



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Fabício Jacques Vieira

Modelagem econômico-financeira para gestão pública de sistemas de tratamento de
esgotos no lote no estado de Santa Catarina

Florianópolis

2023

Fabrcio Jacques Vieira

Modelagem econmico-financeira para gesto pblica de sistemas de tratamento de
esgotos no lote no estado de Santa Catarina

Dissertao de Mestrado submetida ao Programa
de Ps-Graduao em Engenharia Ambiental da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para obtenao do grau de mestre em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino.

Florianpolis

2023

Vieira, Fabrício Jacques

Modelagem econômico-financeira para gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote no estado de Santa Catarina / Fabrício Jacques Vieira ; orientador, Pablo Heleno Sezerino, 2023.

103 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Ambiental. 2. Universalização do saneamento. 3. Viabilidade econômico-financeira. 4. Modelo de gestão. I. Sezerino, Pablo Heleno . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

Fabício Jacques Vieira

Modelagem econômico-financeira para gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote no estado de Santa Catarina

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 17 de março de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares
PPGEA/UFSC – Membro Interno

Prof. Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho
IPH/UFRGS - Membro Externo

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Prof^a. Dra. Alexandra Rodrigues Finotti
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino
Orientador

Florianópolis, 2023.

AGRADECIMENTOS

À minha amada esposa e amiga Maria Elisa Magri pelo seu amor incondicional e por compreender minhas inquietações.

À minha mais preciosa joia e filha Olga Magri Vieira pelo tempo que abriu mão da minha presença e atenção.

Ao meu orientador Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino pela confiança e valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

À banca avaliadora, Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares e Prof. Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho pelas observações que me ajudaram a melhorar cada vez mais o trabalho, desde o momento de minha qualificação.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado que se dedicam ao crescimento e fortalecimento do grupo.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental e Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade em usufruir do ensino público de qualidade e excelência.

RESUMO

Os serviços de saneamento no Brasil devem ser universalizados em todos os municípios da federação até o ano de 2033, conforme preconiza a Lei 14.026/2020. Neste sentido, o presente trabalho visa propor um modelo de gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote baseado na avaliação econômico-financeira para o estado de Santa Catarina, como alternativa de universalização dos serviços. O modelo é baseado na coleta de lodo dos sistemas de tanque séptico existentes no lote em cada economia, transportando por um caminhão limpa fossa até uma unidade de gestão do lodo, onde ocorre o seu desaguamento e tratamento do líquido percolado. Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica em bases científicas para a definição de um modelo teórico de gestão de sistemas de tratamento de esgotos no lote, para municípios de população urbana menor que 10 mil habitantes. Com base no modelo de gestão foi elaborado o modelo econômico-financeiro (MEF) que contém os parâmetros de cálculo para obtenção das tarifas de cobrança. A partir do MEF foram realizadas simulações para diferentes cenários desenvolvidos com base em situações de contorno pré-definidas, nos municípios de pequeno porte (MPP) do estado de Santa Catarina. Os resultados obtidos com o modelo (disponível em <https://gesad.ufsc.br>) para sistemas autônomos inferem a tarifa de esgoto variando de R\$ 6,75 ± 4,46/m³ a R\$ 11,33 ± 1,20/m³ de água consumida por economia considerando recursos não onerosos e onerosos, respectivamente, enquanto que nos sistemas consorciados a tarifa de esgoto variou de R\$ 2,73 ± 0,46/m³ a R\$ 4,93 ± 0,53/m³ de água consumida por economia considerando recursos não onerosos e onerosos, respectivamente. A avaliação dos dados leva a conclusão de que sistemas consorciados não onerosos possuem maior viabilidade econômico-financeira.

Palavras-chave: universalização do saneamento, modelo de gestão, viabilidade econômico-financeira, tratamento no lote, gestão do lodo, tanque séptico.

