água que penetra nos tubos e coletores da rede de esgoto devido a falhas estruturais, rachaduras ou conexões mal vedadas. A infiltração dessa água pode ocorrer em vários pontos da rede, desde a coleta nos domicílios até a estação de tratamento (SILVA. 2022). Segundo a NBR 9.649, os valores da taxa de infiltração podem variar entre 0,05 a 1 L/s/km a depender de características como nível do lençol freático, tipo de material utilizado, natureza do subsolo e a qualidade da execução da rede.

Figura 8 - Infiltração de água em redes coletoras.



Fonte: FUNASA (2016).

### 3.5 Administração da Prestação dos Serviços de Esgoto e PPPs

#### 3.5.1 Formas de Organização das Prestadoras de Serviços

A prestação dos serviços de esgotamento sanitário pode ocorrer de algumas formas diferentes, seja pela forma de prestação dos serviços, da abrangência dos mesmos ou segundo a natureza jurídico-administrativa das prestadoras. Quanto a abrangência da prestação dos serviços, a prestadora pode ser local (prestador de serviço que atende a um único município),

microrregional (prestador de serviço que atende pelo menos 2 municípios, limítrofes ou não) ou regionais (prestador de serviço que atende a diversos municípios, limítrofes ou não).

A forma da prestação dos serviços pode ser dividida em direta ou indireta, sendo a direta realizada por meio de órgão da administração pública direta do município, ou seja, a própria prefeitura municipal, e a indireta, que consiste na descentralização das prefeituras municipais para as autarquias e empresas ou por delegação para outras entidades como empresas privadas, sociedades de economia mista, empresas públicas, consórcios públicos e organizações sociais (HELLER, 2012).

Segundo Roland, Rezende e Heller (2020), quanto a natureza-jurídica da prestadora do serviço, como explicitado acima, podem ser de administração direta (geridas pela própria prefeitura), autarquias (com autonomia administrativa e patrimônio próprio e sob controle do município ou Estado), sociedades de economia mista (com capital público e privado, tendo gestão pública ou com participação dos sócios privados), empresas públicas (formado por uma ou mais entidades de capital exclusivamente público), empresas privadas (formado e administrado por empresas de capital integralmente privado) e organizações sociais (formado por entidades civis sem fins lucrativos com delegação para administrar serviços).

### **3.5.2 Parcerias Público Privadas no Saneamento**

As Parcerias Público Privadas (PPP) são um tipo de contrato administrativo entre o poder público e alguma empresa privada de prestação de serviços, durante um determinado período de vigência que tem prazo máximo de 35 anos. Esse tipo de contrato de parceria é regulamentado pela Lei Nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004, conhecida como Lei das PPPs, que institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público privada. Segundo a lei, podem ser vedadas as celebrações dos contratos quando: 1) o valor de contrato seja menor que 10 milhões; 2) o período de prestação do serviço seja inferior a 5 anos; 3) que tenha o objetivo único de fornecimento de mão de obra, o fornecimento e a instalação de equipamentos ou a execução de obra pública (BRASIL, 2004).

As PPPs não devem ser confundidas com as privatizações, que é quando ocorre a venda dos ativos ou transferências dos serviços públicos a empresas privadas, ou com as concessões totais, nas quais acontece a transferência da prestação do serviço público a iniciativa privada por tempo indeterminado. No processo de parceria público privada, realiza-se ou uma concessão administrativa, na qual não se cobra tarifa dos usuários do serviço para a remuneração da concessionária, mas sim uma concessão do serviço público onde o poder

concedente irá arcar com a remuneração do concessionário ao longo do contrato, ou uma concessão patrocinada, na qual a remuneração da prestadora do serviço terá como base tarifas cobradas para os usuários (BRASIL, 2004).

No Brasil, as PPPs cada vez mais estão ganhando espaço no setor de esgotamento sanitário. Como exemplo dessas parcerias podemos citar a PPP da Companhia de Saneamento Básico do Estado do Mato Grosso do Sul (Sanesul), com a empresa Ambiental MS Pantanal, parte do grupo de consórcio Aegea Saneamento, que teve contrato de 35 anos firmado em 2021 e com valores previstos de investimento da ordem de R\$ 3,8 bilhões, sendo R\$ 1 bilhão de reais da iniciativa privada, com expectativa de assegurar esgotamento sanitário para 1,7 milhões de pessoas dos 68 municípios onde a companhia de saneamento detém a concessão dos serviços até o ano de 2031 (SANESUL, 2024).

Outra PPP que teve destaque foi a da Companhia de Saneamento do Rio Grande do Sul (Corsan), também com o consórcio da Aegea Saneamento, que teve o processo de licitação em 2019 e com assinatura do contrato de parceria de 35 anos em março de 2020. Essa parceria teve uma proposta de 2,23 bilhões de reais, sendo 1,86 bilhões de reais investidos do parceiro privado, e com expectativa do aumento de cobertura de esgoto de 14 para 87,3% em até 11 anos nos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Eldorado do Sul, Esteio, Gravataí, Guaíba, Sapucaia do Sul e Viamão, com uma população inicial beneficiada em 500 mil habitantes e, até 2055, de 1,7 milhões de pessoas. Em 2023, no entanto, a Corsan virou uma empresa 100% privatizada, com a compra da estatal pela Aegea no valor de R\$ 4,151 bilhões (CORSAN, 2024).

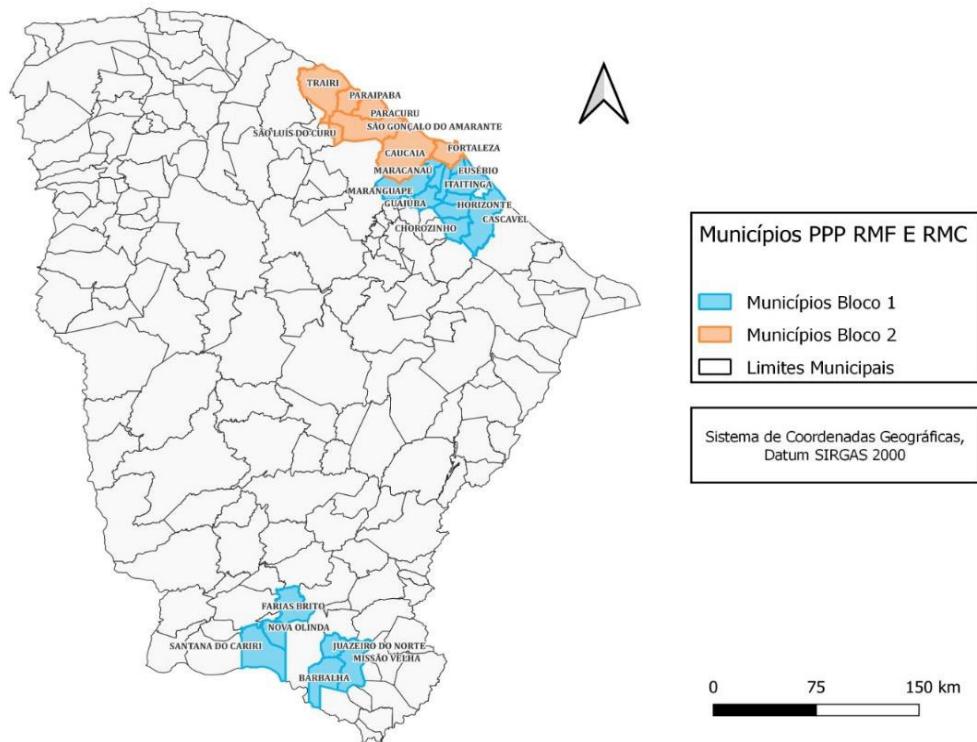
A BRK Ambiental também tem contrato de parceria de 35 anos com a Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa). A BRK venceu o leilão da companhia em 2013, no qual estabeleceu um investimento de 6,7 bilhões de reais até 2037 para a universalização do tratamento de esgoto no Estado de Pernambuco. No período de 11 anos (2013 até 2024), a estatal recuperou todos os sistemas de esgotamento sanitário existentes e iniciaram a implantação dos novos SES, com R\$ 3 bilhões já investidos até o momento, sendo R\$ 2,8 bilhões investidos da iniciativa privada (COMPESA, 2024).

Outras PPPs também merecem destaque, como a PPP da Companhia Espírito-santense de Saneamento (Cesan), que já tem a execução de 2 processos de parceria e recentemente abriu audiência pública em novembro de 2023 para sua 3 parceria, com leilão previsto para outubro de 2024, com contratos previstos na casa de R\$ 7,13 bilhões e R\$ 1,77 bilhões investidos pela parceira privada, com contratos de vigência de 25 anos em 43 municípios do Espírito Santo, beneficiando 1,18 milhões de habitantes, com meta de universalização da Região Metropolitana

da Grande Vitória até 2026 e dos municípios restantes até 2031 (CESAN, 2024). Outra PPP que está em andamento é a da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), que já tem contrato de parceria firmado com a Ambiental Paraná, em 16 municípios do Centro Litoral do Estado, com contrato de vigência de 24 anos e 1,1 bilhões de reais em investimentos previstos para atender 421 mil paranaenses (SANEPAR, 2024).

Uma parceria pública privada recente de grande destaque é a que existe entre a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) e a Ambiental Ceará, também do consórcio Aegea Saneamento, com contrato assinado em fevereiro de 2023 e vigência de 30 anos no valor de 6,2 bilhões de reais em investimentos em obras e 2,6 bilhões da iniciativa privada, beneficiando mais de 4,3 milhões de cearenses nos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza, incluindo a capital, e na Região Metropolitana do Cariri, como podem ser observados na Figura 9 (CAGECE, 2024).

Figura 9 - Mapa com os Blocos e municípios integrantes da PPP da RMF e RMC do Estado do Ceará.



Fonte: Ipece (2024). Elaborado pelo Autor (2024).

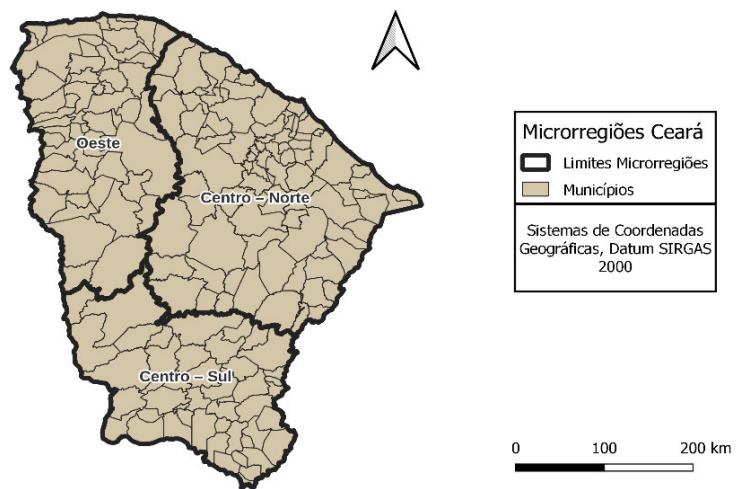
### 3.6 Caracterização Geral do Estado do Ceará

O Ceará faz parte da região Nordeste do país, banhado pelo Oceano Atlântico em sua parte norte e fazendo divisa com quatro Estados: Paraíba a leste, Pernambuco ao sul, Piauí ao oeste e Rio Grande do Norte também ao leste. De acordo com o último censo realizado em 2022 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ceará tem 148.894,447 km<sup>2</sup> de área territorial e 1.594 km<sup>2</sup> de área urbanizada, sendo o 12º maior Estado do Brasil em expansão territorial, e conta com uma população residente de 8.794.957 pessoas, sendo assim o 8º Estado mais populoso do país, chegando a uma densidade demográfica de 59,07 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2022).

Possui 184 municípios, dos quais 19 fazem parte da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), conhecida também como Grande Fortaleza. Nessa região estão presentes alguns dos maiores municípios do Estado, além de ser detentora de mais da metade do Produto Interno Bruto (PIB) do Ceará. Somente a capital, Fortaleza, no ano de 2023, segundo dados do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), é responsável por 37,68% (R\$ 73,43 bilhões) do PIB estadual de R\$ 194,88 bilhões (IPECE, 2024). O Ceará possui um Índice de Desenvolvimento Humano de 0,734, o que o classifica como um IDH alto (entre 0,7 e 0,8) (IBGE, 2024).

As Microrregiões de Água e Esgoto (MRAE) são uma divisão criada pelo Estado do Ceará, regulamentada pela Lei Federal 14.026/2020, na qual especifica: “prestação regionalizada dos serviços, com vistas à geração de ganhos de escala e à garantia da universalização e da viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços” (Art. 2º, Inciso XIV) (BRASIL, 2020). Essas regiões são formadas por grupos de municípios próximos geograficamente, por meio da delimitação das bacias hidrográficas, a divisão da infraestrutura operacional dos serviços de saneamento básico, bem como as particularidades sociais, econômicas e políticas dos territórios envolvidos, de forma a facilitar o planejamento, a organização e a execução de funções públicas para o setor. No Ceará, existem 3 MRAEs: Oeste, Centro-Norte e Centro-Sul. Essas regiões foram estabelecidas segundo os critérios listados acima e ainda na prerrogativa de cada uma das microrregiões abrigarem uma região metropolitana do Estado (Região Metropolitana de Fortaleza na MRAE Centro-Norte, Região Metropolitana de Sobral na MRAE Oeste e Região Metropolitana do Cariri na MRAE Centro-Sul).

Figura 10 - Microrregiões de Água e Esgoto do Estado do Ceará.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa realizada tem um caráter de abordagem qualquantitativa, na qual busca-se fazer um levantamento quantitativo dos dados levantados para depois realizar uma análise mais subjetiva, que é qualitativa. Segundo Minayo (1997), numa pesquisa científica, os tratamentos quantitativos e qualitativos dos resultados podem ser complementares, enriquecendo a análise e as discussões finais.

No que diz respeito aos procedimentos técnicos, será realizado uma pesquisa bibliográfica, que é aquela que se desenvolve tentando explicar um problema a partir das teorias publicadas em diversos tipos de fontes: livros, artigos, manuais, enciclopédias, anais, meios eletrônicos, entre outros. Também será realizada uma pesquisa documental, que se dá por meio da análise de materiais que ainda não foram tratados de forma analítica e podem ser atualizados para complementação ou reestruturação, podendo servir de base para outros estudos (DUARTE, 2022). As fontes da pesquisa documental são documentos, usando-se, por exemplo, cartas, diários, regulamentos, ofícios, estatutos e estudos técnicos. Os dados aqui tratados serão dados primários e secundários.

Em relação ao objetivo, as pesquisas podem ser exploratórias, descritivas ou explicativas. No caso desse trabalho, trata-se de uma pesquisa descritiva. Quanto à natureza, tem o cunho de pesquisa aplicada, que objetiva gerar conhecimentos novos e aplicá-los na resolução de problemas específicos.

### 4.2 Coleta de Dados e Informações

Para o diagnóstico do esgotamento sanitário do Ceará, foram levantados dados como índices de coleta de esgotos, número de ligações de esgoto ativas, prestadores de serviços e totais de extensões de rede coletoras, todos disponíveis tanto no site do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SINISA) por meio do Painel de Indicadores, nos Diagnósticos Temáticos anuais elaborados e na série histórica, além de dados obtidos na Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) por meio de solicitação no Portal da Transparência com Número de Protocolo 7022394 (ANEXO F), como extensões de redes coletoras, número de ligações totais de esgoto, área de abrangência da companhia e índices de cobertura de esgoto e atendimento de esgoto.

Também foi realizado o levantamento de documentos como projetos e estudos de engenharia, planilhas de custo e investimentos previstos e documentos referenciais dos estudos de municípios participantes de diversas parcerias público privadas de Estados e companhias, como Corsan, Compesa, Sabesp, Sanebrasil, Sanepar, Cagece entre outros, todos presentes nos sítios eletrônicos das companhias de saneamento, com a finalidade de realizar o estudo de *benchmarking* e obter valores de premissas e tecnologias alternativas utilizadas em outras regiões.

Ainda foram utilizados os softwares de ferramentas GIS para o levantamento de arruamentos, logradouros, limites municipais, microrregiões de água e esgoto, unidades de negócio e outros fatores para a elaboração de mapas em combinação com os bancos de dados do sistema do IBGE e das bases cartográficas disponibilizadas pelo IPECE. As simulações das vazões, e os cálculos de formação de preço para as premissas como do TIL foram realizadas por meio do Microsoft Excel.

#### **4.3 Análise dos Planos Municipais de Saneamento Básico**

Foram feitas as análises dos PMSBs de cada município, que constam o diagnóstico situacional, os objetivos e as metas de curto, médio e longo prazos para a universalização; os programas, projetos e ações necessários para alcançá-la; as ações de emergência e contingência; além dos mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas para atendimento do esgoto. Foram constatadas as quantidades de Planos Municipais existentes para os 184 municípios do Ceará e a situação quanto ao atingimento de metas de universalização dos planos existentes. Os PMSBs foram obtidos por consulta pública nos bancos de dados dos sites da Agência Reguladora do Estado do Ceará (ARCE), da Associação dos Municípios do Estado do Ceará (APRECE), da Secretaria de Cidades (SCIDADES), do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e no site da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).

Foi realizado uma caracterização geral de todos os PMSBs quanto as metas de curto, médio e longo prazo e depois foram escolhidos 20 municípios que são atendidos pela Cagece para comparação das metas estabelecidas nos planos e comparados com os índices de cobertura atuais. O critério de escolha dos 20 municípios foi a data de elaboração do PMSB, sendo escolhidos 10 para os anos de elaboração para 2019, a fim de realizar a consulta das metas de curto prazo (0-5 anos), e 10 para os anos de 2012, para analisar as metas de longo prazo (5 a 12 anos).

#### 4.4 Metodologias dos Cálculos das Premissas de Engenharia

A escolha das duas premissas de engenharia do estudo se deu pelo fato de serem as alternativas com maior capacidade de alteração e referencias para tal. Como pode ser observado nas figuras abaixo, a Cagece e outras companhias de saneamento já atuam com os menores valores de K1 e K2 recomendado pelas normas, sendo de 1,2 e 1,5 respectivamente.

Figura 11 - Valores de K1 adotado por companhias de saneamento do Brasil.

ESTADO	Valores adotados	
	K <sub>1</sub>	Fonte
São Paulo	1,2 a 1,5	Sabesp
Bahia	1,2 a 1,3	Embasa
Paraíba	1,2	Cagepa
Pernambuco	1,2	Compesa
Ceará	1,2	Cagece
Pará	1,2	Cosanpa

Fonte: Barbosa (2007).

Figura 12 - Valores de K2 adotado por companhias de saneamento do Brasil.

ESTADO	Valores adotados	
	K <sub>2</sub>	Fonte
São Paulo	1,5 a 2,5	Sabesp
Paraná	1,5 a 2,5	Sanepar
Pernambuco	1,5	Compesa
Bahia	1,5 a 2,5	Embasa
Paraíba	1,5	Cagepa
Ceará	1,5	Cagece
Pará	1,5	Cosanpa

Fonte: Barbosa (2007).

O mesmo acontece para o coeficiente de retorno. Fazendo um benchmarking com os valores utilizados nas normas técnicas de companhias pelo Brasil, é possível notar que existe um consenso quanto a utilização do coeficiente de retorno de esgoto.

Tabela 2 - Valores de Coeficiente de retorno adotado em notas técnicas de projetos de sistemas de esgotamento por companhias estaduais brasileiras.

Companhia	Nota Técnica ou Projeto	Coeficiente de Retorno Adotado
<b>Sabesp</b>	NTS0025	0,8
<b>Cagece</b>	NIT0043	0,8
<b>Sanesul</b>	Modelagem Técnica Estudos PPPs	0,8
<b>Compesa</b>	GPE-NI-003-04	0,8

Fonte: Sabesp, Cagece, Sanesul, Compesa (2024).

Já para a comparação com os coeficientes de demanda e taxa de infiltração, percebe-se a utilização de valores diferentes a depender das companhias.

Tabela 3 - Valores de consumo *per capita* e taxa de infiltração adotado em notas técnicas de projetos de sistemas de esgotamento por companhias estaduais brasileiras.

Companhia	Nota Técnica ou Caderno	Consumo <i>Per Capita</i> adotado (L/hab.dia)	Taxa de infiltração Adotada (L/s/km)
<b>Sabesp</b>	NTS0025	Deve ser estimado	0,1 ou 0,5
<b>Cagece</b>	NIT0043	Deve ser estimado	0,25
<b>Sanesul</b>	Caderno Metodologia Estudos PPPs	150 / 180 a depender do tamanho da população	0,1 a 0,25
<b>Sanepar</b>	Caderno Metodologia Estudos PPPs	Deve ser estimado, adotando-se um mínimo de 125	0,1 a 0,2
<b>Compesa</b>	GPE-NI-003-04	120 / 150 / 170 a depender do tamanho da população	Não especifica

Fonte: Sabesp, Cagece, Sanesul, Sanepar, Compesa (2024).

Assim, é possível perceber um grau de incerteza maior quanto a escolha dos parâmetros de consumo *per capita* e taxa de infiltração do que de outros parâmetros para o cálculo das vazões de projetos de sistemas de esgotamento sanitário.

No que diz respeito as alternativas menos onerosas para implantação de ligações de esgoto e estações de tratamento, a escolha dessas duas etapas do tratamento se deu pelo estudo realizado pelo Ministério das Cidades (2011), a Nota Técnica SNSA Nº 492/2010.