ABSTRACT

Sanitation services in Brazil must be universalized in all municipalities by the year 2033, as recommended by law 14.026/2020. In this sense, the work aims to propose a model of public management of onsite treatment systems based on the economic-financial evaluation for the state of Santa Catarina, as an alternative for the universalization of services. The model is based on the collection of sludge from the existing septic tank systems in each economy, transporting it by a cesspool truck to a sludge management unit where it is dewatered and treated with percolated liquid. Initially, bibliographical research was carried out on scientific bases for the definition of a theoretical model for the management of sewage treatment systems in the lot, for municipalities with an urban population of less than 10,000 inhabitants. Based on the management model, the economic-financial model (EMF) was prepared, which contains the calculation parameters for obtaining the practiced tariffs. Simulations were carried out for different scenarios developed based on pre-defined boundary situations, in the small municipalities of the state of Santa Catarina. The results show that in autonomous systems the sewage tariff ranged from R\$ $6.75 \pm 4.46/m^3$ of water consumed to R\$ $11.33 \pm 1.20/m^3$ (non-expensive and expensive resources) while in the consortium systems the tariff of sewage ranged from R\$ $2.73 \pm 0.46/m^3$ to R\$ $4.93 \pm 0.53/m^3$ (non-expensive and expensive resources). Data evaluation leads to the conclusion that low-cost consortium systems are more economically and financially viable.

Keywords: onsite sanitation, economic feasibility, universalization of sanitation, management model, sludge management, septic tank.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Indicadores de saneamento no estado de Santa Catarina.....	22
Figura 2 – Gráfico da divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total nos municípios	24
Figura 3 – Gráfico da divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total nos municípios agrupados.....	25
Figura 4 – Gráfico da divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população urbana nos municípios agrupados	26
Figura 5 – Localização dos municípios por faixa de população no estado de Santa Catarina.....	26
Figura 6 – Gráfico da divisão das densidades da população total e população urbana dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de populacionais....	27
Figura 7 – Gráfico do índice de coleta de esgoto (IN015) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina.....	28
Figura 8 – Gráfico do índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina	29
Figura 9 – Gráfico da extensão da rede de esgoto por ligação (IN021) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina.....	30
Figura 10 – Taxas de acumulação de lodo segundo a norma NBR 7.229/1993	36
Figura 11 – Alicerces de um modelo econômico-financeiro	41
Figura 12 – Fluxograma metodológico da pesquisa.....	44
Figura 13 - Estrutura do MEF	48
Figura 14 – Arranjos espaciais considerados no modelo.	57
Figura 15 - Fluxograma das atividades no modelo autônomo.....	58
Figura 16 – Arquitetura do modelo consorciado.....	61
Figura 17 - Fluxograma das atividades no modelo consorciado.	62
Figura 18 – Visão geral do modelo econômico-financeiro.....	63
Figura 19 – <i>Dashboard</i> de abertura do modelo.....	64
Figura 20 – <i>Dashboard</i> de início do modelo.....	65
Figura 21 – <i>Dashboard</i> de opções de modelagem.....	65
Figura 22 – <i>Dashboard</i> de fluxo para o modelo autônomo.	66
Figura 23 – <i>Dashboard</i> de fluxo para o modelo consorciado.	67
Figura 24 – <i>Dashboard</i> de interação para o modelo autônomo.	67