Figura 13 - Referência de Composição Porcentual do Custo Global para Sistema de Esgotamento Sanitário.

INDICADOR	ESPECIFICAÇÃO	REGIÃO	PORCENTUAL (%)					
			Ligações	E.E + LR	Coleta	ETE	Emissário	Global
IES_CG%	Composição porcentual do Custo de Sistema de Esgotamento Sanitário	Centro Oeste	13	6	47	33	2	100
		Nordeste	21	8	42	23	6	100
		Norte	23	5	37	31	4	100
		Sudeste	27	7	34	28	4	100
		Sul	14	7	56	21	2	100
IES_CGN%	Composição Média do Custo Global	BRASIL	20	7	43	27	4	100

Fonte: Ministério das Cidades (2011).

Percebe-se que para além das redes coletoras que já serão tratadas com os parâmetros de dimensionamento descritos acima, os valores de estações de tratamento e ligações são respectivamente os segundos e terceiros maiores valores de composição de um sistema de

esgotamento sanitário, o que mostra a importância de se buscar alternativas com preço de mercado mais competitivo.

#### 4.4.1 Coleta *per capita*

Para a escolha de um valor ou intervalo de coleta *per capita*, foram utilizados dados da série histórica do SINISA 2022 sobre os índices de Hidrometração e os consumos *per capita* dos municípios do Ceará, além da análise de alguns PMSBs como dos municípios de Aracati, Itapipoca, Marco, Russas, Tauá, Viçosa do Ceará, Mauriti, Martinópole e Quixadá, além da comparação com benchmarking para os valores adotados para os municípios da Sanesul e Sanepar, por meio de uma análise de estatística básica.

#### 4.4.2 Vazão de Infiltração e Taxa de Infiltração

A escolha da vazão de infiltração é uma premissa muito importante para o projeto em termos de dimensionamento da vazão de contribuição gerada no sistema a ser construído. A vazão de infiltração nada mais é que a parcela de água que entra na rede de esgoto de forma externa ou indevida. Existem dois modos dessa contribuição indevida ocorrer nas redes: as águas parasitárias ou por meio de infiltração. Desse modo, a escolha do valor da taxa de infiltração altera显著mente o valor da vazão de infiltração, que por sua vez aumenta o valor da vazão de demanda do projeto. Para a simulação realizada para comparação da contribuição de vazão de infiltração, foram utilizados os valores de taxas de 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 e 0,50 L/s/km. Para o cálculo das vazões foram utilizadas as equações de projeto descritas no quadro abaixo.

Quadro 1 - Equações utilizadas para o cálculo das vazões dos projetos.

Vazão de Demanda	$Q_{\text{demanda}} = \frac{CPC \times CR \times P}{86.400} \text{ (L/s)}$
Vazão de Infiltração	$Q_{\text{infiltração}} = T_{\text{inf}} \cdot L_{\text{rede}} \text{ (L/s)}$
Vazão Média de Projeto	$Q_{\text{média}} = Q_{\text{demanda}} + Q_{\text{infiltração}} \text{ (L/s)}$
Vazão Máxima de Projeto	$Q_{\text{máxima}} = Q_{\text{média}} \cdot K1 \cdot K2 \text{ (L/s)}$

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

- CPC = Consumo *Per Capita* (L/hab.dia); CR = Coeficiente de Retorno; P = População Atendida (hab);  $T_{\text{inf}}$  = Taxa de Infiltração (L/s/km);  $L_{\text{rede}}$  = Extensão Da Rede (Km); K1 = Coeficiente Dia de Maior Consumo; K2 = Coeficiente Hora de Maior Consumo.

Os valores usados para os coeficientes foram retirados da Cagece em sua Norma Interna Técnica 0043 – Estudo de Concepção, e são os valores que a ABNT NBR 9.649/1986 – Projeto de redes coletoras de. As informações das extensões de redes necessárias para a universalização das sedes municipais de Jagaruana e Quixeré foram obtidas nos Planos Municipais de Saneamento Básico dos dois municípios, nos itens 8.3 – Soluções e Alternativas Tecnológicas Para os Serviços, subitem 8.3.2 – Esgotamento sanitário.

Ademais, para outra análise mais profunda da taxa de infiltração a ser utilizada, foram feitas constatações por meio de *benchmarking* para o uso de valores de taxas de infiltração em projetos congêneres de saneamento no país. No caso da Parceria Pública Privada da Empresa de Saneamento Básico de Mato Grosso do Sul (SANESUL), foram levantados, por meio de pesquisa pública no próprio site da SANESUL, no item Consulta e Audiência Pública 01/2020 – PPP Esgotamento Sanitário – Sistemas propostos de esgotamento sanitário - os valores de taxa de infiltração utilizados para os 69 municípios do Estado que fizeram parte do escopo da PPP. O mesmo levantamento foi feito para os municípios participantes da Parceria Pública Privada da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), que contou com a presença de 16 cidades.

Por meio do site do Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima do Mato Grosso do Sul (CEMTEC MS), em parceria com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar (SEMAPRO), foi possível analisar os dados pluviométricos e os boletins de chuva para alguns dos municípios do Mato Grosso do Sul e do Paraná.

Figura 14 - Prognóstico do SES para a sede do município de Jaguaruana – CE no PMSB.

Área	Tabela 113: Soluções esgotamento sanitário – Sede	
	Solução coletiva	Prognóstico
<b>Área urbana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de esgotamento sanitário – Sede <ul style="list-style-type: none"> <li>Rede coletora = 61,6 km</li> <li>Número de ligações = 7.246 ligações.</li> <li>ETE com capacidade para tratar a vazão média de aproximadamente 26L/s.</li> </ul> </li> <li>Kits sanitários sem fossa séptica + sumidouro = 1.416 unidades.</li> </ul>	
<b>Área rural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soluções individuais <ul style="list-style-type: none"> <li>Fossa séptica + sumidouro = 533 unidades.</li> <li>Kits sanitários com fossa séptica + sumidouro = 398 unidades.</li> </ul> </li> </ul>	



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Jaguaruana (2021).

#### 4.4.3 Ligações Domiciliares

Para a comparação entre ligações domiciliares de esgoto, foram feitas as composições de custo para os dois tipos de padrões utilizados: I) Caixa de inspeção com paredes em alvenaria (60x60x60), fundo em concreto simples e tampa em concreto armado e; II) Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL).

Para a composição do custo da implantação da ligação domiciliar com a caixa de inspeção, foram utilizadas as tabelas SEINFRA 28.1 desonerada e SINAPI, para a composição dos serviços (demolição de pavimentos e pisos, escavação, posterior recomposição de pavimento e pisos, transporte de solos e rejeitos) e custos de materiais (caixa de inspeção, rede DN 150mm, coletor predial, tubulações, selim, curvas). Para a composição do custo da implantação da ligação domiciliar com o Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL), foram utilizadas também as tabelas SEINFRA 28.1 e SINAPI, para a composição dos serviços e materiais similares ao da caixa.

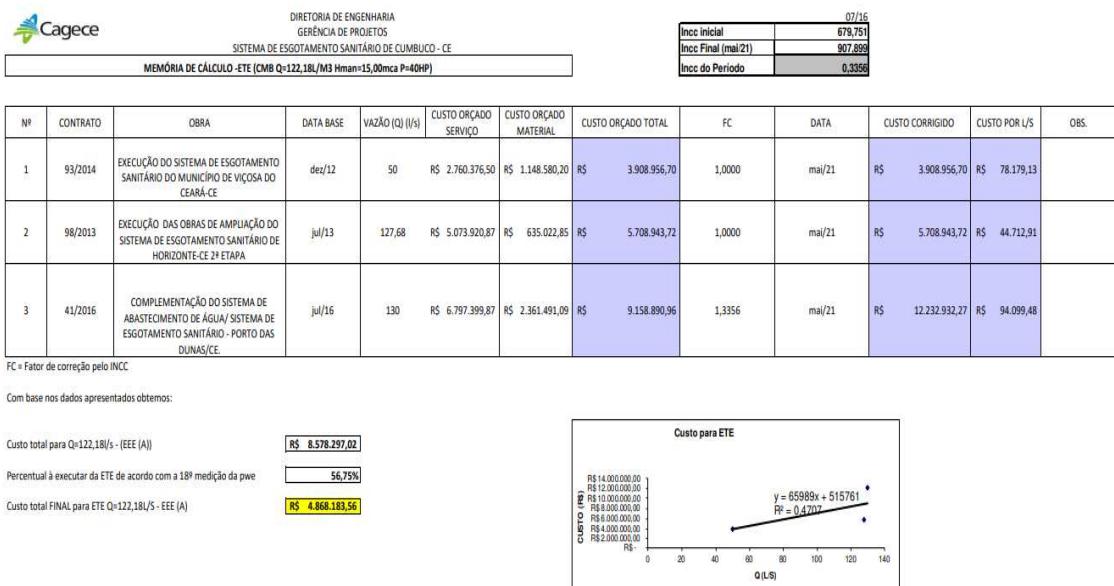
Com os valores unitários de cada serviço, foi possível fazer uma simulação com valores de até 1.505.166 milhões de ligações, que correspondem ao total de ligações potenciais dos 152

municípios atendidos pela Cagece obtidos por meio de consulta no portal da transparência, para mostrar o valor de diferença em investimento da utilização da caixa de inspeção ou do TIL no passeio.

#### 4.4.4 Tecnologias de Tratamento

Para o cálculo do custo proposto para as ETEs com reatores UASB, foi realizado o estudo do Anteprojeto das Obras Remanescentes do Sistema de Esgotamento Sanitário da Vila e Praias do Cumbuco, realizado pela CAGECE, que deram um preço para ETE compacta da companhia com tratamento preliminar completo, reator do tipo UASB seguido por Filtro Aerado Submerso (FSA), Decantador Lamelar, Tanque de Contato e leitos de secagem. A estimativa foi realizada por meio da função entre custo de implantação desse tipo de ETE em outras obras, como execução do SES do município de Viçosa do Ceará - CE, ampliação do SES de Horizonte – CE e complementação do SES de Porto das Dunas – CE. Foi realizado também a correção dos valores por meio do INCC para agosto de 2024.

Figura 15 - Memorial de cálculo do custo de ETE do Sistema de Esgotamento Sanitário da Vila e Praias do Cumbuco.



Fonte: CAGECE (2021).

Foi proposto no trabalho a utilização de tratamento descentralizada por meio das fossas sépticas com filtros anaeróbios e sumidouros devido ao custo de implementação ser

consideravelmente mais barato. Para a estimativa de custo desse tipo de tecnologia, foi realizado o levantamento da composição do custo com materiais, serviços e mão de obra, por meio da Tabela de Custos – Versão 28.1 desonerada – ENC. SOCIAIS 84,44%, Item C41622 – FOSSA SÉPTICA E SUMIDOURO EM ANÉIS D = 1,20m (valor da fossa e sumidouro), junto com a composição SINAPI 98058 – Filtro anaeróbio circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 1,10 metros, altura interna 1,50 metros, volume útil: 1140,4 litros (para 5 contribuintes). Para o cálculo do BDI incluso no valor final desse sistema de tratamento, foi utilizado o valor da média aritmética de 3 BDIs de referência: Cagece, Cosampa e Coden (valores e composições dos BDIs nos anexos).

Para a comparação de diferença de custo de investimento total entre a utilização das fossas sépticas com filtros e sumidouros e dos sistemas coletivos com ETEs compactas adotadas pela Cagece, foi utilizado a Nota Técnica SNSA Nº 492/2010 do Ministério das Cidades (Figura 13), na qual foi estabelecida também a composição porcentual do custo global para sistema de esgotamento sanitário de 23% para estações de tratamento de esgoto. Para efeito de outra análise, também foi realizado a comparação para o distrito São João de Deus do município de Redenção, que condiz com a utilização dessa tecnologia de tratamento no cenário proposto.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Panorama Geral do Esgotamento Sanitário no Ceará

Como descrito no trabalho, o Ceará conta com 184 municípios. A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) é a responsável pela maior parte do abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto no Ceará. Fundada em julho de 1971, pela lei nº 9.499, resultante do PLANASA, é vinculada à Secretaria das Cidades do Governo do Estado do Ceará, estando presente em 152 municípios, sendo 18 da RMF de Fortaleza (Fortaleza, Aquiraz, Cascavel, Guaiúba, Chorozinho, Eusébio, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba, Caucaia, Pacacuru, Paraipaba, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu e Trairí), 6 da Região Metropolitana do Cariri (Santana do Cariri, Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha, Farias Brito e Nova Olinda) e 128 do interior do Estado. A CAGECE presta serviços em municípios de acordo com a concessão por parte do poder público municipal, geralmente em zonas urbanas, e em zonas rurais dando assistência ao Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) (CAGECE, 2024).

Os outros 32 municípios que não fazem parte da prestação de serviços da CAGECE estão divididos em outras formas de gerenciamento do saneamento, sendo geridos diretamente pela prefeitura do município, ou por meio da criação de autarquias municipais, conhecidas como Sistemas Autônomos de Água e Esgoto (SAAE), além de organizações sociais que atuam em conjunto com o SISAR e, em menor número, empresas privadas (LIMA, 2017). Em Sobral, a forma de gerenciamento do serviço de saneamento também pela prefeitura, com a CAGECE atuando nas apenas nas localidades de Aprazível e Jaibaras. Abaixo na Tabela 4 estão organizados os 184 municípios do Ceará quanto a prestação do serviço de esgotamento sanitário, divididos entre seus prestadores existentes, o tipo de serviço prestado, a abrangência, natureza jurídica e a quantidade de municípios em cada categoria.

Tabela 4 - Organização da prestação do serviço de água e esgoto dos municípios do Ceará.

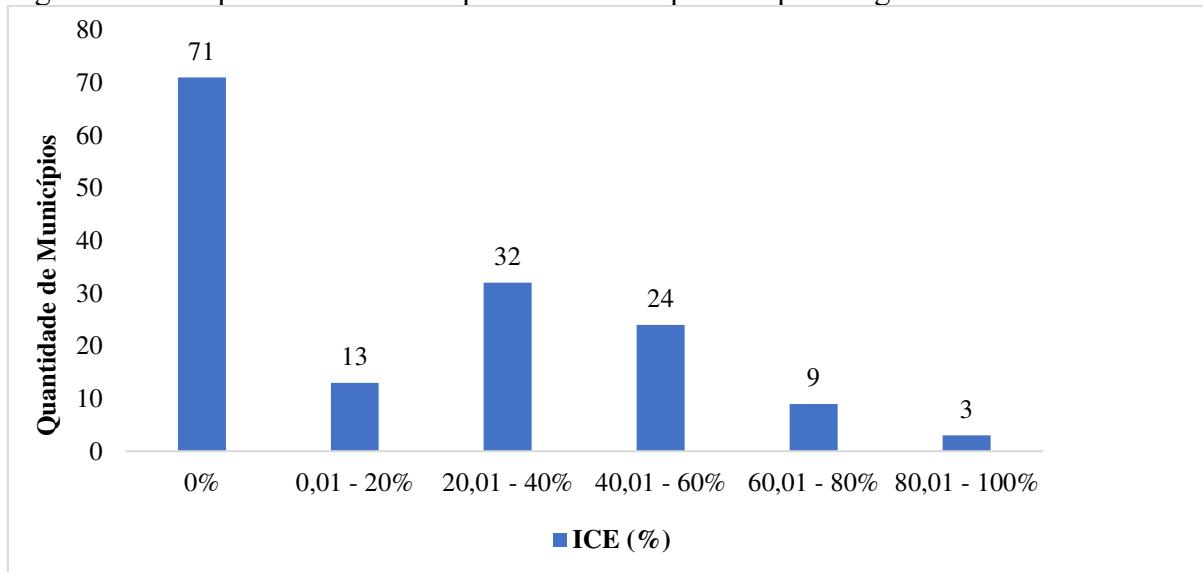
Prestadora	Serviço	Abrangência	Natureza Jurídica	Municípios
<b>CAGECE</b>	Esgoto	Regional	Sociedade economia mista com administração pública	152
<b>Ambiental Crato</b>	Esgoto	Local	Empresa Privada	1
<b>Prefeituras</b>	Esgoto	Local	Administração Pública Direta ou Autarquias (SAAE)	32*

Fonte: SINISA (2022). Elaborado pelo Autor (2024). \*Observação: A cidade de Sobral compartilha tanto da administração pública pela prefeitura na Sede municipal como pela Cagece em outros distritos.

Como dito anteriormente, o cálculo do ICE representa o atendimento e a cobertura do serviço de coleta dos esgotos, medido pela porcentagem de domicílios urbanos e rurais servidos de rede coletora, e o Índice de Atendimento de Esgoto (IAE) corresponde percentual de domicílios residenciais ocupados atendidos com rede pública de esgotamento sanitário seguida de tratamento de esgoto ou com solução alternativa adequada de esgoto prevista pela entidade reguladora.

Para os valores do ICE dos 152 municípios operados pela Cagece, os dados foram obtidos pela consulta pública no Portal da Transparência para a competência de agosto de 2024, que pode ser observado no anexo D. Já para o IAE, o valor disponibilizado pela companhia foi apenas o do IAE geral para todos os municípios, que está em 39,6%. A Cagece ainda tem um índice de tratamento de esgoto de 100%, ou seja, todo o esgoto coletado pela companhia passa por estações de tratamento de efluente para posterior descarte em corpos hídricos.

Figura 16 - ICE para os 152 municípios cearenses operados pela Cagece.



Fonte: CAGECE (2024). Elaborado pelo autor (2024).

Já para os 32 municípios com operação do setor de esgotamento pela prefeitura e para o Crato, foram obtidos os dados das informações pelo SINISA 2022, no qual especifica o número de habitantes da população total com algum tipo de acesso ao esgotamento sanitário por prestação de serviço público, como por cobertura de rede ou fossa ligada a rede.

Tabela 5 - Porcentagem da população com cobertura pública de esgotamento sanitário dos 32 municípios do Ceará atendidos pelas prefeituras e autarquias municipais, segundo o SNIS 2022.

Município	Base da Informação	Porcentagem da população com acesso aos serviços públicos de esgotamento sanitário (%)
<b>Aiuaba</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Amontada</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Banabuiú</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Boa Viagem</b>	SNIS 2022	42,73%
<b>Brejo Santo</b>	SNIS 2022	46,67%
<b>Camocim</b>	SNIS 2022	38,76%
<b>Canindé</b>	SNIS 2022	21,40%
<b>Caririaçu</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Crato</b>	SNIS 2022	29,28%
<b>Deputado Irapuan Pinheiro</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Granja</b>	SNIS 2022	5,62%
<b>Icapuí</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Icó</b>	SNIS 2022	21,97%
<b>Iguatu</b>	SNIS 2022	16,73%
<b>Ipaporanga</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Ipu</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Ipueiras</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Itapajé</b>	SNIS 2022	80,93%
<b>Jaguaribe</b>	SNIS 2022	48,28%
<b>Jardim</b>	SNIS 2022	33,54%
<b>Jucás</b>	SNIS 2022	23,33%
<b>Limoeiro do Norte</b>	SNIS 2022	28,30%
<b>Madalena</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Milhã</b>	SNIS 2022	21,24%
<b>Morada Nova</b>	SNIS 2022	2,28%
<b>Nova Russas</b>	SNIS 2022	30,69%
<b>Pedra Branca</b>	SNIS 2022	2,16%
<b>Pindoretama</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Quixelô</b>	SNIS 2022	28,98%
<b>Quixeramobim</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>São João do Jaguaribe</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS
<b>Sobral</b>	SNIS 2022	68,31%
<b>Solonópole</b>	SNIS 2022	Sem informações enviadas ao SNIS

Fonte: Instituto Água e Saneamento, com base nos dados do SNIS (2022).

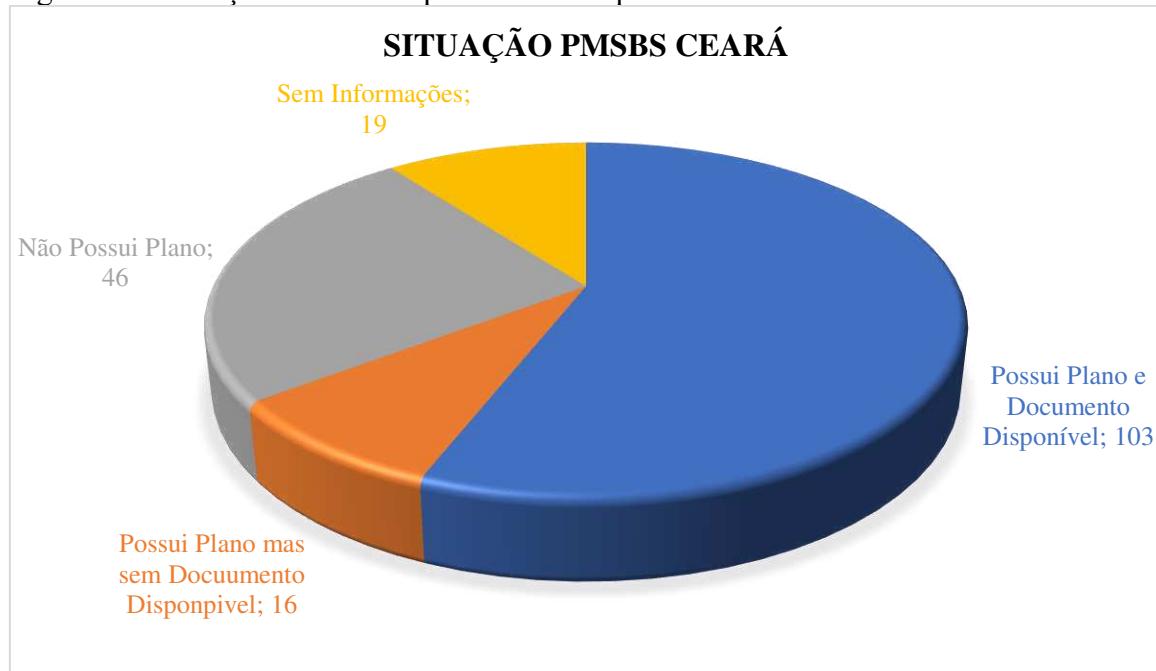
Pelos dados disponibilizados pelo Cagece, para os 152 municípios de delegação dela existem 4.562.027 metros de redes coletoras implantadas, além de 725.809 ligações ativas de

esgoto. No total, a companhia possui, hoje, 275 estações de tratamento de esgoto, sendo 153 na capital e 122 no interior do Estado. Em Fortaleza, a Companhia também possui uma Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto (EPC) (Cagece, 2022). Já para os 32 municípios com prestação de serviços pela prefeitura, existem cerca de 1.724.920 metros de redes coletoras e cerca de 152.795 ligações ativas de esgoto, dados obtidos pela série histórica do SINISA 2022. Segundo o estudo de Farias et al (2022), no interior do Ceará ainda existem mais 19 estações de tratamento de esgoto, totalizando 294 ETES totais. Os 3 tipos de tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizados no estado são decantos digestores + filtros anaeróbios, lagoas de estabilização e reatores UASB (Farias et al, 2022).

## 5.2 Análise dos PMSBs

Quanto aos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs) para os 184 municípios do Ceará, 119 deles alegaram que possuem PMSBs, porém só foram encontrados os documentos públicos de 103. Dos 65 restantes, 46 responderam publicamente que não possuem PMSBs e não foram encontrados nenhum tipo de informação concreta ou documento válido dos outros 19. Um ponto importante é que todos os 102 PMSBs que foram avaliados constam com a possibilidade de utilização das soluções alternativas em seus estudos para a zonas rurais.

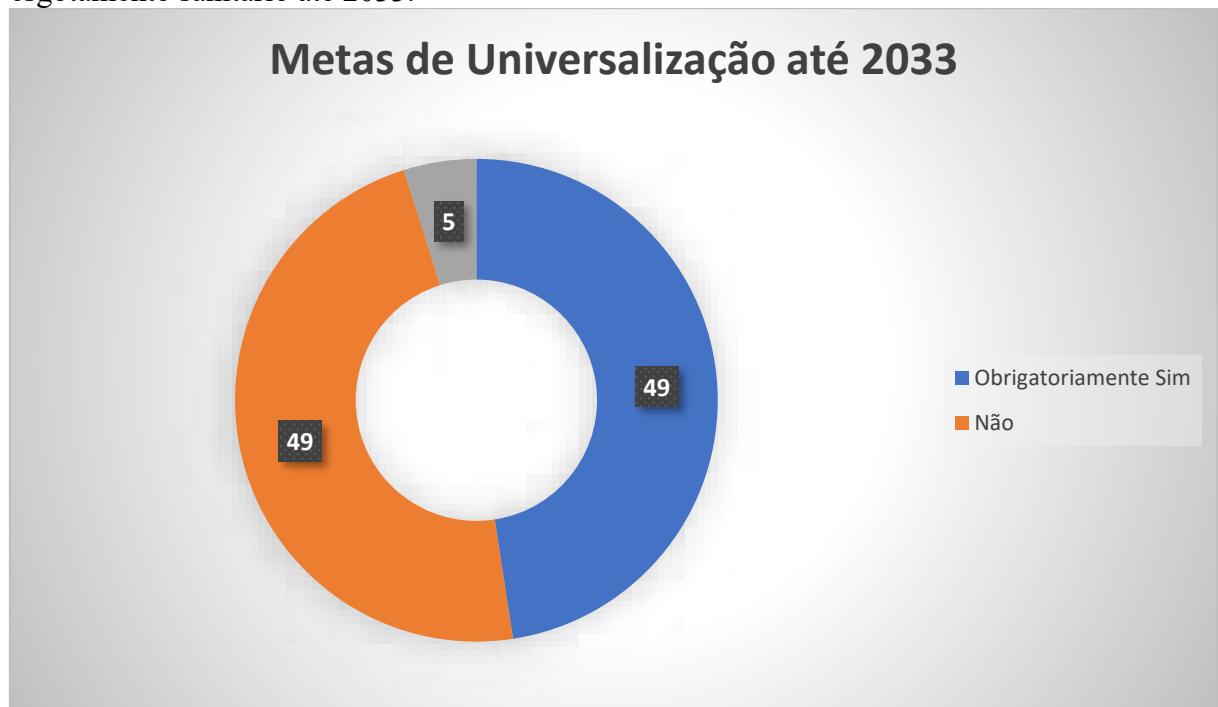
Figura 17 - Situação dos Municípios do Ceará quanto aos PMSBs.



Fonte: Ipece, Cagece, Secretaria das Cidades, Arce E Aprece (2024).

Sobre as metas e os prazos que foram determinados nos planos elaborados, para o componente esgotamento sanitário, muitas não condizem com o que foi estabelecido pela Lei nº 14.026/2020, que acordou a universalização do setor para o ano de 2033. Pelo levantamento das informações disponibilizadas pelos PMSBs, dos 103 municípios cujas informações foram avaliadas, apenas 49 possuem meta de universalização do esgoto (90%) obrigatoriamente até 2033 sem possibilidade de prorrogação, 49 possuem metas de universalização que podem ser postergadas além do ano de 2033 e 5 não foram estabelecidas metas concretas.

Figura 18 - Divisão dos PMSBs do Ceará quanto ao cumprimento da universalização do esgotamento sanitário até 2033.



Fonte: PMSBs (2024).

Esse fator pode estar relacionado com o fato de grande parte desses PMSBs terem sido elaborados antes de 2020, ano de criação do Novo Marco Legal do Saneamento Básico. Dos 103 PMSBs, 88 foram elaborados entre os anos de 2009 e 2019 e 15 foram elaborados entre 2020 e 2022. Esse levantamento evidencia a necessidade de revisão dos PMSBs para que sejam adequados e estejam em conformidade com o que estabelece a nova lei, como será feito no Plano Municipal de Saneamento Básico da capital Fortaleza e no município de Crato, que passarão pelo processo de revisão para readequação e alinhamento das metas de curto, médio e longo prazo para com o Novo Marco Legal.

Em relação a análise das metas dos PMSBs com os valores de cobertura para poder comparar os índices atuais com os estabelecidos nos planos, foram analisados os PMSBs de 20

municípios, sendo 10 planos com elaboração no ano de 2012 e 10 no ano de 2019, para a avaliação do cumprimento das metas de curto (0 a 4 anos) e médio prazo (5 a 12 anos). Foram escolhidos municípios sobre responsabilidade da Cagece, no qual se conseguiram dados mais recentes sobre os valores de cobertura.

Tabela 6 - Tabela com população estimada e ano de elaboração dos PMSBs para 20 municípios do Ceará.

MUNICÍPIO	ANO DE ELABORAÇÃO	POPULAÇÃO ESTIMADA (2024)
<b>Acarape</b>	2019	14.306
<b>Ararendá</b>	2019	11.485
<b>Aratuba</b>	2012	11.459
<b>Arneiroz</b>	2019	7.619
<b>Baixio</b>	2019	5.832
<b>Barreira</b>	2012	23.351
<b>Capistrano</b>	2019	17.760
<b>Caridade</b>	2012	16.419
<b>Croatá</b>	2012	18.007
<b>General Sampaio</b>	2012	6.924
<b>Graça</b>	2012	14.174
<b>Granjeiro</b>	2012	4.960
<b>Hidrolândia</b>	2012	18.225
<b>Ibicutinga</b>	2012	11.979
<b>Ipaumirim</b>	2012	12.441
<b>Iracema</b>	2019	14.411
<b>Itatira</b>	2019	21.087
<b>Jati</b>	2019	8.100
<b>Miraíma</b>	2019	14.736
<b>Porteiras</b>	2019	17.745

Fonte: IBGE (2024). Elaborado pelo Autor (2024).

A relação entre as metas de curto e médio prazo e os índices atuais de cobertura foram descritas abaixo:

Tabela 7 - Análise do cumprimento de metas de médio prazo para a cobertura de esgoto dos PMSBs de 10 municípios do Estado do Ceará, com referência de ICE para 08/2024.

Município	Ano de Elaboração	Meta Estabelecida Cobertura (5-12 anos)	Índice de Cobertura Esgoto (ICE %)	Cumprimento da Meta
<b>Aratuba</b>	2012	88%	36,7%	Não
<b>Barreira</b>	2012	77%	40,43%	Não
<b>Caridade</b>	2012	89%	0,00%	Não

Município	Ano de Elaboração	Meta Estabelecida Cobertura (5-12 anos)	Índice de Cobertura Esgoto (ICE %)	Cumprimento da Meta
<b>Croatá</b>	2012	92%	74,09%	Não
<b>General Sampaio</b>	2012	90%	0,00%	Não
<b>Graça</b>	2012	84%	29,96%	Não
<b>Granjeiro</b>	2012	88%	49,83%	Não
<b>Hidrolândia</b>	2012	98%	0,00%	Não
<b>Ibicuitinga</b>	2012	87%	0,00%	Não
<b>Ipaumirim</b>	2012	89%	0,00%	Não

Fonte: PMSBs e Cagece (2024). Elaborado pelo Autor (2024).

Tabela 8 - Análise do cumprimento de metas de curto prazo para a cobertura de esgoto dos PMSBs de 10 municípios do Estado do Ceará, com referência de ICE para 08/2024.

Município	Ano de Elaboração	Meta Estabelecida Cobertura (0 – 5 anos)	Índice de Cobertura Esgoto (ICE %)	Cumprimento da Meta
<b>Acarape</b>	2019	72,20%	45,55%	Não
<b>Ararendá</b>	2019	33,67%	0,00%	Não
<b>Arneiroz</b>	2019	28,50%	0,00%	Não
<b>Baixio</b>	2019	25,49%	0,00%	Não
<b>Capistrano</b>	2019	33,70%	0,00%	Não
<b>Iracema</b>	2019	26,48%	12,80%	Não
<b>Itatira</b>	2019	38,35%	0,00%	Não
<b>Jati</b>	2019	33,54%	0,00%	Não
<b>Miraíma</b>	2019	39,47%	0,00%	Não
<b>Porteiras</b>	2019	45,19%	28,95%	Não

Fonte: PMSBs e Cagece (2024). Elaborado pelo Autor (2024).

Como pode ser observado nas tabelas, os 20 PMSBs estabeleceram metas de cobertura para os municípios, tanto para curto e médio prazo, e nenhum ainda conseguiu atingir os valores, com ainda 12 dos 20 sem nenhum tipo de cobertura de esgotamento sanitário. Além disso, os municípios que ainda não possuem PMSBs tem a necessidade e obrigatoriedade de emissão desse estudo com urgência, visto que o Decreto nº 7.217/2010 determinou no art. 26, § 2º que a partir de 31 de dezembro de 2024 os municípios só receberão os recursos da União, destinados ao investimento em saneamento básico, caso tenham elaborado o PMSB.

### 5.3 Premissas de Engenharia Para Sistemas de Coleta e Tratamento de Efluente

Os estudos de premissas e concepções de engenharia são parte fundamental dessa parte do projeto, pois é o responsável por gerar o preço que se espera conseguir suprir as necessidades do esgotamento sanitário dos municípios, tanto no investimento a ser realizado quanto ao custo de operação desses sistemas. Em projetos de esgotamento, existem por muitas vezes dois termos conhecidos como *Capital Expenditure* (CAPEX) e *Operational Expenditure* (OPEX). O CAPEX são os recursos destinados de uma empresa para os bens de capital de projeto, ou seja, para os investimentos que serão realizados ao longo dos anos para ampliar e executar novos sistemas. Já o OPEX são os recursos destinados para os custos operacionais, ou seja, é o valor que a empresa utilizada para a operação dos ativos dela, como por exemplo gasto com pessoal próprio, gasto com energia elétrica das elevatórias e estações de tratamento, gastos com produtos químicos utilizados, gastos administrativos, entre outros.

Desse modo, deve-se encontrar um equilíbrio entre o custo estimado e a validação das premissas e estruturas utilizada, sem interferir na qualidade do tratamento e tornando o preço do investimento em longo prazo competitivo e atrativo para o futuro prestador do serviço. Aqui foram propostas algumas variações de valores de e tecnologias que são bastante utilizadas.

### 5.3.1. Consumo *Per Capita*

Para o consumo *per capita*, com o intuito de se encontrar um valor satisfatório das demandas para os municípios do Ceará, foi feito um levantamento e revisão bibliográfica de estudos projetos sobre essa premissa. O consumo *per capita* é imprescindível no dimensionamento dos sistemas de esgotamento, visto que este faz parte da coleta *per capita* de esgoto, que por sua vez participa do cálculo da vazão média e da vazão máxima que serão utilizadas posteriormente no dimensionamento dos sistemas de esgotamento.

Analizando os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) dos municípios do Ceará, foram utilizados na parte do estudo de demanda, em grande maioria, o consumo *per capita* de 150 L/hab.dia para a sede e distritos urbanos próximos e 100 L/hab.dia para as zonas rurais, como Aracati, Itapipoca, Marco, Russas, Tauá e Viçosa do Ceará. Para os municípios de Martinópole, Mauriti e Quixadá, foram utilizados os valores de 200 L/hab.dia para as sedes, 150 L/hab.dia para as zonas rurais das sedes e 100 L/hab.dia para os demais distritos.

A escolha do consumo *per capita* pode ser influenciada por alguns indicadores que o SINISA disponibiliza, como volume de água consumido (AG010), índice de perdas físicas (IN049) e o indicador de índice de Hidrometração (IN009). O índice de hidrometração é o cálculo que as companhias de saneamento realizam entre a quantidade de ligações de águas

medidas e o total de ligações de água. Isso resulta em um percentual de medição do consumo de água para as companhias tomarem decisões. Então, o consumo *per capita* tende a diminuir em municípios com índice de Hidrometração maior, visto que assim seria possível medir o nível das perdas de água de forma mais efetiva, obtendo-se um consumo *per capita* mais realista. Para efeito de caso, os municípios do Estado do Ceará possuem altos índices de Hidrometração, conforme a planilha de série histórica do SINISA 2022, sendo o único município sem Hidrometração registrado o de Brejo Santo, porém com 96,53% de média de índice de Hidrometração e com 91 dos 184 municípios com 100%.

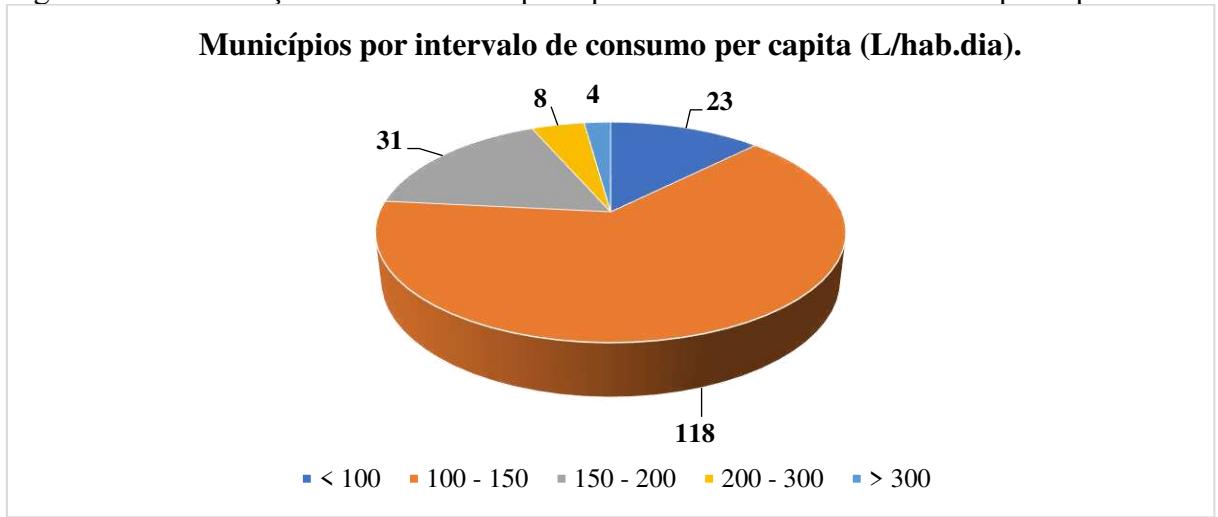
Tabela 9 - Quantidade de municípios por intervalo de Hidrometração.

Quantidade de Municípios	Intervalo de Hidrometração
1	0%
5	0,01 – 50%
8	50,01 – 90%
79	90,01 – 99,99%
91	100%

Fonte: SINISA (2022). Elaborado Pelo Autor (2024).

Pela análise da série histórica, também é possível fazer o levantamento do consumo *per capita* médio dos municípios no valor de 138,43 L/hab.dia, sendo o maior consumo o de Ipaporanga com 470 L/hab.dia e o menor consumo o de Pindoretama com 54,66 L/hab.dia. Utilizando-se do gráfico abaixo, pode-se observar que a grande maioria dos municípios (64,13%) aparecem no intervalo de 100 a 150 L/hab.dia. A relação dos municípios com seus valores de consumo *per capita* e índices de Hidrometração podem ser encontrados no Anexo E.

Figura 19 - Distribuição dos 184 municípios quanto ao intervalo de consumo per capita.



Fonte: SINISA (2022). Elaborado pelo autor (2024).

Ademais, nos estudos realizados para a Concessão Administrativa dos Serviços Necessários para Universalização do Esgotamento Sanitário dos municípios das Regiões Metropolitanas de Fortaleza e do Cariri, que consideraram as regiões com melhor desempenho socioeconômico e sistemas hidrométricos próximos ou iguais a 100%, foi considerado para a elaboração dos projetos conceituais de engenharia um consumo *per capita* de 139 L/hab.dia, bem próximo do valor médio encontrado dos municípios.

Fazendo o *benchmarking* com os municípios da PPP da Sanesul, percebe-se que todos utilizaram os valores de 150 L/hab.dia, que é uma recomendação da própria companhia para cidades com população menor que 50.000 habitantes. Para cidades com população maiores que 50 mil habitantes, a Sanesul recomenda usar valores de 180 L/hab.dia. Já para os municípios da Sanesul, foi estimado um valor de *per capita* por município, porém adotando um mínimo de 125 L/hab.dia para aqueles que obtivessem valores abaixo disso, como o caso de Catanduvas, Cruz Machado, Diamante do Sul, Foz do Jordão, Goioxim, Jaboti, Mato Rico e Ouro Verde do Oeste. Para a realização de um valor médio, foi feito uma estatística básica com 31 municípios.