Figura 25 – <i>Dashboard</i> de interação para o modelo consorciado.....	68
Figura 26 – Painel de entrada de dados para o modelo autônomo e consorciado....	68
Figura 27 – Painel de saída de dados.....	69
Figura 28 – <i>Dashboard</i> de indicadores municipais para o modelo autônomo.....	72
Figura 29 – <i>Dashboard</i> de indicadores municipais para o modelo consorciado.....	73
Figura 30 – <i>Dashboard</i> de indicadores do modelo autônomo.....	73
Figura 31 – <i>Dashboard</i> de indicadores do modelo consorciado.....	74
Figura 32 – <i>Dashboard</i> de gráficos do modelo autônomo.....	74
Figura 33 – <i>Dashboard</i> de gráficos do modelo consorciado.....	75
Figura 34 – Gráfico dos pontos discrepantes para o volume micromedido nas economias.....	76
Figura 35 – Gráfico dos pontos corrigidos para o volume micromedido nas economias.....	77
Figura 36 – Gráficos do custo médio por economia ANO x número de economias ..	85
Figura 37 – Gráficos da tarifa de esgoto x número de habitantes.....	87
Figura 38 – Gráficos dos investimentos x número de economias.....	89
Figura 39 – Gráfico das despesas de operação x número de economias.....	90
Figura 40 – Gráficos das despesas de operação x número de economias.....	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total dos municípios	23
Quadro 2 – Divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total dos municípios agrupados	24
Quadro 3 – Divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população urbana dos municípios agrupados	25
Quadro 4 – Divisão das densidades da população total e população urbana dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de populacionais	27
Quadro 5 - Índice de coleta de esgoto (IN015) nos estratos populacionais referentes aos municípios de Santa Catarina.....	28
Quadro 6 - Índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina.....	29
Quadro 7 - Extensão da rede de esgoto por ligação (IN021) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina.....	30
Quadro 8 – Natureza dos contratos de prestação dos serviços de abastecimento de água	31
Quadro 9 – Frequência de limpezas em tanques sépticos no Brasil e outros países.....	36
Quadro 10 - Palavras-chave e bancos de dados utilizados no levantamento bibliográfico para o objetivo 1.....	45
Quadro 11 – Parâmetros de entrada do MEF	49
Quadro 12 - Parâmetros de cálculo do MEF	50
Quadro 13 - Variáveis de saída do MEF.	54
Quadro 14 – Parâmetros de entrada do MEF	76
Quadro 15 – Parâmetros médios da modelagem em sistemas autônomos	78
Quadro 16 – Parâmetros médios da modelagem em sistemas consorciados.....	81
Quadro 17 – Valores de CAPEX e OPEX por recursos onerosos.....	83
Quadro 18 – Valores de CAPEX e OPEX por recursos não onerosos.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas e Saneamento
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CAPEX	Capital expenditure
CBS	Container Based Sanitation
COPOM	Comitê de Política Monetária
DAE	Departamento de Água e Esgoto
DESV. PAD.	Desvio padrão
ETE	Estação de tratamento de esgotos
FECAM	Federação de Consórcios, Associações e Municípios de Santa Catarina
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA	Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina;
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
MPP	Municípios de pequeno porte
MEF	Modelo econômico-financeiro
OPEX	Operational Expenditure
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano municipal de saneamento básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PPR	Planilha de Preços Referenciais de Terra
SAMAE	Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto
SELIC	Taxa básica de juros da economia
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SOIL	Sustainable Organic Integrated Livelihoods
RAMT	Relatório de Análise de Mercados de Terras
TMA	Taxa mínima de atratividade

UGL	Unidade de gerenciamento de lodo
URR	Unidade de recuperação de recursos
VPL	Valor presente líquido
VBA	Visual Basic for Applications

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	20
2.1	Objetivo Geral	20
2.2	Objetivos específicos.....	20
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1	Universalização do saneamento no Brasil: conceitos legais	21
3.2	Caracterização dos municípios catarinenses	22
3.3	Modelos de esgotamento sanitário em zonas urbanas	31
3.4	Modelagem econômico-financeira de sistemas de saneamento	39
4	METODOLOGIA	43
4.1	Proposição de um modelo teórico de gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote	45
4.2	Elaboração do modelo econômico-financeiro.....	46
4.2.1	Premissas do MEF.....	47
4.2.2	Arquitetura do MEF	48
4.3	Prospecção da aplicação do modelo para municípios do estado de Santa Catarina.....	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1	Modelo teórico de gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote.....	56
5.1.1	Modelo Autônomo	57
5.1.2	Modelo Consorciado	60
5.2	Modelo econômico-financeiro.....	62
5.2.1	Abertura e início do MEF	64
5.2.2	Opção de modelagem	65
5.2.3	Fluxograma	66

5.2.4	Modelagem econômico-financeira.....	67
5.2.5	Indicadores municipais.....	72
5.2.6	Indicadores do MEF	73
5.2.7	Gráfico de Indicadores do MEF.....	74
5.3	Aplicação do MEF para municípios do estado de Santa Catarina.....	75
5.3.1	Análise estatística dos dados	75
5.3.2	Dados de entrada para análise em Santa Catarina.....	77
5.3.3	Modelagem para a prestação dos serviços em municípios de forma Autônoma.....	78
5.3.4	Modelagem para a prestação dos serviços em municípios de forma consorciada	80
5.3.5	Comparação entre a modelagem dos serviços na forma autônoma e consorciada	82
5.3.6	Fatores que interferem na viabilidade dos sistemas	84
6	CONCLUSÃO	93
7	RECOMENDAÇÕES.....	94
	APÊNDICE A – Captura de tela do cronograma físico financeiro	100
	APÊNDICE B – Captura de tela do fluxo de caixa.....	102

1 INTRODUÇÃO

A partir do ano de 2007, com a proposição de um grande pacto pelo saneamento no país, foi sancionada a Lei 11.445 – Lei do Saneamento Básico, que entra em cena como uma forma de reorganizar o setor de saneamento, trazendo uma série de diretrizes (BRASIL, 2007).

Dentre os princípios fundamentais da referida lei, estão a universalização do acesso ao saneamento e a prestação de forma integral nos quatro eixos de serviços (abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e drenagem urbana e limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos).

Um dos principais destaques da Lei 11.445/2007 foi a necessidade de participação popular nos processos de planejamento, resultando em lógicas adequadas e respeitando com isso aspectos ligados à cultura e modo de viver de cada comunidade.

A referida lei apresenta, em seu artigo Art. 9º, a obrigatoriedade do titular dos serviços formular a política pública de saneamento básico, devendo entre outros incisos, elaborar os planos de saneamento básico (PMSB), contemplando as áreas rural e urbana do município. O PMSB torna-se então o principal instrumento de execução da Lei do Saneamento, e se constitui na principal base de dados de planejamento do município para um determinado horizonte de projeto.

Complementando a base de planejamento gerada nos PMSB, destaca-se a partir do ano de 2008, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que teve como finalidade a produção de informações básicas para o estudo do desenvolvimento socioeconômico do país.

A mesma base atrelada ao Censo de 2010 permitiu a elaboração de PMSB capazes de refletir a realidade local para cada um dos municípios brasileiros, com informações fidedignas acerca das áreas urbanas e rurais, possibilitando a organização de ações de gestão necessárias.

Com o objetivo de fomentar o ordenamento e articulação entre os entes federados, a Lei 11.445/2007 prevê a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), concebido em três etapas (Brasil, 2007):

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 referido plano nacional 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 Plano Nacional de Saneamento Básico (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.

Estas premissas visam a ampliação do alcance no planejamento das metas do PMSB afim de que a universalização dos serviços ocorra. Porém o ponto central para a efetivação destas medidas está relacionado à condicionante financeira.

No ano de 2020, a partir da promulgação da Lei 14.026 que atualiza o marco legal do saneamento básico, definiu-se que caberá a Agência Nacional das Águas e Saneamento (ANA) estabelecer normas de referência sobre diferentes diretrizes. Neste contexto, especial destaque é dado aos estudos de viabilidade econômico-financeira na avaliação de projetos de concessão (pública ou privada) para o setor saneamento, como forma de garantir a adequada prestação dos serviços ao longo do período de projeto.