Tabela 10 - Tabela com valores de consumo *per capita* e valores de dispersão para 31 municípios da Sanesul

Município	<i>Per Capita</i> Município (L/s)	<i>Per Capita</i> Adotado (L/s)
<b>Amaporã</b>	131	131
<b>Arapuã</b>	133	133
<b>Bom Jesus do Sul</b>	123	125
<b>Bom Sucesso</b>	134	134
<b>Catanduvas</b>	116	125
<b>Cruz Machado</b>	117	125
<b>Cruzeiro do Iguaçu</b>	127	127
<b>Diamante do Norte</b>	147	147
<b>Diamante do Sul</b>	102	125
<b>Floresta</b>	134	134
<b>Foz do Jordão</b>	104	125
<b>Goioxim</b>	113	125
<b>Indianópolis</b>	132	132
<b>Iracema do Oeste</b>	138	138
<b>Ivatuba</b>	156	156
<b>Jaboti</b>	106	125
<b>Jesuítas</b>	132	132
<b>Mato Rico</b>	110	125
<b>Ouro Verde do Oeste</b>	125	125
<b>Paranacity</b>	129	129
<b>Pinhão</b>	111	125
<b>Rancho Alegre</b>	145	145
<b>Rancho Alegre D'Oeste</b>	134	134
<b>Salgado Filho</b>	115	125
<b>Santa Amélia</b>	155	155
<b>Santa Fé</b>	146	146
<b>Santa Maria do Oeste</b>	115	125
<b>São Pedro do Iguaçu</b>	129	129
<b>São Pedro do Ivaí</b>	139	139

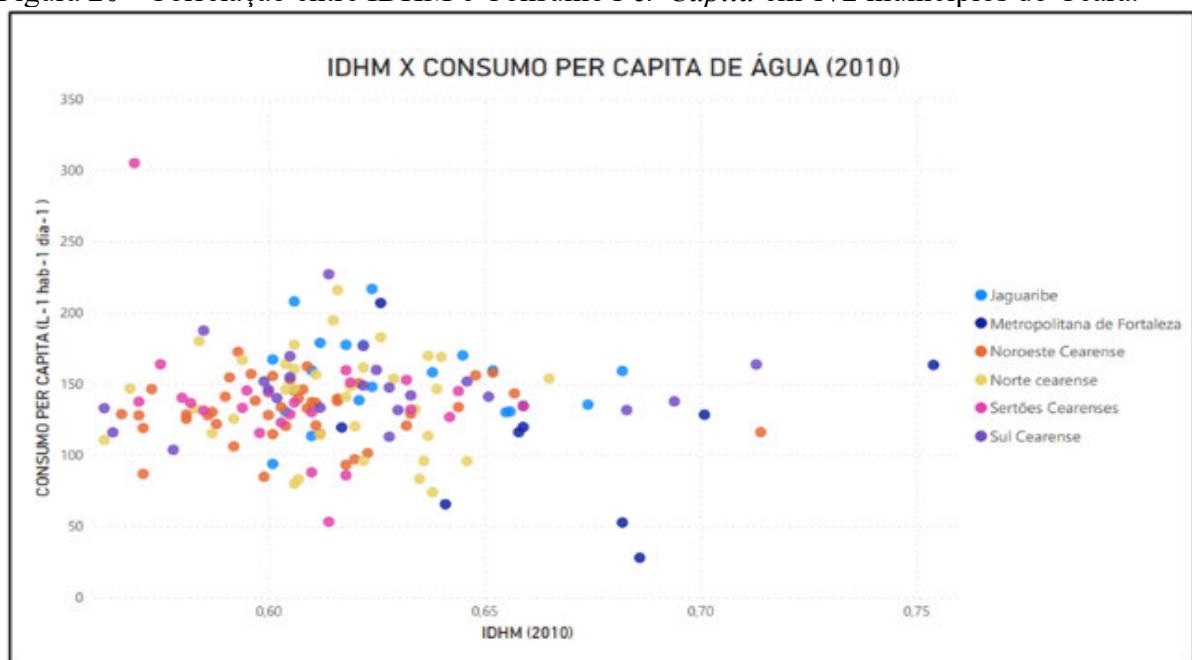
Município	Per Capita Município (L/s)	Per Capita Adotado (L/s)
São Tomé	137	137
Vitorino	111	125
<b>Média</b>	<b>127,84</b>	<b>132,60</b>
Mínimo	102	125
Máximo	156	156
Moda	134	125
Desvio Padrão	14,59	9,17
<b>Coeficiente de Variação</b>	<b>11,42</b>	<b>6,92</b>

Fonte: Sanesul. Elaborado pelo Autor (2024).

Considerando o descrito por PIMENTEL-GOMES (1985) o coeficiente de variação abaixo de 10% é considerado baixo, o que comprova que a baixa variação de apenas 6,91% pode ser vista como um indicativo de que municípios próximos, com culturas e características geográficas parecidas, tendem a ter consumos de água semelhantes.

Um fator que pode ser avaliado é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e se interfere na escolha do consumo *per capita*, associando o consumo de água a fatores econômicos e sociais. Um estudo realizado por Lopes e Hortegal Filha (2021) utilizando os dados do SINISA 2021 correlacionando o consumo *per capita* com o IDHM para 172 municípios do Ceará mostrou que os consumos de água e os níveis de IDHM tendem a não serem fortemente correlacionados, podendo o consumo de água ser mais expressivos em cidades com maior ou menor desenvolvimento socioeconômico, com pode ser observado a seguir. Para nível de comparação, um IDHM maior que 0,6 é considerado um IDHM bom, e a média dos municípios do Ceará é de 0,734, de acordo com pesquisa realizada pelo Atlas Brasil em 2021.

Figura 20 - Correlação entre IDHM e Consumo *Per Capita* em 172 municípios do Ceará.



Fonte: Lopes e Hortegal Filha (2021).

Portanto, por estar em conformidade com as revisões bibliográficas feitas, além de estar dentro do intervalo do estudo com os municípios do Estado e por ser um valor próximo tanto ao utilizado na modelagem do projeto da Parceria Público Privada das regiões metropolitanas do Cariri e de Fortaleza quanto ao valor médio dos consumos *per capita* calculados a partir dos dados do SINISA 2022, pode-se adotar valores no intervalo de 100 a 150 L/hab.dia que demonstrou ser o com maior incidência de utilização para projetos de sistemas de esgotamento e dos projetos propostos para os municípios do Ceará. Um exemplo é usar 140 L/hab.dia para futuras projeções de vazões de demanda, que é um valor médio próximo ao utilizado em municípios da região cearense.

### 5.3.2 Taxa de Infiltração

O cálculo dessa vazão de infiltração se dá em função do comprimento da rede coletora e da taxa de infiltração (L/s/km). A NBR 9.469/1986 – Projeto de redes coletoras de esgotamento sanitário – especifica que a taxa de infiltração depende das condições locais, tais como: i) nível do lençol freático; ii) natureza do subsolo; iii) qualidade da execução da rede; iv) material da tubulação e tipo de junta. A norma ainda recomenda que o valor esteja entre 0,05 e 1 L/s/km. Já a Norma Técnica da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) NTS 025/2006 – Projeto de redes coletoras de esgotos – preconiza que a taxa de infiltração

deve ser de 0,1 L/s/km para redes que estejam acima do lençol freático e de 0,5 L/s/km para redes construídas abaixo do nível do lençol freático.

Para a realidade dos municípios cearenses, percebeu-se na grande maioria dos projetos de sistemas de esgotamento sanitário a utilização da taxa de infiltração no valor de 0,25 L/s/km, como nas obras de redes coletoras de Fortaleza e Caucaia realizadas pela Cagece, nos projetos conceituais realizados pela companhia na PPP da RMF e RMC e em outros projetos propostos da companhia, como no projeto do SES de Redenção em parceria com a Hydros Engenharia, no qual também foi utilizado valor de 0,25 L/s/km. No entanto, é possível realizar um estudo de simulação da contribuição da vazão de infiltração nas vazões de demanda dos projetos calculados, para observar o comportamento da vazão de infiltração e sua parcela de contribuição nos projetos de sistemas de esgotamento.

Foram utilizados os dados disponibilizados nos PMSBs de Jaguaruana e Quixeré, que fizeram expectativas de concepções iniciais dos SES para universalização dos municípios com projetos de extensão de redes coletoras, utilizando taxa de infiltração de 0,10 L/s/km, e foram comparados se utilizados com taxa de infiltração de outros valores, como 0,05, 0,10, 0,15, 0,20, 0,25 e 0,5. Os resultados para as vazões de demanda calculadas utilizaram o consumo *per capita* proposto de 140 L/hab.dia, a população máxima de cada um dos municípios da projeção populacional realizada pelo PMSB para o ano de 2040 (25.294 para Jaguaruana e 12.261 para Quixeré) e um coeficiente de retorno de 0,8.

Tabela 11 – Cálculo das vazões de demanda dos municípios de Jaguaruana e Quixeré.

Municípios	Pop Máxima Estimada (2040) (hab.)	Coeficiente de Retorno	CPC (L/hab./dia)	Q Demanda (L/s)
Jaguaruana	25.294	0,8	140	32,79
Quixeré	12.261	0,8	140	15,89

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Para o cálculo dos valores das vazões de infiltração, foram utilizados os valores de extensão de redes pelo projeto do PMSB (61,6 km para Jaguaruana e 24,7 km para Quixeré) e as diferentes taxas de infiltração.

Tabela 12 - Vazões de infiltração para diferentes taxas de infiltração dos municípios de Jaguaruana e Quixeré.

Município	Extensão Rede Coletora (Km)	Taxa de Infiltração (L/s/km)	Q Infiltração (L/s)
Jaguaruana	61,6	0,05	3,08

Município	Extensão Rede Coletora (Km)	Taxa de Infiltração (L/s/km)	Q Infiltração (L/s)
<b>Jaguaruana</b>	61,6	0,1	6,16
<b>Jaguaruana</b>	61,6	0,15	9,24
<b>Jaguaruana</b>	61,6	0,2	12,32
<b>Jaguaruana</b>	61,6	0,25	15,40
<b>Jaguaruana</b>	61,6	0,5	30,8
Município	Extensão Rede Coletora (Km)	Taxa de Infiltração (L/s/km)	Q Infiltração (L/s)
<b>Quixeré</b>	24,7	0,05	1,24
<b>Quixeré</b>	24,7	0,1	2,47
<b>Quixeré</b>	24,7	0,15	3,71
<b>Quixeré</b>	24,7	0,2	4,94
<b>Quixeré</b>	24,7	0,25	6,18
<b>Quixeré</b>	24,7	0,5	12,35

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Para o cálculo das contribuições das Qinfiltração para as Qmédias foi somado o valor das vazões calculadas ( $Q_{média} = Q_{demanda} + Q_{infiltração}$ ).

Tabela 13 - Contribuição da vazão de infiltração na vazão média calculada para os municípios de Jaguaruana e Quixeré.

Município Jaguaruana				
Taxa de Infiltração (L/s/km)	Q Demanda (L/s)	Q Infiltração (L/s)	Q Média (L/s)	Contribuição da Q infiltração (%)
<b>0,05</b>	32,79	3,08	35,87	8,59%
<b>0,1</b>	32,79	6,16	38,95	15,82%
<b>0,15</b>	32,79	9,24	42,03	21,99%
<b>0,2</b>	32,79	12,32	45,11	27,31%
<b>0,25</b>	32,79	15,40	48,19	31,96%
<b>0,5</b>	32,79	30,80	63,59	48,44%
Município Quixeré				
Taxa de Infiltração (L/s/km)	Q Demanda (L/s)	Q Infiltração (L/s)	Q Média (L/s)	Contribuição da Q infiltração (%)
<b>0,05</b>	15,89	1,24	17,13	7,21%
<b>0,1</b>	15,89	2,47	18,36	13,45%

<b>0,15</b>	15,89	3,71	19,60	18,90%
<b>0,2</b>	15,89	4,94	20,83	23,71%
<b>0,25</b>	15,89	6,18	22,07	27,98%
<b>0,5</b>	15,89	12,35	28,24	43,73%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Por fim, para o cálculo das vazões máximas (utilizada para o cálculo de redes coletoras), foram considerados os coeficientes  $k_1$  de 1,2 e  $k_2$  de 1,5. A diferença da contribuição das vazões máximas foram devidas as alterações nos valores da taxa de infiltração.

Tabela 14 - Contribuição da vazão de infiltração nas vazões máximas calculadas dos municípios de Jaguaruana e Quixeré.

Município Jaguaruana						
Taxa de Infiltração (L/s/km)	Q Média (L/s)	$k_1$	$k_2$	Q Máxima (L/s)	Diferença de Q Máxima (L/s)	Contribuição da Q infiltração (%)
<b>0,05</b>	35,87	1,2	1,5	64,56	0	-
<b>0,1</b>	38,95	1,2	1,5	70,11	5,54	7,91%
<b>0,15</b>	42,03	1,2	1,5	75,65	11,09	14,66%
<b>0,2</b>	45,11	1,2	1,5	81,20	16,63	20,48%
<b>0,25</b>	48,19	1,2	1,5	86,74	22,18	25,57%
<b>0,5</b>	63,59	1,2	1,5	114,46	49,90	43,59%
Município Quixeré						
Taxa de Infiltração (L/s/km)	Q Média (L/s)	$k_1$	$k_2$	Q Máxima (L/s)	Diferença de Q Máxima (L/s)	Contribuição da Q infiltração (%)
<b>0,05</b>	17,13	1,2	1,5	30,83	0	-
<b>0,1</b>	18,36	1,2	1,5	33,06	2,22	6,73%
<b>0,15</b>	19,60	1,2	1,5	35,28	4,45	12,60%
<b>0,2</b>	20,83	1,2	1,5	37,50	6,67	17,78%
<b>0,25</b>	22,07	1,2	1,5	39,72	8,89	22,38%
<b>0,5</b>	28,24	1,2	1,5	50,84	20,01	39,35%

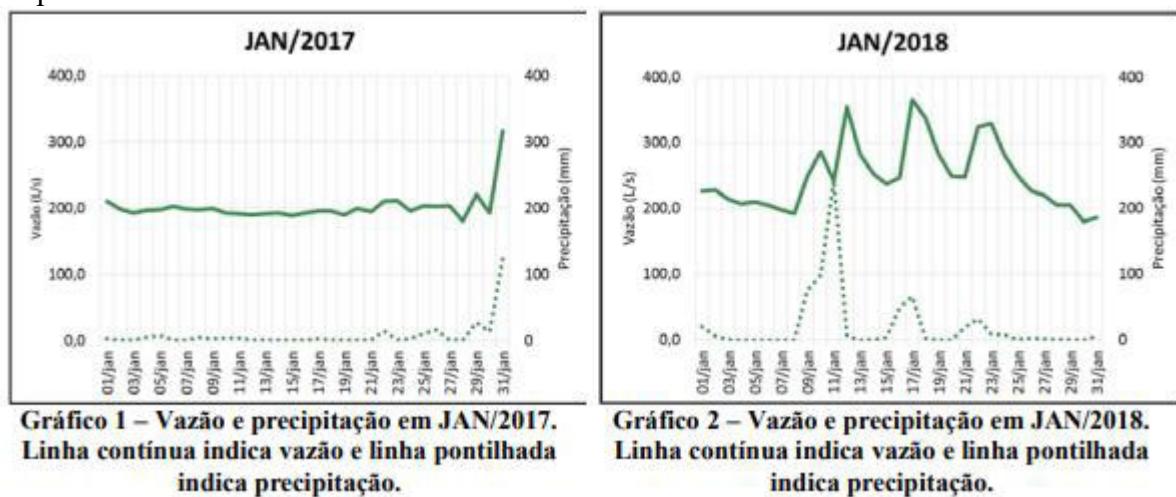
Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Os valores encontrados corroboram que a contribuição da vazão de infiltração para taxas maiores, como de 0,25 L/s/km ou 0,50 L/s/km, são bem mais impactantes para o dimensionamento dos sistemas de esgotamento tanto que utilizem do que com a utilização de valores mais baixos, como 0,05, 0,10 e 0,15 L/s/km.

Sobre os regimes chuvosos, Fornari Filho (2019) redigiu um trabalho sobre a influência das chuvas de verão no SES Costa Norte, em Florianópolis, entre janeiro de 2017 e janeiro de

2018. No estudo, Fornari mediou as precipitações médias mensais durante esse período de um ano, e calculou a vazão teórica média que a ETE deveria receber (utilizando do cadastro de redes e o volume macro medido da Companhia Catarinense de Água e Saneamento) e comparou com o que era efetivamente recebido na ETE, por meio da medição por sensor de nível ultrassônico presente na Calha Parshall da estação de tratamento. Como resultado, a ETE Canasvieiras estava recebendo contribuições maiores de vazão quando a precipitação aumentava, como pode ser visto na Figura 21.

Figura 21 - Comparação de valores de vazão de chegada a ETE Canasvieiras e a precipitação no período.



Fonte: Fornari Filho (2019).

Inclusive, a NBR 9648/1986 define como contribuição pluvial parasitária a parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário. Fazendo essa relação em uma análise de *benchmarking* é possível avaliar a utilização de taxas de infiltração em regiões com climas mais chuvosos, como o Mato Grosso do Sul (Sanesul) e Paraná (Sanepar), por meio das análises dos projetos conceituais de engenharia para os municípios participantes das duas parcerias.

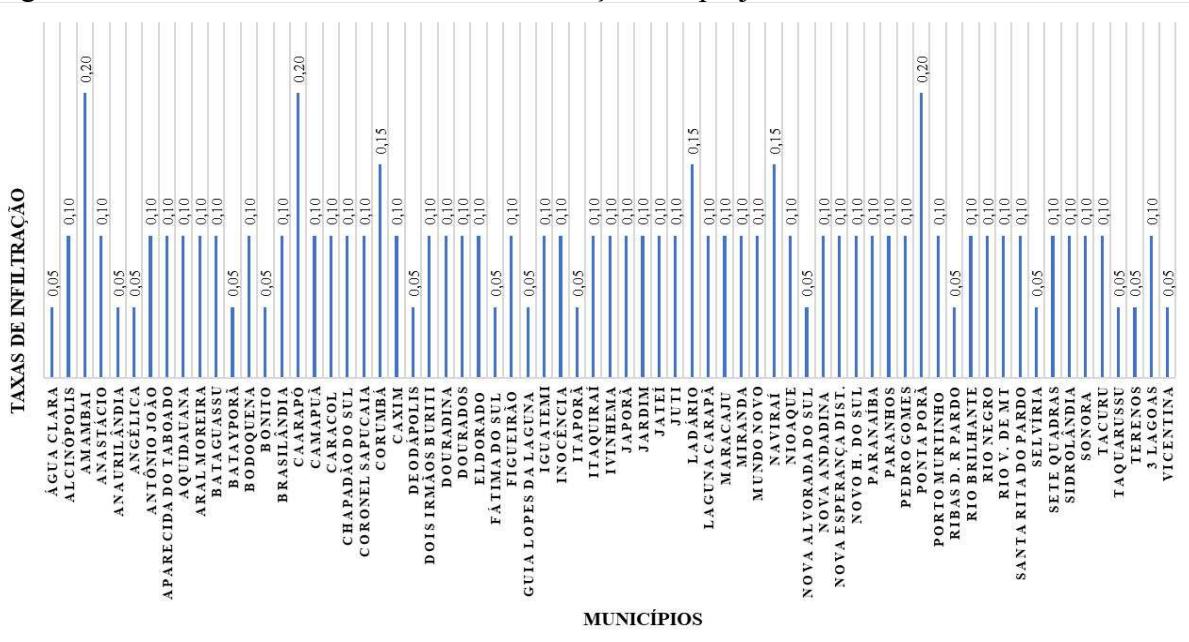
O primeiro fator importante é a comparação dos climas e vegetações dos Estados do Mato Grosso do Sul e do Paraná em comparação ao Ceará. No Mato Grosso do Sul o clima predominante é o tropical e suas variações, como o tropical típico no qual existem 2 estações bem definidas (verão chuvoso e inverno seco) e o subtropical, que ocorre no sul do Estado, caracterizado pelas temperaturas mais amenas e até mesmo pela ocorrência de geadas no inverno, além de médias anuais chuvosas maiores. A vegetação é composta em maior parte por Cerrado, Mata Tropical e Pampas brasileiros. Já para o Paraná, o clima predominante é o subtropical úmido, com distribuição regular das chuvas ao longo do ano e climas mais amenos,

além de níveis de precipitação anuais maiores. A vegetação do Estado é composta por Mata de Araucárias, Mata Atlântica e Campos.

Já para o Ceará, o clima é o tropical semiárido quente, com secas periódicas e baixa pluviosidade, além de regimes de chuvas mal espaçados e concentrados em determinada época do ano. A vegetação é composta em sua grande maioria pela caatinga, com também presença de cerrado no interior e mangues, restingas e campos praianos nos litorais. Devido a essa diferença climática, percebe-se a diferença também das necessidades de chuva entre as regiões.

Por meio do levantamento da série anual de chuvas que as médias pluviométricas anuais de Mato Grosso do Sul (1.302,04 mm) e Paraná (1.379,65 mm) são maiores que as médias anuais do Ceará (839,6 mm), mostrando que mesmo com regimes de chuva mais intensos, ambos os Estados usaram valores mais conservadores de taxa de infiltração. Pela análise da Figura 22, apenas 03 municípios utilizaram taxas de 0,20 L/s/km (Amambai, Caarapó e Ponta Porã), outros 03 usaram 0,15 L/s/km (Corumbá, Ladário e Naviraí), 48 utilizaram 0,10 L/s/km e os demais 15 municípios utilizaram 0,05 L/s/km, evidenciando uma proposta de escolha maior de utilização da taxa de infiltração de 0,10 e 0,05.

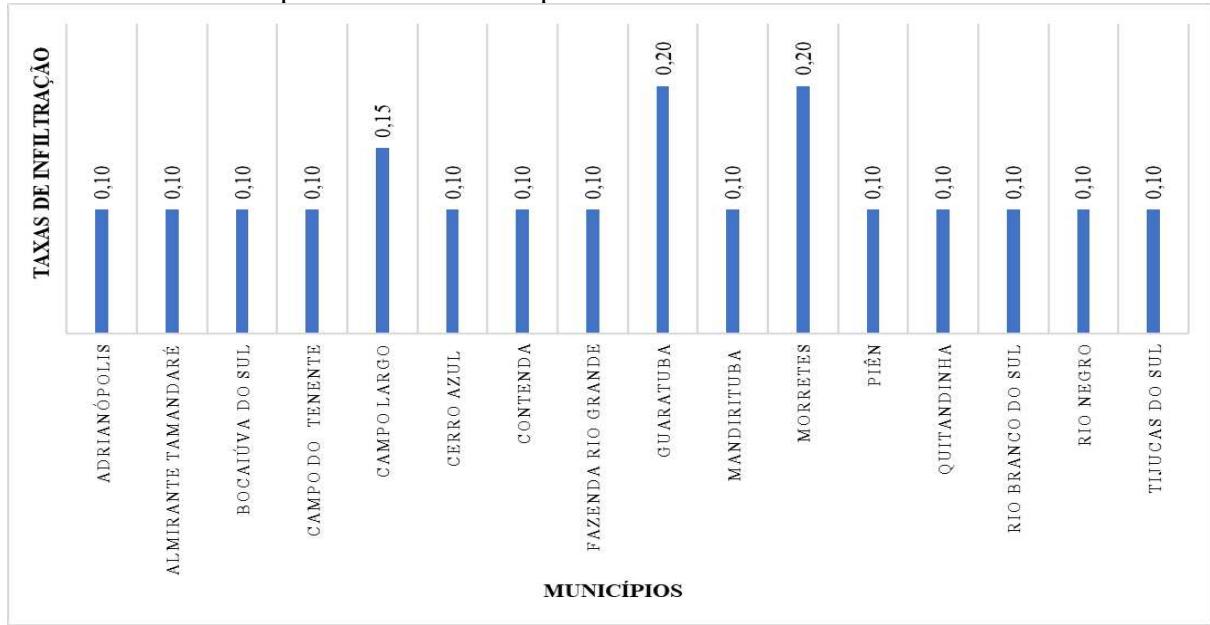
Figura 22 - Valores adotados de taxa de infiltração nos projetos da PPP da Sanesul.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para a PPP da Sanepar, conforme a Figura 23, foram encontrados valores de taxa de infiltração parecidos e a mesma tendência de maior utilização da taxa de infiltração de 0,10 L/s/km, utilizada por 13 municípios, enquanto apenas 2 utilizaram a taxa de 0,20 0,10 L/s/km e 1 utilizou a taxa de 0,05 L/s/km.

Figura 23 - Valores adotados de taxa de infiltração nos projetos dos sistemas de esgotamento sanitários nos municípios da PPP da Sanepar.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Isso demonstra que em grande maioria a utilização de taxas de infiltração mais baixas como 0,05 e 0,10 L/s/km são totalmente viáveis em termos de dimensionamento de vazões de infiltração principalmente para anteprojetos, estando de acordo com as normas de referência aqui já citadas e correspondendo a tendência de projetos similares já aprovados em diferentes regiões no Brasil, podendo servir como uma estratégia para a redução de diâmetros de redes, interceptores e coletores troncos, custos com elevatórias de esgoto, tamanhos de estações de tratamento de esgoto e das áreas de desapropriação das mesmas e a diminuição do diâmetro de emissários. No entanto, vale destacar que a depender das características do local, pode ser necessário a utilização de valores maiores das taxas, devendo ser feito um estudo mais elaborado para uma concepção executiva.

### 5.3.3 Ligações Domiciliares

Um padrão de ligação bastante utilizado em companhias de saneamento básico do Brasil para ligação domiciliar é realizado com caixa de inspeções. Um exemplo disso são as caixas utilizadas no passeio em algumas obras pela Cagece, as caixas de inspeção em alvenaria de 60x60x60 cm e com tampas de concreto ou caixa de inspeção em anel de concreto centrifugadas com diâmetros de 600mm. No entanto, a utilização do TIL de ligação no passeio vem sendo

adoptado por várias empresas no Brasil ao longo dos últimos anos, principalmente por empresas privadas como a AEGEA e a BRK Ambiental em parcerias com empresas como a Sanepar, Sanesul, Compesa e mais recentemente nos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza e do Cariri, em apoio a Cagece. Ademais, o TIL também vem sendo utilizado em Serviços Autônomos Municipais de Água e Esgoto (SEMAE), como é o caso dos SAMAEs dos Estados do Paraná e Santa Catarina. O principal motivo para isso é principalmente o custo unitário de implantação do TIL em comparação com as caixas de inspeção, como será mostrado.

Figura 24 - Caixa de inspeção em alvenaria retangular.



Fonte: Projetista Pleno (2023).

Figura 25 – TIL de ligação em passeio pela SANEPAR.



Fonte: Manual 65 – SANEPAR (2016).

Tabela 15 - Vantagens e desvantagens dos tipos de ligação.

Tipo de Ligação	Vantagens	Desvantagens
<b>Caixa de Inspeção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais robusto;</li> <li>• Menos propenso a obstruções;</li> <li>• Limpeza e desobstrução da passagem sem necessidade do contato direto com esgoto;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade maior em reparos;</li> <li>• Custo de implantação mais caro;</li> <li>• Instalação mais difícil;</li> </ul>
<b>TIL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de instalação;</li> <li>• Facilidade na Inspeção e Limpeza;</li> <li>• Custo de implantação mais barato;</li> <li>• Limpeza e desobstrução da passagem sem necessidade do contato direto com esgoto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais propenso a obstruções;</li> <li>• Maior probabilidade de vazamentos</li> </ul>

Fonte: BRK Ambiental. Elaborado pelo Autor (2024).

O custo total calculado para a implementação da caixa de inspeção em alvenaria, sem desoneração, com a composição de custos para serviços preliminares, trabalhos em terra (transporte de material escavado), demolição, retirada e recomposição de pavimentos, tubos, conexões e as ligações, segundo os valores de composição tabelados pela tabela SEINFRA 28.1 e SINAPI, foi demonstrado abaixo.

Figura 26 - Composição de custo para ligação domiciliar com caixa de inspeção em alvenaria.

Composição Custo Caixa									
Item		Código	Discriminação	Observações	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Parcial	
1			Serviços Preliminares					R\$ 1.180,40	
1.7.8	SEINFRA	C2876	LOCAÇÃO E NIVELAMENTO DE REDE DE ESGOTO/EMISSÁRIO DRENAGEM		M	400	R\$ 2,95	R\$ 1.180,40	
2			Trabalhos em Terra					R\$ 431,75	
2.3.7	SEINFRA	C2987	COMPLEMENTAÇÃO DE TRANSPORTE EM CAMINHÃO BASCULANTE		KMsMP	180,69	R\$ 1,74	R\$ 314,76	
	SINAPI	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M <sup>3</sup> - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBAS DE 1,20 M <sup>3</sup> / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020 (100978)		M <sup>3</sup>	16,5	R\$ 7,09	R\$ 116,99	
3			Demolição, Retiradas e Recomposição de Pavimentos					R\$ 11.036,68	
	SINAPI	94990	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENCIONAL, NÃO ARMADO. AF_08/2022 (94990)		M <sup>2</sup>	1	R\$ 710,61	R\$ 710,61	
20.8.3	SEINFRA	C2929	RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO EM PARALELÓPEDO C/REAJUNTAMENTO		M <sup>2</sup>	104	R\$ 52,29	R\$ 5.438,16	
21.3.2	SEINFRA	C2926	RECOMPOSIÇÃO DE CAPA EM CONCRETO ASFÁLTICO (CBUQ), ESP.= 5cm		M <sup>2</sup>	3,9	R\$ 78,90	R\$ 307,70	
1.8.9	SEINFRA	C1049	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO SIMPLES		M <sup>2</sup>	2,01	R\$ 352,81	R\$ 709,14	
1.8.21	SEINFRA	C1062	DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA C/ MARTELETE PNEUMÁTICO		M <sup>2</sup>	78	R\$ 30,73	R\$ 2.397,10	
1.8.24	SEINFRA	C1065	DEMOLIÇÃO DE PISO CERÂMICO SOBRE LASTRO DE CONCRETO		M <sup>2</sup>	14,4	R\$ 38,00	R\$ 547,19	
			Tubos, Conexões, Caixas e Poços					R\$ 143.458,20	
	SINAPI	104130	COMPOSIÇÃO PARAMÉTRICA DE LIGAÇÃO PREDIAL DE ESGOTO, REDE DN 150 MM, COLETOR PREDIAL DN 100 MM, L = 4,0 M, LARGURA DA VALA = 0,65 M, COM SELIM E CURVA 90 GRaus, ESCAVAÇÃO MECANIZADA, PREPARO DE FUNDO DE VALA E REATERRO COMPACTADO. AF_06/2022 (104130)		UN	100	R\$ 555,21	R\$ 55.521,00	
	SEINFRA	C0625	CAIXA EM ALVENARIA (60x60x60cm) DE TIJUOLO COMUM, LASTRO DE BRITA E TAMPA DE CONCRETO		UN	100	R\$ 879,37	R\$ 87.937,20	
5			Carga, Transporte e Descarga de Tubos e Conexões					R\$ 392,50	
2.7.14	SEINFRA	C0718	CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA DE TUBOS E PEÇAS EM PVC DN 100mm ATÉ 15km		M	408	R\$ 0,96	R\$ 392,50	
6			Diversos					R\$ 364,00	
1.2.2	SEINFRA	C0581	CADASTRO DE LIGAÇÃO		UN	100	R\$ 3,64	R\$ 364,00	
			VALOR TOTAL					R\$ 156.803,52	
			VALOR TOTAL					100	
			TOTAL DE LIGAÇÕES						
			VALOR POR LIGAÇÃO					R\$ 1.563,64	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Seguindo a mesma metodologia de composição para o TIL de ligação, com a composição do custo tabelados também pela tabela SEINFRA 28.1 e SINAPI, pode-se calcular também o valor total para a essa ligação, sem desoneração.

Figura 27 - Composição de custo para ligação domiciliar com TIL.

Composição Custo TIL									
Item		Código	Discriminação	Observações	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Parcial	
1			Serviços Preliminares					R\$ 1.180,40	
1.7.8	SEINFRA	C2876	LOCAÇÃO E NIVELAMENTO DE REDE DE ESGOTO/EMISSÁRIO DRENAGEM		M	400	R\$ 2,95	R\$ 1.180,40	
2			Trabalhos em Terra					R\$ 371,42	
2.3.7	SEINFRA	C2987	COMPLEMENTAÇÃO DE TRANSPORTE EM CAMINHÃO BASCULANTE		KMsMP	155,46	R\$ 1,74	R\$ 270,81	
	SINAPI	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M <sup>3</sup> - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBAS DE 1,20 M <sup>3</sup> / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020 (100978)		M <sup>3</sup>	14,19	R\$ 7,09	R\$ 100,61	
3			Demolição, Retiradas e Recomposição de Pavimentos					R\$ 8.359,54	
	SINAPI	94990	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENCIONAL, NÃO ARMADO. AF_08/2022 (94990)		M <sup>2</sup>	0,11	R\$ 710,61	R\$ 78,17	
20.8.3	SEINFRA	C2929	RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO EM PARALELÓPEDO C/REAJUNTAMENTO		M <sup>2</sup>	104	R\$ 52,29	R\$ 5.438,16	
21.3.2	SEINFRA	C2926	RECOMPOSIÇÃO DE CAPA EM CONCRETO ASFÁLTICO (CBUQ), ESP.= 5cm		M <sup>2</sup>	3,9	R\$ 78,90	R\$ 307,70	
1.8.9	SEINFRA	C1049	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO SIMPLES		M <sup>2</sup>	0,22	R\$ 352,81	R\$ 77,62	
1.8.21	SEINFRA	C1062	DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA C/ MARTELETE PNEUMÁTICO		M <sup>2</sup>	78	R\$ 30,73	R\$ 2.397,10	
1.8.24	SEINFRA	C1065	DEMOLIÇÃO DE PISO CERÂMICO SOBRE LASTRO DE CONCRETO		M <sup>2</sup>	1,6	R\$ 38,00	R\$ 60,80	
			Tubos, Conexões, Caixas e Poços					R\$ 95.170,00	
	SINAPI	104130	COMPOSIÇÃO PARAMÉTRICA DE LIGAÇÃO PREDIAL DE ESGOTO, REDE DN 150 MM, COLETOR PREDIAL DN 100 MM, L = 4,0 M, LARGURA DA VALA = 0,65 M, COM SELIM E 2X CURVA 45 GRaus, ESCAVAÇÃO MECANIZADA, PREPARO DE FUNDO DE VALA E REATERRO COMPACTADO. AF_06/2022 (104130)	Alterado, retirado curva de 90 graus e colocado o orçamento com 2x curvas de 45 graus	UN	100	R\$ 622,70	R\$ 62.270,00	
	SINAPI	98112	TIL (TUBO DE INSPEÇÃO E LIMPEZA) CONDOMINIAL PARA ESGOTO, EM PVC, DN 100 X 100 MM. AF_12/2020 (98112), PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, COM CAMADA DE AREIA, LANÇAMENTO MANUAL. AF_08/2020, SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES, PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		UN	100	R\$ 329,00	R\$ 32.900,00	
5			Carga, Transporte e Descarga de Tubos e Conexões					R\$ 392,50	
2.7.14	SEINFRA	C0718	CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA DE TUBOS E PEÇAS EM PVC DN 100mm ATÉ 15km		M	408	R\$ 0,96	R\$ 392,50	
6			Diversos					R\$ 364,00	
1.2.2	SEINFRA	C0581	CADASTRO DE LIGAÇÃO		UN	100	R\$ 3,64	R\$ 364,00	
			VALOR TOTAL					R\$ 105.837,85	
			TOTAL DE LIGAÇÕES					100	
			VALOR POR LIGAÇÃO					R\$ 1.058,85	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Comparando os valores de implantação das ligações prediais, foram obtidos os valores de implantação para a caixa de inspeção de R\$ 1.568,64 e de R\$ 1.058,38 para o TIL. Assim, chega-se a uma diferença de 510,26 reais, com o TIL sendo cerca de 32,53% mais barato. Em termos de dimensionamento, pode-se simular alguns cenários para a execução desse serviço com a utilização da caixa de inspeção e do TIL, para analisar a influência dessa diferença em quantidades específicas. Por meio do relatório de ligações totais de esgoto por município, que foi obtido em solicitação a Cagece através do Portal da Transparência para os 152 municípios cearenses atendidos pela companhia, existem no total 1.505.116 ligações potenciais de esgoto. Utilizando desse valor, chegamos aos resultados dispostos na tabela abaixo.

Tabela 16 - Diferença do custo de implantação de ligações com caixa de inspeção e TIL.

Número de Ligações	Custo Ligação com Caixa	Custo Ligação com Til	Valor Total Caixa	Valor Total Til	Diferença
<b>1.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 1.568.635,19	R\$ 1.058.378,52	-R\$ 510.256,67
<b>5.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 7.843.175,95	R\$ 5.291.892,59	-R\$ 2.551.283,36
<b>10.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 15.686.351,90	R\$ 10.583.785,18	-R\$ 5.102.566,72
<b>25.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 39.215.879,74	R\$ 26.459.462,94	-R\$ 12.756.416,80
<b>50.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 78.431.759,48	R\$ 52.918.925,88	-R\$ 25.512.833,60
<b>100.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 156.863.518,95	R\$ 105.837.851,76	-R\$ 51.025.667,19
<b>200.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 313.727.037,90	R\$ 211.675.703,52	-R\$ 102.051.334,38
<b>300.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 470.590.556,85	R\$ 317.513.555,28	-R\$ 153.077.001,57
<b>400.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 627.454.075,80	R\$ 423.351.407,04	-R\$ 204.102.668,76
<b>500.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 784.317.594,75	R\$ 529.189.258,80	-R\$ 255.128.335,95
<b>750.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 1.176.476.392,13	R\$ 793.783.888,20	-R\$ 382.692.503,93
<b>1.000.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 1.568.635.189,50	R\$ 1.058.378.517,60	-R\$ 510.256.671,90
<b>1.100.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 1.725.498.708,45	R\$ 1.164.216.369,36	-R\$ 561.282.339,09
<b>1.200.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 1.882.362.227,40	R\$ 1.270.054.221,12	-R\$ 612.308.006,28
<b>1.300.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 2.039.225.746,35	R\$ 1.375.892.072,88	-R\$ 663.333.673,47
<b>1.400.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 2.196.089.265,30	R\$ 1.481.729.924,64	-R\$ 714.359.340,66
<b>1.500.000</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 2.352.952.784,25	R\$ 1.587.567.776,40	-R\$ 765.385.007,85
<b>1.505.116</b>	R\$ 1.568,64	R\$ 1.058,38	R\$ 2.360.977.921,88	R\$ 1.592.982.440,90	-R\$ 767.995.480,98

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Pela simulação acima, percebe-se que para situação das ligações potenciais dos municípios do Ceará atendidos pela Cagece, a diferença no custo de implantação entre o TIL e a caixa de inspeção seriam de 767.995.480,98 reais, evidenciando que o impacto financeiro da utilização do TIL em novas ligações potenciais é alto e pode ser usado como estratégia para o atendimento do prazo de universalização.

### 5.3.4 Tratamento de Esgoto

Um estudo realizado por Faria et al. (2022) mostrou que em 2022, das 266 estações de esgoto operadas pela companhia estadual, 156 estavam localizadas no município de Fortaleza, 75 na região do interior do Estado e 35 na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). Além disso, o estudo verificou que a maioria das estações da Cagece utilizam da tecnologia de decanto digestores com filtros anaeróbios, seguido por lagoas de estabilização e reator UASB com cloração. Os casos de ETEs sem informações sobre a forma de tratamento e com as tecnologias menos comuns foram agrupadas em demais tecnologias de tratamento. No grupo de 33 sistemas geridos pelos próprios municípios 19 possuem coleta e estação de tratamento de esgoto (ETE), porém algumas dessas ETEs encontram-se desativadas e todos utilizam lagoas de estabilização como forma de tratamento (ALECE, 2021; CAIXETA, 2010).

Tabela 17 - Tipos de ETEs mais utilizadas no Estado do Ceará pela Cagece.

Tipo de Tratamento	Quantidade	Percentual
<b>Decanto Digestor + Filtro Anaeróbio + Cloração</b>	131	49,25%
<b>Lagoas de Estabilização</b>	81	30,45%
<b>UASB + Cloração</b>	25	9,40%
<b>Demais Tecnologias</b>	29	10,90%

Fonte: Farias et al (2022). Adaptado pelo Autor (2024).

Na Tabela 1 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento de esgoto mais usuais., foram mostrados que as tecnologias de UASB com Cloração e Lagoas de estabilização possuem custos mais elevados do que tecnologias mais descentralizadas, como as fossas sépticas com filtros anaeróbios e sumidouros. Analisando também o que foi descrito no diagnóstico do Ceará, os valores de investimento previstos para os sistemas de esgotamento nos Planos Municipais de Saneamento Básico não foram atendidos, uma vez que a maioria das metas estabelecidas não foram ainda alcançadas. Isso mostra que um grande limitador para o avanço dos índices de esgotamento do Estado é a questão financeira.

Todos os municípios com PMSBs disponíveis para o Ceará constam com a utilização de sistema individual para áreas rurais. No entanto, uma tendência atual é a de utilização de fossa séptica com filtro anaeróbios e sumidouro também para distritos urbanos menores, muito por conta da praticidade de instalação e dos custos reduzidos para implantação e operação. Para caso de comparação, foi realizado também um estudo de *benchmarking*, no qual se foi constatado que a Companhia de Saneamento do Rio Grande do Sul (Corsan) utiliza essa

tecnologia para distritos urbanos e municípios com até 10 mil habitantes. Inclusive, a companhia disponibiliza uma cartilha de dimensionamentos de tipos diferentes de fossas para que estejam em regularidade com os padrões estabelecidos para as normas ambientais de disposição do efluente tratado.

Segundo a companhia, o programa de soluções individuais pode contemplar todos os municípios atendidos pela Corsan, desde que haja viabilidade técnica, sendo indicado para regiões com baixa densidade demográfica. Além disso, no caso específico das zonas rurais e pequenos centro urbanos, esse fator também pode ser estabelecido por meio da dificuldade encontrada nos traçados de redes e elevatórias em distritos e localidades com população de menor porte e que apresentam áreas com domicílios mais espaçados e menos adensado, além de serem locais de baixa demanda e necessidade de tratamento.

A Corsan faz o serviço de implantação de fossas e de avaliação da qualidade do esgoto tratado por elas, a limpeza e coleta do lodo gerado com data agendada, e todo o serviço de transporte para despejo e tratamento em estação de tratamento da própria companhia. Isso garante que os níveis de tratamento das fossas estarão de acordo com a legislação ambiental vigente.

Com base nisso, foi realizado o cálculo para o custo de referência para fossas sépticas e sumidouros em Anéis D = 1,20m, por ser o tipo mais barata e se comparada as fossas em alvenarias e ainda com uma qualidade de material elevada ao de fossas em fibra de vidro, cujo valor pode ser retirado da Tabela de Custos e Insumo Seinfra 28.1 desonerada. Além disso, para o valor do filtro anaeróbio, a composição do custo é dada pela SINAPI, de um filtro anaeróbio com o mesmo padrão construtivo de anéis de concreto pré-moldados para 5 contribuintes, com preço de referência para agosto de 2024 e com o orçamento realizado pelo site Orçamentor, que oferece um preço unitário baseado no custo médio nacional.

Figura 28 - Custo para construção de Filtro Anaeróbio em anéis de concreto.

**Composição SINAPI 98058**

**FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,10 M, ALTURA INTERNA = 1,50 M, VOLUME ÚTIL: 1140,4 L (PARA 5 CONTRIBUINTES). AF\_12/2020\_PA (98058)**

**R\$ 1.740,01 / UN**

Custo médio nacional por UN. Base SINAPI: Agosto/2024.  
Atualizado em outubro de 2024.