Porém, a questão que paira em discussão é: o que fazer naqueles municípios que não apresentarem viabilidade econômico-financeira para o projeto? Implementar uma política de subsídios?

A resposta pode não ser simples a princípio, o que se sabe é que uma política de subsídios pode não atender ao preconizado em lei quando o objetivo é o fomento da sustentabilidade econômico-financeira, o que leva a outra questão: o que torna um projeto de saneamento inviável, a incapacidade de pagamento e retorno às suas estruturas ou o modelo de arranjo do saneamento empregue?

Estas questões se tornam ainda mais importantes em municípios cuja quantidade de habitantes, densidade demográfica e geografia do local impactam significativamente em custos elevados quando se trata do arranjo de saneamento “convencional” ou “clássico”. Entende-se como saneamento convencional aquele onde o transporte do efluente ocorre por meio de redes coletoras subterrâneas interligadas até um único ponto para seu tratamento adequado.

Independente do arranjo adotado para o sistema de esgotamento sanitário, é preciso destacar a necessidade do adequado atendimento ao usuário como premissa básica para o planejamento adotado. Neste sentido, o PLANSAB apresenta como atendimento adequado aquele onde o esgotamento sanitário é realizado por meio de coleta de esgotos, seguido de tratamento ou uso de fossa séptica (por “fossa séptica” pressupõe-se a fossa séptica sucedida por pós-tratamento ou unidade de disposição final, adequadamente projetada e construída”).

Desta forma, o conceito de um sistema de tratamento no lote, aqui representado pelo conjunto fossa séptica e pós-tratamento é também considerado uma alternativa segura de manejo dos esgotos, desde que atendidas as suas adequadas operação e manutenção.

Isto posto, apresenta-se mais um questionamento, qual seja: como garantir que em um município dotado de sistemas de tratamento no lote garanta de forma contínua a salubridade ambiental e de saúde de seus habitantes?

Esta pesquisa busca, portanto, auxiliar na elucidação dos questionamentos apontados, utilizando para tal a ferramenta de avaliação econômico-financeira aplicada em diferentes cenários de gestão dos esgotos no lote, por meio do serviço de manutenção destes sistemas prestado por um terceiro, mediante o pagamento de tarifa que garanta a sustentabilidade econômico-financeira do arranjo. Neste trabalho, considera-se que a manutenção é a remoção e posterior tratamento e disposição final do excesso de lodo acumulado no sistema.

A pesquisa está restrita ao estado de Santa Catarina com foco aos aqui denominados “municípios de pequeno porte” (MPP), aqueles com população urbana menor ou igual a dez mil habitantes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor um modelo de gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote baseado na avaliação econômico-financeira aplicável aos municípios de pequeno porte do estado de Santa Catarina.

2.2 Objetivos específicos

- Propor um instrumento teórico de gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote;
- Elaborar um modelo econômico-financeiro (MEF) para auxiliar a governança da gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote, aplicável à municípios com população urbana igual ou inferior a 10 mil habitantes;
- Prospectar a aplicação do modelo para os municípios do estado de Santa Catarina, organizados de forma autônoma e consorciada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Universalização do saneamento no Brasil: conceitos legais

O conceito de universalizar na língua portuguesa remete a ideia de universal, generalizar-se, espalhar-se por toda parte, tornar comum e acessível a muitas pessoas, estender (UNIVERSALIZAR, 2021).

Assim a ideia de universalização em sua origem é utilizada para dar embasamento, no que cabe ao saneamento, de levar a todo habitante do país o acesso às quatro vertentes dos serviços de saneamento, de forma que garanta a sua saúde.

A Constituição Federal de 1988 cita em seu Art. 194:

Art. 194. A seguridade social compreende um conjunto integrado de ações de iniciativa dos Poderes Públicos e da sociedade, destinadas a assegurar os direitos relativos à saúde, à previdência e à assistência social.