Código SINAPI: 98058

Unidade: UN

**Solicitar Orçamento para Este Serviço**

Receba um orçamento de empresa especializada

---

**Insumos e Composições:**

Tipo	Código	Nome	Custo Unitário	Quantidade	Unidade	Custo Total
C	<a href="#">5678</a>	<a href="#">RETROESCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRAÇÃO 4X4, POTÊNCIA LÍQ. 88 HP, CAÇAMBA CARREG. CAP. MÍN. 1 M<sup>3</sup>, CAÇAMBA RETRO CAP. 0,26 M<sup>3</sup>, PESO OPERACIONAL MÍN. 6.674 KG, PROFUNDIDADE ESCAVAÇÃO MÁX. 4,37 M - CHP DIURNO, AF 06/2014</a>	150,26	0,4017	CHP	60,35
C	<a href="#">5679</a>	<a href="#">RETROESCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRAÇÃO 4X4, POTÊNCIA LÍQ. 88 HP, CAÇAMBA CARREG. CAP. MÍN. 1 M<sup>3</sup>, CAÇAMBA RETRO CAP. 0,26 M<sup>3</sup>, PESO OPERACIONAL MÍN. 6.674 KG, PROFUNDIDADE ESCAVAÇÃO MÁX. 4,37 M - CHI DIURNO, AF 06/2014</a>	69,14	0,8186	CHI	56,59
C	<a href="#">88309</a>	<a href="#">PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES</a>	33,68	1,2258	H	41,28
C	<a href="#">88316</a>	<a href="#">SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES</a>	29,05	0,9632	H	27,98
C	<a href="#">88628</a>	<a href="#">ARGAMASSA TRAÇÃO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, AF 08/2019</a>	477,28	0,0366	M3	17,46
C	<a href="#">97738</a>	<a href="#">PEÇA CIRCULAR PRÉ-MOLDADA, VOLUME DE CONCRETO DE 10 A 30 LITROS, TAXA DE FIBRA DE POLIPROPILENO APROXIMADA DE 6 KG/M<sup>3</sup>, AF 01/2018 PS</a>	5.175,27	0,0154	M3	79,69
C	<a href="#">97739</a>	<a href="#">PEÇA CIRCULAR PRÉ-MOLDADA, VOLUME DE CONCRETO DE 30 A 100 LITROS, TAXA DE AÇO APROXIMADA DE 30KG/M<sup>3</sup>, AF 01/2018</a>	3.066,97	0,1164	M3	356,99
C	<a href="#">101623</a>	<a href="#">PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MECANIZADO, AF 08/2020</a>	228,77	0,1539	M3	35,20
I	<a href="#">4720</a>	<a href="#">PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE</a>	80,96	0,7318	M3	59,24
I	<a href="#">12532</a>	<a href="#">ANEL EM CONCRETO ARMADO, USO PARA POCOS DE INSPEÇÃO, SEM FUNDO, DIÂMETRO INTERNO DE 0,60 M E ALTURA DE 0,50 M</a>	122,78	1,00	UN	122,78
I	<a href="#">12551</a>	<a href="#">ANEL EM CONCRETO ARMADO, USO PARA POCOS DE VISITA, POCOS DE INSPEÇÃO, FOSSES SEPTICAS E SUMIDOUROS, SEM FUNDO, DIÂMETRO INTERNO DE 1,20 M E ALTURA DE 0,50 M</a>	294,15	3,00	UN	882,45

Fonte: SINAPI 98058 (2024).

Figura 29 - Custo para construção de Fossa Séptica e Sumidouro em D = 1,20 metros.

Tabela de Custos - Versão 028.1 - ENC. SOCIAIS 84,44%						
C4162 - FOSSA SÉPTICA E SUMIDOIRO EM ANEIS D=1,20M						
Preço Adotado: 3.230,9000				Unid: UN		
Código	Descrição	Unidade	Coeficiente	Preço	Total	
MAO DE OBRA						
I2543	SERVENTE	H	5,0000	18,4600	92,3000	
I2391	PEDREIRO	H	9,0000	24,1600	217,4400	
				TOTAL MAO DE OBRA	309,7400	
SERVIÇOS						
C2921	REATERRO C/COMPACTAÇÃO MANUAL S/CONTROLE, MATERIAL DA VALA	M3	5,5200	31,3820	173,2286	
C2593	TUBO PVC BRANCO P/ESGOTO D=100MM (4")	M	4,0000	42,1446	168,5784	
C2781	ESCAVAÇÃO MANUAL SOLO DE 1A CAT. PROF. DÉ 1,51 a 3,00m	M3	8,0400	64,6100	519,4644	
C2860	LASTRO DE AREIA ADQUIRIDA	M3	0,2300	161,5150	37,1484	
C2862	LASTRO DE BRITA	M3	0,2300	152,4950	35,0738	
				TOTAL SERVIÇOS	933,4937	
MATERIAIS						
I0109	AREIA MEDIA	M3	0,1090	83,5800	9,1102	
I7964	ANEL PRE-MOLDADO DE CONCRETO D=1,20M, h=0,50M	UN	6,0000	194,0200	1.164,1200	
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	72,9000	0,7100	51,7590	
I7966	LAJE DE FUNDO P/ FOSSA DE D=1,20M, E=0,10M	UN	1,0000	236,6200	236,6200	
I7965	TAMPA PRE-MOLDADA DE CONCRETO P/ FOSSA E SUMIDOIRO DE D=1,20M, E=0,10M	UN	2,0000	263,0300	526,0600	
				TOTAL MATERIAIS	1.987,6692	
				Total Simples	3.230,90	
				Encargos	INCLUSOS	
				BDI	0,00	
				TOTAL GERAL	3.230,90	

Fonte: SEINFRA (2024).

Para a fossa e sumidouro pela SEINFRA o preço encontrando para a mão de obra foi de R\$ 309,74, para serviços de R\$ 933,49 e de materiais de R\$ 1.987,67, que dá um custo total para a construção do sistema individual de R\$ 3.230,90, já com encargos inclusos. Para o filtro anaeróbio, foi encontrado o valor de R\$ 1.740,01, desse modo dando um total do sistema de R\$ 4.970,91. Porém, para esse valor ainda é preciso incluir o valor dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), que está relacionado com a porcentagem de custos indiretos e dos lucros de uma obra. Segundo o cálculo realizado pela Companhia de Desenvolvimento de Nova Odessa (Coden), o valor adotado para o BDI em projetos de esgotamento sanitário é de 29,12% (Anexo A). Já para o demonstrativo de taxa de BDI de serviços da Cagece, o valor encontrado para o BDI de serviços foi de 30% (Anexo B). Por último, pela referência da Companhia de Saneamento do Pará (Cosampa), o valor encontrado para o BDI foi de 30,57% (ANEXO C).

Assim, por meio de uma média aritmética simples, chegou-se ao valor de BDI de 29,89%, sendo assim o custo de cada unidade das fossas com filtros anaeróbios e sumidouros com valor final de composição de mão de obra, serviços e materiais é dado por  $R\$ 4.970,91 \cdot (1+0,2989) = R\$ 6.456,71$ . Considerando o mesmo valor de referência para distritos e localidades da Corsan de até 10 mil habitantes e com uma taxa de 2,5 habitantes por ligação de esgoto, temos o total de 4.000 ligações. As simulações de valores podem ser observadas abaixo.

Tabela 18 - Custo de Implantação das fossas sépticas, filtros anaeróbios e sumidouros em anéis de concreto.

Número de Habitantes	Taxa hab./lig.	Quantidade de ligações	Custo Unitário do Sistema	Valor Total Estimado
<b>250</b>	2,5	100	R\$ 6.456,71	R\$ 645.671,00
<b>500</b>	2,5	200	R\$ 6.456,71	R\$ 1.291.342,00
<b>750</b>	2,5	300	R\$ 6.456,71	R\$ 1.937.013,00
<b>1.000</b>	2,5	400	R\$ 6.456,71	R\$ 2.582.684,00
<b>2.000</b>	2,5	800	R\$ 6.456,71	R\$ 5.165.368,00
<b>2.500</b>	2,5	1.000	R\$ 6.456,71	R\$ 6.456.710,00
<b>3.000</b>	2,5	1.200	R\$ 6.456,71	R\$ 7.748.052,00
<b>3.500</b>	2,5	1.400	R\$ 6.456,71	R\$ 9.039.394,00
<b>4.000</b>	2,5	1.600	R\$ 6.456,71	R\$ 10.330.736,00
<b>4.500</b>	2,5	1.800	R\$ 6.456,71	R\$ 11.622.078,00
<b>5.000</b>	2,5	2.000	R\$ 6.456,71	R\$ 12.913.420,00
<b>6.000</b>	2,5	2.400	R\$ 6.456,71	R\$ 15.496.104,00
<b>7.000</b>	2,5	2.800	R\$ 6.456,71	R\$ 18.078.788,00
<b>8.000</b>	2,5	3.200	R\$ 6.456,71	R\$ 20.661.472,00
<b>9.000</b>	2,5	3.600	R\$ 6.456,71	R\$ 23.244.156,00
<b>10.000</b>	2,5	4.000	R\$ 6.456,71	R\$ 25.826.840,00

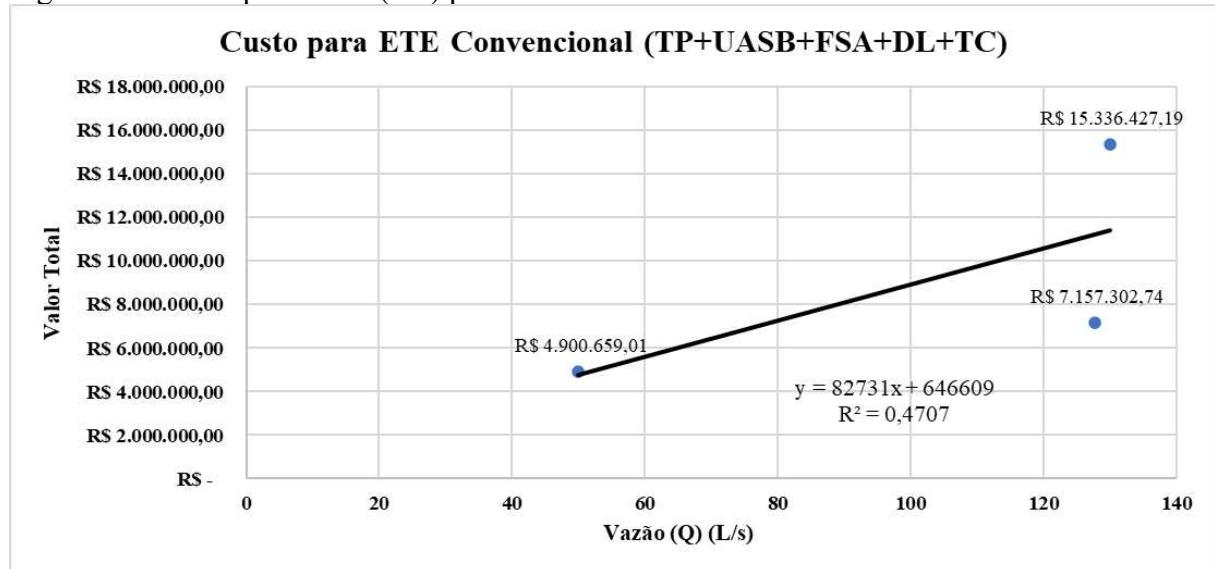
Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

A nível de comparação, foi levantado o custo de estações de tratamento de esgoto mais convencionais utilizadas pela Cagece, por meio de outras três obras realizadas em municípios pela CAGECE (Viçosa do Ceará, Horizonte e Aquiraz), que constam com o mesmo padrão estrutural, formadas por unidade de tratamento preliminar composto por sistema básico de gradeamento, calha Parshall com sensor ultrassônico ou eletromagnético para medição de vazão, desarenador e unidade elevatória de esgoto, unidade de tratamento primária e secundária composta por Reatores do tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) seguido por Filtro Submerso Aerado (FSA) e decantador lamelar, tanque de contato para desinfecção por cloração (cloro gás ou hipoclorito) e sistema de desidratação de lodos por leitos de secagem.

A escolha desse tipo de estação de tratamento se deu pelo motivo que a Cagece utiliza desse modelo compacto de estação, o que tende a baratear o preço em relação a outros tipos de

tecnologia como lagoas de estabilização ou lodos ativados, além de que essas estações de tratamento compactas da Cagece são padronizadas para todas as obras realizadas. Esta tendência é justificada não só pela redução de espaço, mas também por propiciarem melhor controle operacional do sistema e menor impacto ambiental (Portal Cagece, 2021). Ademais, segundo o Engenheiro da Gerência de Projetos da companhia, Leonardo Carvalho, a tecnologia mais utilizada pela Cagece para tratamento de efluentes é a do tipo UASB. Para esse tipo de ETE, encontrou-se a relação entre vazão (Q) em L/s e o custo unitário com as atualizações de valor para referência de agosto de 2024, por meio do INCC.

Figura 30 - Custo por Vazão (L/s) para ETE convencional.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Embora o valor do  $R^2$  (Coeficiente de Pearsall) tenha sido um valor que está dentro de uma faixa de correlação dos dados considerada moderada para fraca (entre 0,4 a 0,5), a mesma foi utilizada pela companhia na elaboração desse anteprojeto. O valor baixo de  $R^2$  pode estar relacionado a fatores diferentes aos componentes das estações de tratamento de esgoto, como valores de mão de obra, tipos de solos de escavação, gastos com transporte de matérias escavados e rejeitos entre outros.

Assim, pode-se comparar por meio do cálculo da vazão de demanda, da Nota Técnica do Ministério da Cidades e do Plano Municipal de Saneamento Básico a diferença estimada no custo de implantação de SES coletivo e de sistema individual assistido na área urbana do distrito de São João de Deus do município de Russas, seguindo os passos abaixo:

- 1) Segundo o PMSB, o projeto proposto para o distrito seria com uma ETE de vazão média 1,1 L/s. Substituindo esse valor na equação do gráfico temos:

$$y = 82731x + 646609 \rightarrow y = (82731 * 1,1) + 646609 = R\$ 737.613,10.$$

- 2) Depois, utilizando da informação da Nota Técnica SNSA Nº 492/2010, o valor de influência da ETE em um sistema de esgotamento é de 23% para a região Nordeste. Logo:

$$R\$ 737.613,10 - 23\% \rightarrow x = (737.613,10 \times 100) / 23 = R\$ 3.207.013,48$$

X ----- 100%

- 3) Como informação também do PMSB, o número de ligações que o SES iria atender é de 270. Logo, podemos também estimar o custo da implantação do sistema individual assistido, sendo:

$$\text{Custo implantação sistema individual} = \text{Custo Unitário Sistema Fossa} \times \text{Nº Ligações} = \\ R\$ 6.456,71 \times 270 = R\$ 1.743.311,70$$

Ou seja, Para a zona urbana do distrito de São João de Deus, caso fosse implantado o sistema coletivo proposto, seria gasto em torno de 3.207.013,48 milhões de reais, enquanto para o sistema individual coletivo seriam gastos 1.743.311,70 milhões de reais, uma diferença de 1.463.702,08 milhões de reais que equivale a um custo aproximadamente 84% mais alto para implementação do SES coletivo em relação ao sistema individual assistido, sem considerar ainda a diferença com os custos de operação.

Ademais, a utilização das fossas com filtros e sumidouros, além de ter um custo de investimento mais barato, ainda elimina grande parte do gasto com OPEX (*Operational Expenditure*), que são os custos de operação com as ETEs convencionais ao longo do tempo, como os gastos com energia elétrica, pessoal próprio, produtos químicos e outras despesas gerais das ETEs. O gasto de operação pela concessionária com os sistemas individuais assistidos seria apenas com a limpeza anual programada pela operadora do sistema e com posterior disposição em estação de tratamento de efluente da companhia para tratamento do resíduo, conforme as licenças ambientais específicas e em conformidade com o descrito na

NBR/ABNT 17.076/24 – Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte -. Um exemplo disso é a tabela de tarifa de limpeza anual de fossas sépticas da CORSAN, pela qual a companhia faz a cobrança do valor da limpeza da fossa a depender do tipo de imóvel (categoria) do cliente.

Tabela 19 – Tarifa de Limpeza Anual de Fossas Sépticas da CORSAN.

Categoria	Preço (R\$/mês)	Preço (R\$/ano)
<b>Residencial Subsidiada (RS)</b>	13,49	161,87
<b>Residencial Básica (RB)</b>	34,06	408,71
<b>Comercial (C1)</b>	34,06	408,71

Fonte: Adaptado pelo Autor, AGESAN – RS (2024).

Para mais, deve ser analisada também a eficiência de remoção de matéria orgânica dos sistemas propostos. Para as fossas sépticas com filtros anaeróbios e sumidouros, essa eficiência depende de diversos aspectos: carga hidráulica, carga orgânica volumétrica, geometria, arranjo das câmaras, temperatura e condições de operação (ZAGO, DUSI, 2017). Em termos de eficácia de tratamento, Oliveira (2005) analisou 166 ETEs em operação no país, testando o desempenho de tratamento de cada tipo de tecnologia diferente. O estudo mostra que as fossas sépticas com filtros anaeróbios têm eficiências de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (59%) e de demanda química de oxigênio (51%) um pouco abaixo do UASB, porém é mais efetiva na remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo, além de ser melhor também na remoção de coliformes totais, como pode ser observado na figura abaixo.

Figura 31 - Eficiência de remoção dos constituintes do efluente para tecnologias diferentes.

	Constituinte	Unidade	FS+FA	LF	LAN+LF	LA	UASB	UASB+POS
DBO	Afluente	(mg/L)	665	553	510	315	371	362
	Efluente	(mg/L)	292	136	89	35	98	42
	Eficiência remoção	(%)	59	75	82	85	72	88
DQO	Afluente	(mg/L)	1398	1187	1095	575	715	713
	Efluente	(mg/L)	730	525	309	92	251	141
	Eficiência remoção	(%)	51	55	71	81	59	77
SST	Afluente	(mg/L)	479	430	411	252	289	334
	Efluente	(mg/L)	165	216	153	57	85	51
	Eficiência remoção	(%)	66	48	62	76	67	82
NTK	Afluente	(mg/L)	78	69	78	47	43	
	Efluente	(mg/L)	61	38	45	22	48	
	Eficiência remoção	(%)	24	44	39	50	-13	24
PT	Afluente	(mg/L)	9	9	11	3	7	7
	Efluente	(mg/L)	7	4	7	1	6	5
	Eficiência remoção	(%)	30	46	36	46	-1	23
CF (*)	Afluente	(org/100mL)	$2,6 \times 10^7$	$5,3 \times 10^7$	$2,0 \times 10^8$	$3,7 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$	$1,8 \times 10^8$
	Efluente	(org/100mL)	$5,3 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$	$4,3 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$3,4 \times 10^7$	$9,7 \times 10^6$
	Eficiência remoção	Unidades log	0,9	1,6	2,2	2,0	0,6	2,8

Fonte: OLIVEIRA (2005).

Além disso, a Corsan por meio do relatório Sistema de Esgotamento Sanitário - SOLUÇÃO INDIVIDUAL estimou que os filtros anaeróbios sejam capazes de remover até 60% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente da fossa séptica (Corsan, 2017), que é um valor praticamente igual ao encontrado por Olivera, fomentando a ideia que as fossas sépticas com filtros anaeróbios e sumidouros conseguem manter uma eficiência adequada de remoção de contribuintes do esgoto.

## 6 CONCLUSÃO

Analizando o que foi descrito no trabalho a partir das metodologias e com os resultados obtidos, pode-se concluir que se faz necessário a elaboração dos PMSBs para os 46 municípios que ainda não possuem, além da disponibilização deles para os outros 35 municípios nos quais não foram encontrados os planos. Para os 103 PMSBs encontrados, é necessário a revisão em maioria, visto que muitos foram realizados antes de 2020 e 49 deles estão com metas estabelecidas em prazos distintos aos do Novo Marco Legal. Quanto a situação atual dos municípios ao saneamento, percebe-se que, independentemente de a forma de administração ser pela Cagece, prefeitura municipal ou empresa privada, nenhum município ainda conseguiu atingir as metas de universalização, o que demonstra um certo atraso de investimentos em projetos com o setor de esgotamento sanitário.

Para o estudo de demanda, de acordo com os valores de consumo *per capita* encontrados nos PMSBs dos municípios cearenses, nos projetos conceituais da PPP da RMF e da RMC, da SANEPAR e da SANESUL, amparados também pelo valor médio de dos 184 municípios cearenses encontrado por meio dos dados obtidos pelo SINISA, foi possível chegar a um intervalo apropriado de 100 L/hab.dia a 150 L/hab.dia, podendo ser adotado uma estratégia de valores menores para municípios menos populosos como de 100 a 120 e valores perto de 150 para cidades maiores.

Quanto a vazão de infiltração, evidenciou-se que valores de taxa infiltração como 0,05 L/s/km; 0,10 L/s/km e 0,15 L/s/km podem ser utilizados em projetos de sistemas de esgotamento futuros no Estado do Ceará, pois condizem com o que outras companhias de saneamentos de regiões como Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo vêm adotando, mesmo com regimes chuvosos mais intensos e com solos mais propensos a infiltração. Entretanto vale ressaltar que ainda pode ser necessário a utilização de valores maiores como 0,20 ou 0,25 a depender das características do solo e das cotas das redes em comparação a altura do lençol freático, portanto sendo necessário em alguns casos uma análise mais elaborada.

Para o estudo das tecnologias de tratamento alternativas, foi provado que para municípios com predominância rural e centros urbanos menores e que não necessitam de tecnologias de tratamento de esgoto mais robustas, as fossas com filtros anaeróbios e sumidouros podem ser soluções viáveis e auxiliariam no acesso a localidades com maiores dificuldades técnicas para os projetos. Em termos de qualidade de efluente tratado, foi evidenciado que esses sistemas descentralizados são eficientes na remoção de DBO e *Escherichia Coli*, atendendo aos padrões vigentes de lançamento em solo. Além disso, em questões financeiras, foi observado que a

implantação das soluções descentralizadas é mais barata que as dos sistemas coletivos, como visto na comparação do distrito de São João de Deus, em Russas (R\$ 1.743.311,70 para a solução individual e R\$ 3.207.013,48 para a coletiva).