O mesmo artigo em seu parágrafo único explicita:

*Parágrafo único. Compete ao Poder Público, nos termos da lei, organizar a seguridade social, com base nos seguintes objetivos:
I – universalidade da cobertura e do atendimento;
II – uniformidade e equivalência dos benefícios e serviços às populações urbanas e rurais;*

Desta forma o entendimento de universalidade de serviços para a promoção da saúde é explicitado na constituição federal e serve de base para as demais legislações. Sobre saúde o Artigo 196 da Constituição Federal cita:

Art. 196. A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.

Neste sentido, os serviços de saneamento, visto sua intrínseca ligação com a prevenção de doenças, necessitam ser universalizados em todos os municípios da federação. Para que isto seja possível, a Lei federal 11.445/2007 complementada pela Lei federal 14.026/2020, cita em seu artigo 3, inciso III o conceito de universalização aplicado ao saneamento como sendo:

III - universalização: ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico, em todos os serviços previstos no inciso XIV do caput deste artigo, incluídos o tratamento e a disposição final adequados dos esgotos sanitários;

Conforme explicita a referida lei, a universalização do saneamento deve ocorrer a todos os domicílios. A lei ainda estabelece que isto ocorra de forma progressiva, o que significa dizer que o acesso ao saneamento deve ser viabilizado ao longo de um determinado período pré-estabelecido, e mantido conforme o crescimento da população.

3.2 Caracterização dos municípios catarinenses

Conforme dados extraídos do censo IBGE 2010, o estado de Santa Catarina possui população total de 6.248.436 habitantes distribuídos em 295 municípios.

O maior município do estado é Joinville que no ano de 2010 apresentava população total de 515.288 habitantes, enquanto o menor município era Santiago do Sul com total de 1.465 habitantes (IBGE, 2010). Na Figura 1 apresenta-se um resumo dos principais indicadores de saneamento no estado de Santa Catarina.

Figura 1 – Indicadores de saneamento no estado de Santa Catarina



Fonte: Autoria própria.

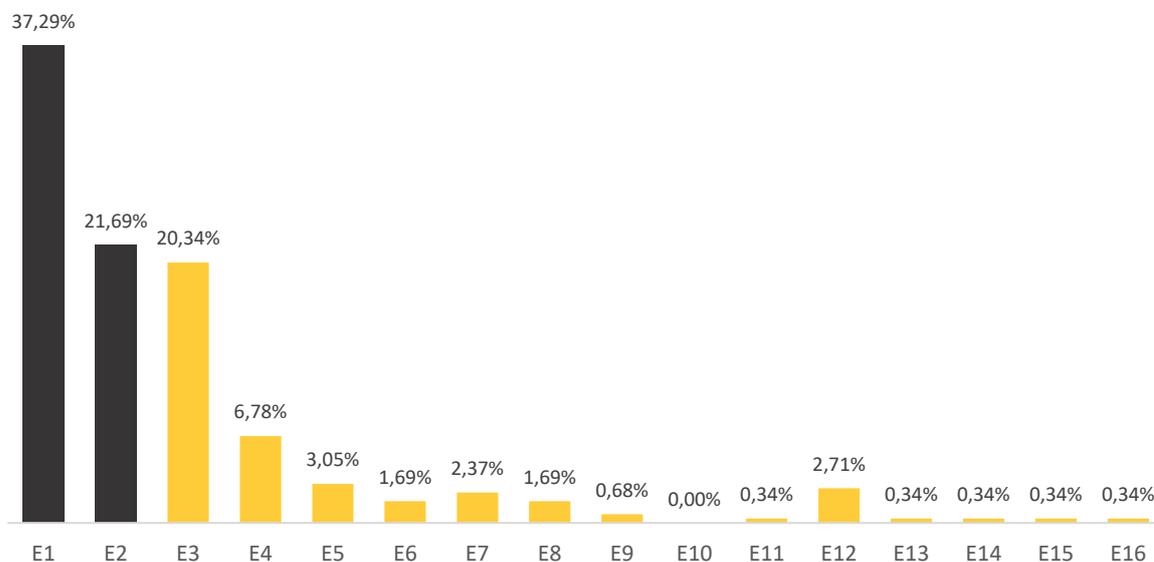
Quando se observa a população do estado em estratos populacionais, verifica-se que as faixas populacionais até 5.000 habitantes e entre 5.001 e 10.000 habitantes se destacam em termos de prevalência, representando 59,98% do total dos municípios catarinenses (Quadro 1 e Figura 2).

Quadro 1 – Divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total dos municípios

Estrato	Faixa populacional (hab.)	Número de municípios	Percentual
E1	Até 5.000	110	37,29%
E2	Entre 5.001 e 10.000	64	21,69%
E3	Entre 10.001 e 20.000	60	20,34%
E4	Entre 20.001 e 30.000	20	6,78%
E5	Entre 30.001 e 40.000	9	3,05%
E6	Entre 40.001 e 50.000	5	1,69%
E7	Entre 50.001 e 60.000	7	2,37%
E8	Entre 60.001 e 70.000	5	1,69%
E9	Entre 70.001 e 80.000	2	0,68%
E10	Entre 80.001 e 90.000	0	0,00%
E11	Entre 90.001 e 100.000	1	0,34%
E12	Entre 100.001 e 200.000	8	2,71%
E13	Entre 200.001 e 300.000	1	0,34%
E14	Entre 300.001 e 400.000	1	0,34%
E15	Entre 400.001 e 500.000	1	0,34%
E16	Entre 500.001 e 600.000	1	0,34%
	Total	295	100,00%

Fonte: Autoria própria (dados retirados do IBGE, 2021).

Figura 2 – Gráfico da divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total nos municípios



Nota: E – refere-se aos estratos estabelecidos no Quadro 1.

Fonte: Autoria própria (dados retirados do IBGE, 2021).

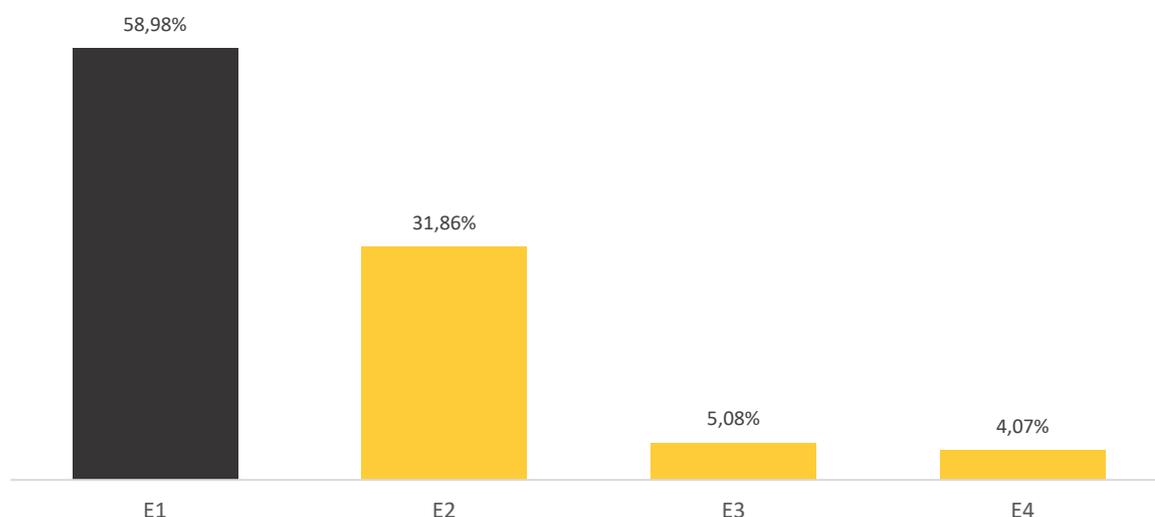
Quando os estratos são agrupados em faixas mais abrangentes, ainda assim destaca-se a importância de se observar o estrato populacional até 10.000 habitantes (E1), o qual é superior aos demais estratos agrupados (Quadro 2 e Figura 3).