Já para a substituição da caixa de inspeção no passeio para o TIL de ligação, notou-se uma diferença significativa de impacto financeiro no custo de implantação das ligações domiciliares com utilização do TIL e da caixa (767.995.480,98 reais de diferença entre implantação das ligações com TIL e com caixa para as ligações potenciais dos 152 municípios de responsabilidade da Cagece), o que facilitaria uma maior adesão de residências as redes coletoras em tempo mais curto.

Por fim, pode-se concluir que o estudo demonstrou premissas e tecnologias adequadas com as normas de referência e normas técnicas produzidas sobre o assunto, assim como estão condizentes com os padrões adotados em outros estudos de engenharia já realizados, com o intuito de atingir a meta de universalização de esgoto de 90% de cobertura e atendimento dos municípios cearenses. No entanto vale ressaltar que essa é uma recomendação de concepção inicial e que pode ser utilizada, mas posteriormente é necessário um estudo de cada caso de forma mais suscinta para analisar o melhor cenário para cada local e se existem outras formas de aplicação melhores.

## REFERENCIAS

AITH, Fernando. **Saúde e saneamento no Brasil: aspectos conceituais e regulatórios e os desafios para a adoção de políticas públicas intersetoriais no País.** In: MOTA, Carolina. **Saneamento básico no Brasil: aspectos jurídicos da Lei federal 11.445/07.** São Paulo: Quartier Latin, 2010.

ALMEIDA, Simão Araújo Barbosa de. Contribuição à aplicação de coeficientes de consumo em projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário em comunidades urbanas de baixa renda do Nordeste do Brasil-estudo de caso. 2007.

AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê et al. Presença de fármacos em estações de tratamento de esgoto, persistência em efluentes e técnicas de remoção. 2018.

APRECE - ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ. **Planos Municipais de Saneamento Básico.** Disponível em: <<https://aprece.org.br/nucleo-tecnico/planos-municipais-de-saneamento-basico/>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

ARCE - AGÊNCIA REGULADORA DO ESTADO DO CEARÁ. **Planos Municipais de Saneamento Básico.** Disponível em: <<https://www.arce.ce.gov.br/coordenadorias/saneamento/arquivo-planos-municipais-de-saneamento-basico/>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17.076: Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BASÍLIO SOBRINHO, Geraldo. **Planos municipais de saneamento básico (PMSB): instrumento para universalização do abastecimento de água e do esgotamento sanitário.** 2011.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 969**, de 7 de novembro de 1969. Institui o Departamento de Polícia do Serviço Nacional de Informações e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 nov. 1969. Seção 1, p. 1.

BRASIL, Diário Oficial da União (D.O.U.). Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Código de Águas. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643compilado.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm)>. Acesso em: 22 fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.079**, de 30 de dezembro de 2004. Estabelece normas gerais para licitações e contratos administrativos no âmbito da administração pública, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 30 dez. 2004. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm)>. Acesso em: 02 mar. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. 2007. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 26 fev. 2024

BRASIL. **Lei nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm)>. Acesso em: 26 fev. 2024.

CAGECE, Caucaia - CE Cumbuco Anteprojeto das Obras Remanescentes do Sistema de Esgotamento Sanitário da Vila e Praias do Cumbuco VOLUME ÚNICO Orçamento, 2021. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/wp-content/uploads/PDF/EditaisContratacoes/ProcedimentoRegidoPelaLei13303/EDITAL2021035/SES/VOLUME-UNICO.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2024.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos, Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE, Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. Disponível em: <<https://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2024.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2007. v. 5. 380 p.

CORSAN, Sistema de Esgotamento Sanitário - SOLUÇÃO INDIVIDUAL. 2017. Disponível em: <[https://agerst-rs.com.br/wp-content/uploads/2022/03/fossas\\_septicas\\_demand-1.pdf](https://agerst-rs.com.br/wp-content/uploads/2022/03/fossas_septicas_demand-1.pdf)>. Acesso em 19 ago. 2024.

COSTA, A. M. **Análise histórica do saneamento no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fiocruz, Rio de Janeiro. 1994.

COSTA, Beatriz Veras et al. Sistema de esgotamento sanitário: estudo de caso: Treviso/SC. 2012.

COSTA, G. R. et al. (EDS.). **SANEAMENTO BÁSICO: SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA**. Revista Paramétrica, 2022. v. V. 14.

DALMAZO, Renato A. Expansão e desequilíbrio financeiro das estatais gaúchas. **O Estado do Rio Grande do Sul nos anos**, v. 80, p. 299-395, 1994.

DA COSTA, Ilton Garcia; PIEROBON, Flávio; SOARES, Eliane Cristina. **A Efetivação do direito ao saneamento básico no Brasil: do PLANASA ao PLANASB. Meritum**, v. 13, n. 2, p. 335-358, 2018.

DE LIMA MACHADO, A. **Saneamento básico e o Novo Marco legal: avanços e desafios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade Federal de Santa Catarina, 2022. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/242867/TCC.%20Amanda%20de%20Lima%20Machado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

DIAZ, Raphael Rodrigo Licheski; NUNES, Larissa dos Reis. **A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil.** Revista de Direito da Faculdade Guanambi, Guanambi, v. 7, n. 02, e292, jul./dez. 2020. Disponível em: <http://revistas.faculdadeguanambi.edu.br/index.php/Revistadedyreito/article/view/292>. Acesso em: 15 jun. 2024.

DUARTE, Amanda Ingrid Sousa. **Avaliação da situação dos planos municipais de saneamento básico do Estado do Ceará.** 2022. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

FARIA, Simone Alves de; FARIA, Ricardo Coelho de. Cenários e perspectivas para o setor de saneamento e sua interface com os recursos hídricos. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 9, p. 202-210, 2004.

FARIAS, George Émerson Pereira et al. **FORMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO MAIS ENCONTRADAS NAS ETE'S DO CEARÁ.**

FARIAS, Rosa Sulaine Silva. **Perspectivas e limites da Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico: um estudo sobre a aplicação dos principais instrumentos e determinações da lei nº 11.445/07, nos municípios da região metropolitana de Belém-Pará.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FORNARI FILHO, Pery; DE LIMAS FONSECA, Mariana Moller; DE ANDRADE, Fernanda Marcelino. **II-047-INFLUÊNCIA DAS CHUVAS DE VERÃO NO SES COSTA NORTE: COMPARATIVO DE VAZÕES DO EFLUENTE DA ETE CANASVIEIRAS ENTRE JAN/2017 E JAN/2018.**

FEDERAL, Senado. **Constituição. Brasília (DF), 1988.** Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 22 fev. 2024.

FERNANDES NETO, M. L.; NAGHETTINI, M.; von SPERLING, M.; LIBÂNIO, M. **Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo *per capita* de água para os municípios de Minas Gerais.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2004.

GAMA, Rogério Gutierrez. **Usos da água, gestão de recursos hídricos e complexidades históricas no Brasil: estudo sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.** Escola Nacional de Ciências Estatísticas-ENCE/IBGE. Rio de Janeiro, 2009.

GESSE. **ETEs compactas: tendência na Cagece e em outras companhias de saneamento - Portal Cagece.** Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/comunicacao/noticias/etes-compactas-tendencia-na-cagece-e-em-outras-companhias-de-saneamento/>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

GUIMARÃES, ALEXANDRE JOSÉ ATHAYDE; CARVALHO, DF de; SILVA, LDB da. Saneamento básico. **Rio de Janeiro: UFRJ**, p. 1-3, 2007.

HEINEN, Juliano. **Análise de Impacto Regulatório e o modelo de Regulação Tarifária para tratamento de água e esgoto a partir das experiências estadunidenses e francesa**. 2022.

HELLER, Pedro Gasparini Barbosa. **Modelos de prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: uma avaliação comparativa do desempenho no conjunto dos municípios brasileiros**. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Tabelas - Prévia da População dos Municípios com base nos dados do Censo Demográfico 2022 coletados até 25/12/2022**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=35938>>. Acesso em: 24 mar. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento: SNIS 2023. São Paulo: GO Associados, 2024.

JULIANO, Neusa Monteiro de Arruda. **Formas de Remuneração de Serviços de Água e Esgotos**. São Paulo: edição da autora, 1976.

LEITE, Carlos Henrique Pereira; MOITA NETO, José Machado; BEZERRA, Ana Keuly Luz. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 1041-1047, 2022.

LIMA, F. A. X., & Custódio, A. M. B. (2022). Acesso ao saneamento básico no Ceará e sua relação com o desenvolvimento e a pobreza. *DRd - Desenvolvimento Regional Em Debate*, 12, 331–356.

LOPES, Maria Irene Teodoro; FILHA, Maria do Socorro Ribeiro Hortegal. UTILIZAÇÃO DO COEFICIENTE LINEAR DE PEARSON PARA AVALIAR A INFLUÊNCIA DOS INDICADORES PIB E IDH NO CONSUMO *PER CAPITA* DE ÁGUA NO ESTADO DO CEARÁ. In: **Colloquium Exactarum. ISSN: 2178-8332**. 2021. p. 69-81.

MACHADO, Adriana Santos; BORJA, Patrícia Campos; MORAES, Luiz Roberto Santos. Desafios e oportunidades para a implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 234-250, 2013.

MARTINELLI, A. et al. Esgotamento sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Blucher, 2014.

MENDONÇA, Luciana Coêlho et al. A importância do reuso de efluentes de esgotos domésticos tratados na agricultura. **MENDONÇA, SR; MENDONÇA, LC Sistemas**

**sustentáveis de esgoto: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reuso na agricultura. São Paulo: Edgard Blücher, p. 293, 2018.**

**MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER., L. (EDS.). UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA DAS PRIMEIRAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO E DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.** Ambiente & Sociedade, 2022. v. São Paulo XVIII, n. 3.

NOYOLA, A.; PADILLA-RIVERA, A.; MORGAN-SAGASTUME, J. M.; GUERECA, L.P.; HERNÁNDEZ-PADILLA, F. Typology of municipal wastewater treatment Technologies in Latin America. *Clean Soil Air Water*, México, v. 40 n. 9, : p. 926- 932. 2012.

OLIVEIRA, Sílvia; CORRÊA, M. A.; VON SPERLING, Marcos. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, p. 347-357, 2005.

**PÁDUA, VLD.** Introdução ao tratamento de água. **Heller, L.; Pádua, VLD** Abastecimento de água para consumo humano. 2<sup>a</sup>. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 2, 2010.

PARLATORE, Antônio Carlos. **Privatização do setor de saneamento no Brasil**. 2000.

**PEREIRA JR., J.S.** Aplicabilidade da Lei n. 11.445/2007. **Diretrizes Nacionais Para o Saneamento Básico. Estudo Técnico – Consultoria Legislativa**. Câmara dos Deputados, 2008.

**PIMENTEL-GOMES, Curso de Estatística Experimental**, 1985. Piracicaba-SP. ESALQ/USP.

PINTO, Alyre Marques; RIBAS, Lídia Maria. Novo Marco Legal do Saneamento Básico. **Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro**, v. 26, n. 55, p. 84-119, 2022.

RIBEIRO, Wladimir António. O saneamento básico como um direito social. **Revista de Direito Público da Economia–RDPE**, Belo Horizonte, ano, v. 13, p. 229-251, 2015.

ROLAND, N.; REZENDE, S.; HELLER, L. FATORES CONDICIONANTES DA ADOÇÃO DO TIPO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO: UM ESTUDO EM OITO MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS. **Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 66–83, 2020. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.1.64746. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/64746>. Acesso em: 13 mar. 2024.

ROUBICEK, Marcelo. O novo marco legal do saneamento básico sob análise. **Nexo Jornal. June**, v. 25, 2020.

SILVA, J. C. Hidráulica de Sistemas de Esgotamento Sanitário. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora XPTO, 2022.

SILVA DOS SANTOS, Fernanda Flores; DALTRO FILHO, José; MACHADO, Celestina Tojal; VASCONCELOS, Jailde Fontes; FEITOSA, Flávia Regina Sobral. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, [S. l.], v. 4, n. 1, 2018. Disponível em: <https://revistabrasileirademioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/127>. Acesso em: 26 fev. 2024.

**SINAPI 98058: FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,10 M, ALTURA INTERNA = 1,50 M, VOLUME ÚTIL: 1140,4 L (PARA 5 CONTRIBUINTES). AF\_12/2020\_PA.** Disponível em: <<https://orcamentor.com/composicao/98058/>>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SINISA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto - 2022. Brasília: SNIS, 2023.

SINISA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Série Histórica. Disponível em: <<https://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#:~:text=O%20SNIS%20-20Série%20Histórica%20é,de%20coleta%20até%20o%20atual>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SEINFRA, **Tabela de Custos - Versão 028.1 - ENC. SOCIAIS 84,44%**. Disponível em: <<https://sin.seinfra.ce.gov.br/site-seinfra/siproce/desonerada/html/tabela-seinfra.html?v=1739852500535>>. Acesso em: 23 ago. 2024

SOUZA, Maria Salete de. MEIO AMBIENTE URBANO E SANEAMENTO BÁSICO. **Mercator**, Fortaleza, v. 1, n. 1, jan. 2009. ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/194>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. Ação Direta de Constitucionalidade nº 1.842. *Relator: Min. Luís Roberto Barroso*. Julgamento: 21 de junho de 2017. Disponível em: <<https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=754566806>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3<sup>a</sup> edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, 548 p.

TUROLLA, Frederico A. Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2002. Disponível em: <[https://livros01.livrosgratis.com.br/td\\_0922.pdf](https://livros01.livrosgratis.com.br/td_0922.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2024.

UNICEF; World Health Organization. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: Special focus on Gender. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization, 2022. Disponível em: <[https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/jmp-2023\\_layout\\_v3launch\\_5july\\_low-reswhowebsite.pdf?sfvrsn=c52136f5\\_3&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/jmp-2023_layout_v3launch_5july_low-reswhowebsite.pdf?sfvrsn=c52136f5_3&download=true)>. Acesso em: 26 fev. 2024.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgoto**. 3. ed. v. 1. Belo Horizonte (MG): UFMG, 2005.

ZOIA, Mariana Simolini. **Análise comparativa de aspectos econômicos de ETE's compactas e sistemas convencionais**. 2019. Tese de Doutorado. [sn].

## ANEXO A – COMPOSIÇÃO DO BDI PELA CODEN

### COMPOSIÇÃO BDI

BDI Const. Redes Água, Esg. etc

#### Cálculo do BDI - Com desoneração sobre a folha de pagamento

Fórmula e parâmetros estabelecidos pelo Acórdão 2622/2013-TCU-Plenário

#### TIPOS DE OBRAS CONTEMPLADOS

Para o tipo de obra "CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS" enquadram-se: a construção de sistemas para o abastecimento de água tratada: reservatórios de distribuição, estações elevatórias de bombeamento, linhas principais de adução de longa e média distância e redes de distribuição de água; a construção de redes de coleta de esgoto, inclusive de interceptores, estações de tratamento de esgoto (ETE), estações de bombeamento de esgoto (EBE); a construção de galerias pluviais (obras de micro e macro drenagem). Esta classe compreende também: as obras de irrigação (canais); a manutenção de redes de abastecimento de água tratada; a manutenção de redes de coleta e de sistemas de tratamento de esgoto, conforme classificação 4222-7 do CNAE 2.0. Enquadra-se ainda a construção de estações de tratamento de água (ETA).

#### DEMONSTRATIVO BDI

Item	Mínimo	Máximo	BDI	Identificação
AC	3,43	6,71	6,70	Administração Central
S e G	0,28	0,75	0,70	Seguro e Garantia
R	1,00	1,74	1,50	Risco
DF	0,94	1,17	1,15	Despesas Financeiras
L	6,74	9,40	8,25	Lucro
I *	5,65	10,65	7,65	Tributos *

**TOTAL 29,12 ← BDI A SER ADOTADO (com desoneração)**

Verificação: 26,38 ← limite 20,76% a 26,44% (sem desoneração)

\* Em geral, os tributos (I) aplicáveis são PIS (0,65%), COFINS (3%) e ISS (variável, conforme Município, de 2 a 5% e, em alguns casos, isento).

\*\* Caso a empresa seja tributada de forma diferente, alterar os valores abaixo:

TRIBUTOS	%
PIS**	0,65
COFINS**	3,00
Cont. Previd.	2,00
ISS	2,00
<b>Total</b>	<b>7,65</b>

(Contribuição Previdenciária sobre a receita bruta, no caso de desoneração na folha)

Declaramos que, conforme **legislação tributária municipal**, a base de cálculo do ISS é de 100,00% sobre o valor da obra e a alíquota do ISS aplicável no Município é de 2,00% — (limitado a 5,00%)

#### FÓRMULA

BDI calculado pela expressão:

$$\text{BDI} = \{ [ (1 + \text{AC}/100 + \text{S}/100 + \text{R}/100 + \text{G}/100) \times (1 + \text{DF}/100) \times (1 + \text{L}/100) / (1 - \text{I}/100) ] - 1 \} \times 100$$

Fonte: Coden (2013).

## ANEXO B - COMPOSIÇÃO DO BDI PELA CAGECE



**Cagece** Companhia  
de Águas e Esgoto  
do Ceará



**GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ**  
Secretaria das Cidades

<b>DEMONSTRATIVO DE TAXA DE B.D.I. DE SERVIÇOS - CAGECE</b>		
<b>I - PARCELAS INCIDENTES SOBRE O CUSTO DIRETO</b>		
1 - ADMINISTRAÇÃO CENTRAL (AC)		
1.1 - Mão-de-obra Indireta		3,43%
2 - SEGURO (S) E GARANTIA (G)		
2.1 - Seguro e Garantia (S+G)		0,28%
3 - RISCO (R)		
3.1 - Risco		1,00%
4 - DESPESAS FINANCEIRAS (DF)		
4.1 - Despesas financeiras		0,99%
<b>II - PARCELAS INCIDENTES SOBRE O FATURAMENTO</b>		
1 - IMPOSTOS (I)		
1.1 - COFINS	3,00%	
1.2 - PIS	0,65%	
1.3 - ISS	5,00%	
1.4 - CPRB	4,50%	
		13,15%
2 - LUCRO (L)		6,74%
<b>III - TOTAL DO B.D.I CORRIGIDO (INCIDÊNCIA SOBRE CUSTO DIRETO)</b>		
$BDI = \frac{(1 + AC + S + R + G)(1 + DF)(1 + L)}{(1 - I)} - 1$	29,96%	
Benefícios e Despesas Indiretas Materiais Adotado (BDI SERVIÇO ADOTADO) =		30,00%

Obs<sup>1</sup>: Para o valor do ISS em sua composição, observar o percentual estabelecido pelo Código Tributário de cada município. No Ceará, variam de 2,0% a 5,0%.

Obs<sup>2</sup>: Para os itens 2- Seguro e Garantia, 3- Risco e 4- Despesas Financeiras, observar os percentuais máximos do Acórdão 2622 TCU.

### LIMITES

2.4 PARA O TIPO DE OBRA "CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABSTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS"

PARCELA BDI	1 QUARTIL	MÉDIO	3 QUARTIL
ADMINISTRAÇÃO CENTRAL	3,43%	4,93%	6,71%
SEGURO E GARANTIA	0,28%	0,49%	0,75%
RISCO	1,00%	1,39%	1,74%
DESPESAS FINANCEIRAS	0,94%	0,99%	1,17%
LUCRO	6,74%	8,64%	9,40%
PIS, COFINS E ISSQN		CONFORME LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA	

Fonte: Cagece.

## ANEXO C - COMPOSIÇÃO DE BDI PARA A COSAMPA

<b>Construção de Rede de Abastecimento de Água, Coleta de Esgoto e Construções correlatas</b>			
<b>BDI COM DESONERAÇÃO</b>			
	Serviço	Fornecimento de Materiais e Equipamento Especial	
<b>A) Despesas Indiretas e Lucro</b>	<b>14,81%</b>	<b>12,92%</b>	
1. Administração Central - AC	4,93%	4,28%	
2. Garantia + Seguro (G+S)	0,49%	0,48%	
3. Risco - R	1,39%	0,89%	
5. Despesas Financeiras - DF	0,99%	1,05%	
6. Lucro - L	7,01%	6,22%	
<b>B) Tributos - I</b>	<b>13,15%</b>	<b>13,15%</b>	
7. ISSQN (do local da Obra)	5,00%	5,00%	
8. PIS/PASEP	0,65%	0,65%	
9. CONFINS Contribuição Previdenciária sobre a	3,00%	3,00%	
10. Receita Bruta	4,50%	4,50%	
<b>C) Valor Final do BDI (Após aplicação da fórmula)</b>	<b>32,91</b>		<b>30,57</b>

Fonte: Cosampa (2016)

ANEXO D – ÍNDICE DE COBERTURA DE ESGOTO, EXTENSÃO DE REDE COLETORA E LIGAÇÕES ATIVAS E POTENCIAIS DOS 152 MUNICÍPIOS DA CAGECE.

Município IBGE	Índice de Cobertura de Esgoto (%)	Extensão de Rede Coletora (m)	Ligações de Esgoto Ativas	Ligações de Esgoto Potenciais
<b>ABAIARA</b>	0,00	0	-	2.012
<b>ACARAPE</b>	45,55	16.323,82	1.061	4.015
<b>ACARAÚ</b>	23,53	18.512,34	1.342	8.760
<b>ACOPIARA</b>	31,46	20.831,17	1.897	8.303
<b>ALCÂNTARAS</b>	62,24	6.316,99	700	814
<b>ALTANEIRA</b>	26,44	5.375,00	382	2.423
<b>ALTO SANTO</b>	0,00	0	-	3.553
<b>ANTONINA DO NORTE</b>	0,00	0	-	3.610
<b>APUIARÉS</b>	0,00	0	-	3.555
<b>AQUIRAZ</b>	43,50	48.853,37	3.626	9.015
<b>ARACATI</b>	39,92	52.439,90	4.826	16.972
<b>ARACOIABA</b>	0,00	0	-	10.870
<b>ARARENDÁ</b>	0,00	0	-	2.636
<b>ARARIPE</b>	0,00	0	-	6.113
<b>ARATUBA</b>	36,37	2.597,31	485	1.212
<b>ARNEIROZ</b>	0,00	0	-	1.817
<b>ASSARÉ</b>	0,00	0	-	6.506
<b>AURORA</b>	27,57	6.685,47	922	5.232
<b>BAIXIO</b>	0,00	0	-	1.629
<b>BARBALHA</b>	53,34	48.905,31	2.884	11.603
<b>BARREIRA</b>	40,43	19.415,17	770	5.705
<b>BARRO</b>	19,35	5.108,00	500	5.019
<b>BARROQUINHA</b>	36,18	15.201,15	716	3.469
<b>BATURITÉ</b>	3,24	1.995,93	244	13.043
<b>BEBERIBE</b>	30,19	15.710,11	1.482	7.116
<b>BELA CRUZ</b>	61,96	29.643,48	2.156	2.455
<b>CAMPOS SALES</b>	33,10	12.267,54	1.310	6.502
<b>CAPISTRANO</b>	0,00	0	-	5.605
<b>CARIDADE</b>	0,00	0	-	6.457
<b>CARIRÉ</b>	62,46	14.809,67	1.002	1.374
<b>CARIÚS</b>	0,00	0	-	3.583
<b>CARNAUBAL</b>	0,00	0	-	7.716
<b>CASCAVEL</b>	13,76	13.843,95	720	22.225
<b>CATARINA</b>	35,92	6.947,62	725	2.256
<b>CATUNDA</b>	0,00	0	-	3.401
<b>CAUCAIA</b>	51,03	212.143,38	50.989	81.073
<b>CEDRO</b>	11,26	1.092,20	472	7.355
<b>CHAVAL</b>	0,00	0	-	4.587
<b>CHORÓ</b>	0,00	0	-	5.599
<b>CHOROZINHO</b>	33,38	-	-	1.778
<b>COREAÚ</b>	26,98	9.307,92	945	4.411
<b>CRATEÚS</b>	82,32	134.810,64	13.059	4.910
<b>CROATÁ</b>	74,09	12.476,00	636	716
<b>CRUZ</b>	0,00	0	-	6.373
<b>ERERÊ</b>	0,00	0	-	1.749
<b>EUSÉBIO</b>	24,81	25.895,09	3.822	30.116
<b>FARIAS BRITO</b>	0,00	0	-	4.359
<b>FORQUILHA</b>	67,73	17.914,98	2.567	2.573
<b>FORTALEZA</b>	68,79	2.416.953,47	459.707	349.879
<b>FORTIM</b>	0,00	0	-	7.034
<b>FRECHEIRINHA</b>	19,90	6.254,87	632	4.891
<b>GENERAL SAMPAIO</b>	0,00	0	-	1.978
<b>GRAÇA</b>	29,96	4.620,48	315	518

Município IBGE	Índice de Cobertura de Esgoto (%)	Extensão de Rede Coletora (m)	Ligações de Esgoto Ativas	Ligações de Esgoto Potenciais
GRANJEIRO	49,83	2.330,00	365	2.518
GROAÍRAS	0,00	0	-	4.912
GUAIÚBA	43,02	9.755,14	887	4.794
GUARACIABA DO NORTE	42,82	14.878,79	1.221	5.130
GUARAMIRANGA	64,44	2.402,73	375	331
HIDROLÂNDIA	0,00	0	-	5.355
HORIZONTE	58,47	84.438,75	4.614	17.753
IBARETAMA	0,00	0	-	1.520
IBIAPINA	0,00	0	-	6.368
IBICUITINGA	0,00	0	-	6.994
INDEPENDÊNCIA	47,44	13.206,35	1.432	3.197
IPAUMIRIM	0,00	0	-	3.871
IRACEMA	12,80	4.602,86	240	5.865
IRAUÇUBA	0,00	0	-	5.467
ITAIÇABA	0,00	0	600	29.301
ITAITINGA	25,36	53.852,41	-	3.604
ITAPIPOCA	50,49	54.466,29	11.441	18.702
ITAPIÚNA	0,00	0	-	6.279
ITAREMA	39,68	15.461,87	590	3.969
ITATIRA	0,00	0	-	6.076
JAGUARETAMA	3,08	1.190,83	126	5.459
JAGUARIBARA	62,67	37.880,03	2.010	1.305
JAGUARUANA	0,00	0	-	10.053
JATI	0,00	0	-	2.008
JIJOCAS DE JERICOACOARA	48,51	20.486,97	2.036	3.601
JUAZEIRO DO NORTE	40,19	129.759,07	28.554	79.133
LAVRAS DA MANGABEIRA	0,00	0	-	10.447
MARACANAÚ	50,76	207.481,64	40.395	60.590
MARANGUAPE	48,60	83.469,71	5.336	23.078
MARCO	39,57	14.564,70	516	4.715
MARTINÓPOLE	0,00	0	-	4.682
MASSAPÊ	53,44	26.511,25	2.846	5.255
MAURITI	24,84	11.705,00	1.154	7.158
MERUOCA	0,00	0	-	2.367
MILAGRES	0,00	0	-	6.485
MIRAIÁ	0,00	0	-	4.343
MISSÃO VELHA	21,30	3.049,77	352	6.007
MOMBAÇA	0,00	0	-	12.331
MONSENHOR TABOSA	0,00	0	-	6.736
MORAÚJO	0,00	0	-	2.507
MORRINHOS	0,00	0	-	6.689
MUCAMBO	27,79	8.977,81	646	4.048
MULUNGU	24,87	3.120,98	233	1.589
NOVA OLINDA	0,00	0	-	6.766
NOVO ORIENTE	47,31	19.982,69	2.389	4.395
OCARA	20,93	6.636,57	587	4.755
ORÓS	0,56	18.681,33	38	8.194
PACAJUS	15,23	39.129,09	722	26.745
PACATUBA	58,79	5.588,75	12.598	14.617
PACOTI	85,76	19.982,69	825	199
PACUJÁ	0,00	0	-	2.668
PALHANO	0,00	0	-	4.239
PALMÁCIA	35,58	3.485,80	462	1.486
PARACURU	31,48	16.579,89	1.601	8.697
PARAIPABA	82,39	24.787,20	2.711	1.233
PARAMBU	0,00	0	-	6.928
PARAMOTI	26,66	3.900,20	400	3.021

Município IBGE	Índice de Cobertura de Esgoto (%)	Extensão de Rede Coletora (m)	Ligações de Esgoto Ativas	Ligações de Esgoto Potenciais
<b>PENAFORTE</b>	0,00	0	-	4.134
<b>PENTECOSTE</b>	0,00	0	-	12.444
<b>PEREIRO</b>	0,00	0	-	5.545
<b>PIQUET CARNEIRO</b>	0,00	0	-	4.481
<b>PIRES FERREIRA</b>	0,00	0	-	2.296
<b>PORANGA</b>	50,98	11.523,05	1.048	3.539
<b>PORTEIRAS</b>	28,95	2.519,35	549	2.604
<b>POTENGI</b>	0,00	0	-	3.073
<b>POTIRETAMA</b>	0,00	0	-	2.616
<b>QUITERIANÓPOLIS</b>	0,00	0	-	4.228
<b>QUIXADÁ</b>	58,36	67.121,62	6.172	14.097
<b>QUIXERÉ</b>	0,00	0	-	4.976
<b>REDENÇÃO</b>	3,97	2.209,86	292	10.095
<b>RERIUTABA</b>	0,00	0	-	5.054
<b>RUSSAS</b>	37,30	54.325,07	6.279	18.510
<b>SABOEIRO</b>	5,06	1.040,00	111	3.351
<b>SALITRE</b>	22,53	3.048,70	249	1.999
<b>SANTA QUITÉRIA</b>	0,00	0	-	13.741
<b>SANTANA DO ACARAÚ</b>	0,00	0	-	5.611
<b>SANTANA DO CARIRI</b>	0,00	0	-	3.426
<b>SÃO BENEDITO</b>	53,81	23.998,25	-	7.571
<b>SÃO GONÇALO DO AMARANTE</b>	66,46	80.441,22	-	2.207
<b>SÃO LUÍS DO CURU</b>	47,36	15.451,13	331	3.086
<b>SENADOR POMPEU</b>	0,00	0	3.221	6.695
<b>SENADOR SÁ</b>	0,00	0	4.418	6.399
<b>SOBRAL (APRAZÍVEL E JAIBARAS)</b>	18,60	4.847,59	422	2.175
<b>TABULEIRO DO NORTE</b>	12,52	6.279,49	1.049	10.990
<b>TAMBORIL</b>	0,00	0	-	7.553
<b>TARRAFAS</b>	22,05	1.068,18	92	1.107
<b>TAUÁ</b>	28,59	14.629,29	1.925	10.726
<b>TEJUÇUOCA</b>	0,00	0	-	3.029
<b>TIANGUÁ</b>	54,46	86.503,71	8.254	15.952
<b>TRAIRI</b>	23,86	20.973,18	931	9.159
<b>TURURU</b>	0,00	0	-	5.587
<b>UBAJARA</b>	0,00	0	-	8.966
<b>UMARI</b>	0,00	0	-	2.171
<b>UMIRIM</b>	0,00	0	-	6.441
<b>URUBURETAMA</b>	0,00	0	-	7.752
<b>URUOCA</b>	42,91	7.763,05	578	1.662
<b>VARJOTA</b>	0,00	0	-	7.423
<b>VÁRZEA ALEGRE</b>	0,00	0	692	6.250
<b>VIÇOSA DO CEARÁ</b>	28,13	12.667,91	-	13.385

Fonte: Cagece (2024). Adaptado pelo Autor.

**ANEXO E – VALORES DE CONSUMO *PER CAPITA* E ÍNDICES DE HIDROMETRAÇÃO DOS 184 MUNICÍPIOS DO CEARÁ, SEGUNDO A SÉRIE HISTÓRICA DO SINISA 2022.**

Municípios	Consumo <i>Per Capita</i>	Hidrometração
<b>Abaiara</b>	99,78	100
<b>Acarape</b>	198,25	99,97
<b>Acarauá</b>	137,36	99,99
<b>Acopiara</b>	126,27	99,99
<b>Aiuaba</b>	60,66	90,95
<b>Alcântaras</b>	122,4	100
<b>Altaneira</b>	127,1	100
<b>Alto Santo</b>	169,16	92,21
<b>Amontada</b>	101,3	100
<b>Antonina do Norte</b>	141,79	100
<b>Apuiarés</b>	145,51	100
<b>Aquiraz</b>	91,88	99,98
<b>Aracati</b>	158,45	99,75
<b>Aracoiaba</b>	217,84	100
<b>Ararendá</b>	136,06	100
<b>Araripe</b>	115,86	100
<b>Aratuba</b>	116,18	100
<b>Arneiroz</b>	129,69	100
<b>Assaré</b>	127,34	100
<b>Aurora</b>	165,86	99,99
<b>Baixio</b>	109,64	100
<b>Banabuiú</b>	92,27	96,51
<b>Barbalha</b>	140,06	99,07
<b>Barreira</b>	206,77	100
<b>Barro</b>	119,64	100
<b>Barroquinha</b>	132,86	100
<b>Baturité</b>	137,02	100
<b>Beberibe</b>	115,05	99,99
<b>Bela Cruz</b>	115,2	100
<b>Boa Viagem</b>	80,34	99,75
<b>Brejo Santo</b>	269,66	0
<b>Camocim</b>	246,97	99,79
<b>Campos Sales</b>	120,34	99,85
<b>Canindé</b>	87,93	57,86
<b>Capistrano</b>	164,6	99,86
<b>Caridade</b>	113,61	97,59
<b>Cariré</b>	142,33	100
<b>Caririaçu</b>	102,42	48,33
<b>Cariús</b>	166,46	99,98
<b>Carnaubal</b>	207,96	100
<b>Cascavel</b>	98,08	99,99
<b>Catarina</b>	71,39	100
<b>Catunda</b>	116,68	100
<b>Caucaia</b>	121,65	99,99
<b>Cedro</b>	117,82	100
<b>Chaval</b>	137,72	100
<b>Choró</b>	123,39	100
<b>Chorozinho</b>	148,93	100
<b>Coreaú</b>	131,77	99,99
<b>Crateús</b>	139,05	99,97
<b>Crato</b>	141,44	46,89
<b>Croatá</b>	112,24	100
<b>Cruz</b>	138,04	99,99
<b>Deputado Irapuan Pinheiro</b>	105,45	87,64
<b>Ereré</b>	142,38	100
<b>Eusébio</b>	187,1	100

Municípios	Consumo Per Capita	Hidrometração
<b>Farias Brito</b>	135,2	100
<b>Forquilha</b>	119,34	99,98
<b>Fortaleza</b>	130,6	99,99
<b>Fortim</b>	157,92	99,99
<b>Frecheirinha</b>	185,83	99,98
<b>General Sampaio</b>	110,84	100
<b>Graça</b>	134,07	100
<b>Granja</b>	187,82	100
<b>Granjeiro</b>	172,29	100
<b>Groáiras</b>	131,68	100
<b>Guaiúba</b>	115,26	100
<b>Guaraciaba do Norte</b>	139,26	99,99
<b>Guaramiranga</b>	160,85	100
<b>Hidrolândia</b>	125,47	100
<b>Horizonte</b>	113,97	99,99
<b>Ibaretama</b>	134	99,87
<b>Ibiapina</b>	142,83	100
<b>Ibicingtinga</b>	146,8	99,97
<b>Icapuí</b>	346,09	88,78
<b>Ícô</b>	96,05	89,89
<b>Iguatu</b>	111,8	98,64
<b>Independência</b>	124,18	99,99
<b>Ipaporanga</b>	470,43	100
<b>Ipaumirim</b>	123,08	99,98
<b>Ipu</b>	98,01	73,52
<b>Ipueiras</b>	118,7	88,76
<b>Iracema</b>	141,02	99,99
<b>Irauçuba</b>	118,62	100
<b>Itaiçaba</b>	169,42	99,97
<b>Itaitinga</b>	211,57	100
<b>Itapajé</b>	91,94	99,7
<b>Itapipoca</b>	162,28	99,98
<b>Itapiúna</b>	130,33	99,91
<b>Itarema</b>	131,73	99,9
<b>Itatira</b>	130,26	100
<b>Jaguaretama</b>	132,65	100
<b>Jaguaribara</b>	119,34	100
<b>Jaguaribe</b>	113,68	99,15
<b>Jaguaruana</b>	132,8	100
<b>Jardim</b>	117,88	10,9
<b>Jati</b>	131,54	100
<b>Jijoca de Jericoacoara</b>	346,87	100
<b>Juazeiro do Norte</b>	141,51	99,57
<b>Jucás</b>	94,91	88,26
<b>Lavras da Mangabeira</b>	129,9	99,99
<b>Limoeiro do Norte</b>	313,67	98,98
<b>Madalena</b>	114,16	48,35
<b>Maracanaú</b>	168,81	99,97
<b>Maranguape</b>	108,73	100
<b>Marco</b>	129,08	99,99
<b>Martinópole</b>	117,7	100
<b>Massapê</b>	138,36	99,99
<b>Mauriti</b>	134,45	100
<b>Meruoca</b>	120,11	100
<b>Milagres</b>	135,83	99,98
<b>Milhã</b>	61	96
<b>Miraíma</b>	152,7	100
<b>Missão Velha</b>	169,5	100
<b>Mombaça</b>	119,88	99,96
<b>Monsenhor Tabosa</b>	97,53	100

<b>Municípios</b>	<b>Consumo Per Capita</b>	<b>Hidrometração</b>
<b>Morada Nova</b>	129,09	94,98
<b>Moraújo</b>	163,39	100
<b>Morrinhos</b>	167,52	100
<b>Mucambo</b>	138,6	99,97
<b>Mulungu</b>	119,79	100
<b>Nova Olinda</b>	124,62	100
<b>Nova Russas</b>	93,6	100
<b>Novo Oriente</b>	146,96	99,99
<b>Ocara</b>	178,13	100
<b>Orós</b>	137,92	100
<b>Pacajus</b>	105,1	99,99
<b>Pacatuba</b>	122,83	100
<b>Pacoti</b>	67,43	100
<b>Pacujá</b>	145,35	100
<b>Palhano</b>	202,04	100
<b>Palmácia</b>	85,45	100
<b>Paracuru</b>	105,51	99,95
<b>Paraipaba</b>	140,86	100
<b>Parambu</b>	114,3	99,99
<b>Paramoti</b>	121,36	100
<b>Pedra Branca</b>	123,11	33,37
<b>Penaforte</b>	140,4	100
<b>Pentecoste</b>	145,33	99,98
<b>Pereiro</b>	148,77	100
<b>Pindoretama</b>	54,66	92,27
<b>Piquet Carneiro</b>	134,93	100
<b>Pires Ferreira</b>	156,75	100
<b>Poranga</b>	149,17	100
<b>Porteiras</b>	158,9	99,85
<b>Potengi</b>	105,02	100
<b>Potiretama</b>	122,66	99,96
<b>Quiterianópolis</b>	138,53	99,98
<b>Quixadá</b>	123,04	99,99
<b>Quixelô</b>	104,07	100
<b>Quixeramobim</b>	94,43	98,68
<b>Quixeré</b>	162,29	100
<b>Redenção</b>	80,26	62,11
<b>Reriutaba</b>	162,66	100
<b>Russas</b>	157,2	99,98
<b>Saboeiro</b>	136,08	99,98
<b>Salitre</b>	156,34	100
<b>Santana do Acaraú</b>	91,78	98,85
<b>Santana do Cariri</b>	118,98	99,98
<b>Santa Quitéria</b>	134,99	96,3
<b>São Benedito</b>	152,36	99,99
<b>São Gonçalo do Amarante</b>	118,74	100
<b>São João do Jaguaribe</b>	166,24	99,98
<b>São Luís do Curu</b>	105,11	99,96
<b>Senador Pompeu</b>	132,14	100
<b>Senador Sá</b>	130,94	100
<b>Sobral</b>	129,54	99,93
<b>Solonópole</b>	94,58	90,48
<b>Tabuleiro do Norte</b>	156,05	100
<b>Tamboril</b>	135,4	100
<b>Tarrafas</b>	124,31	100
<b>Tauá</b>	118,53	99,95
<b>Tejuçuoca</b>	91,12	99,95
<b>Tianguá</b>	175,63	99,99
<b>Trairi</b>	140,5	99,98
<b>Tururu</b>	229,61	100

Municípios	Consumo <i>Per Capita</i>	Hidrometração
<b>Ubajara</b>	154,23	100
<b>Umari</b>	129,18	99,8
<b>Umirim</b>	138,36	100
<b>Uruburetama</b>	144,49	99,97
<b>Uruoca</b>	139,44	100
<b>Varjota</b>	132,61	99,98
<b>Várzea Alegre</b>	120,36	100
<b>Viçosa do Ceará</b>	146,71	100
<b>Média</b>	138,49	96,49

FONTE: SINISA (2022).

ANEXO F – SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA A CAGECE POR MEIO DO PORTAL DA TRANSPARÊNCIA.

17/02/2025, 21:34

[cearatransparente.ce.gov.br/ticket\\_area/tickets/3066763?locale=pt-BR&print=true](https://cearatransparente.ce.gov.br/ticket_area/tickets/3066763?locale=pt-BR&print=true)

GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ



## Solicitação 7022394

**Protocolo**  
7022394

**Senha**  
9cqf

**Meio de entrada utilizado**  
Internet

**Criado em**  
Em 19/09/2024 às 00:19

**Prazo final de resposta**  
09/10/2024

**Situação**  
Finalizado

**Órgão responsável**  
Indefinido

**Sub-rede responsável**  
Indefinido

**Unidades**  
Indefinido

### Descrição

Boa noite, me chamo Davi Belezia Oliveira, estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará, atualmente estou escrevendo meu Trabalho de Conclusão do Curso e gostaria de pedir informações sobre os Sistemas de Esgotamento operados pela CAGECE de todos os municípios do Ceará, sendo esses: Índices de Cobertura de Esgoto (ICE); Índice de Atendimento de Esgoto (IAE); Extensão total das Redes Coletoras da CAGECE; Número de Ligações Ativas e Potenciais de Esgoto; E a relação da Área de Abrangência da CAGECE com todos os municípios, distritos e localidades atendidos. Desde já, Obrigado!