Quadro 2 – Divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total dos municípios agrupados

Estrato	Faixa populacional (hab.)	Número de municípios	Percentual
E1	Até 10.000	174	58,98%
E2	Entre 10.001 e 50.000	94	31,86%
E3	Entre 50.001 e 100.000	15	5,08%
E4	Acima de 100.000	12	4,07%
	Total	295	100,00%

Fonte: Autoria própria (dados retirados do IBGE, 2021).

Figura 3 – Gráfico da divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população total nos municípios agrupados



Nota: E – refere-se aos estratos estabelecidos no Quadro 2.

Fonte: Autoria própria (dados retirados do IBGE, 2021).

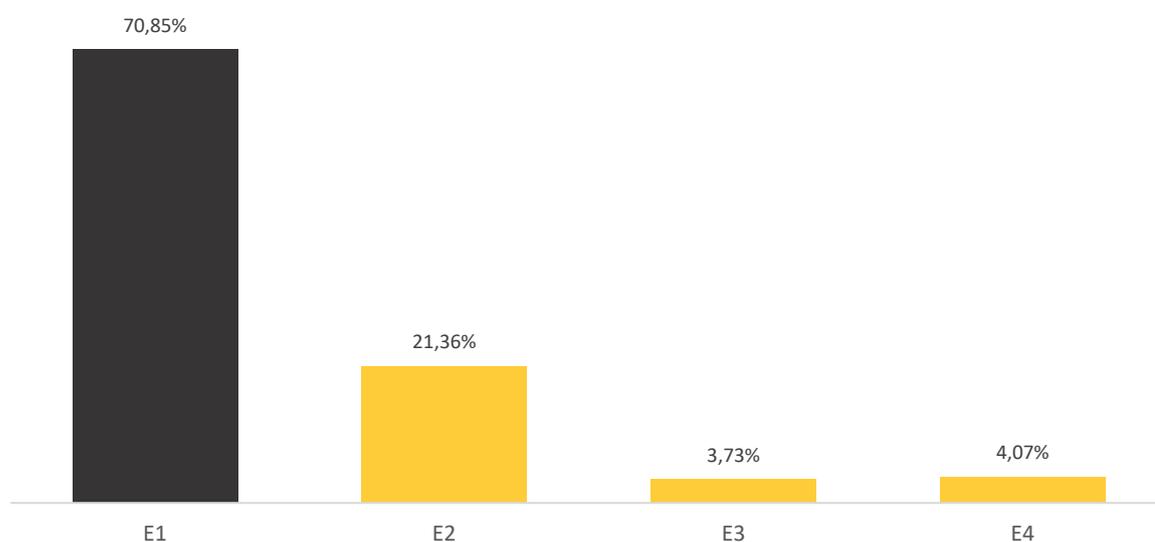
Ampliando a análise, considerando somente a população urbana, observa-se que os municípios com população concentrada na área urbana de até 10.000 habitantes, possui maior representatividade que os demais estratos, sendo a realidade de 70,85% dos municípios catarinenses (Quadro 3 e Figura 4).

Quadro 3 – Divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população urbana dos municípios agrupados

Estrato	Faixa populacional na área urbana (hab.)	Número de municípios	Percentual
E1	Até 10.000	209	70,85%
E2	Entre 10.001 e 50.000	63	21,36%
E3	Entre 50.001 e 100.000	11	3,73%
E4	Acima de 100.000	12	4,07%
	Total	295	100,00%

Fonte: Autoria própria (dados retirados do IBGE, 2021).

Figura 4 – Gráfico da divisão dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de população urbana nos municípios agrupados

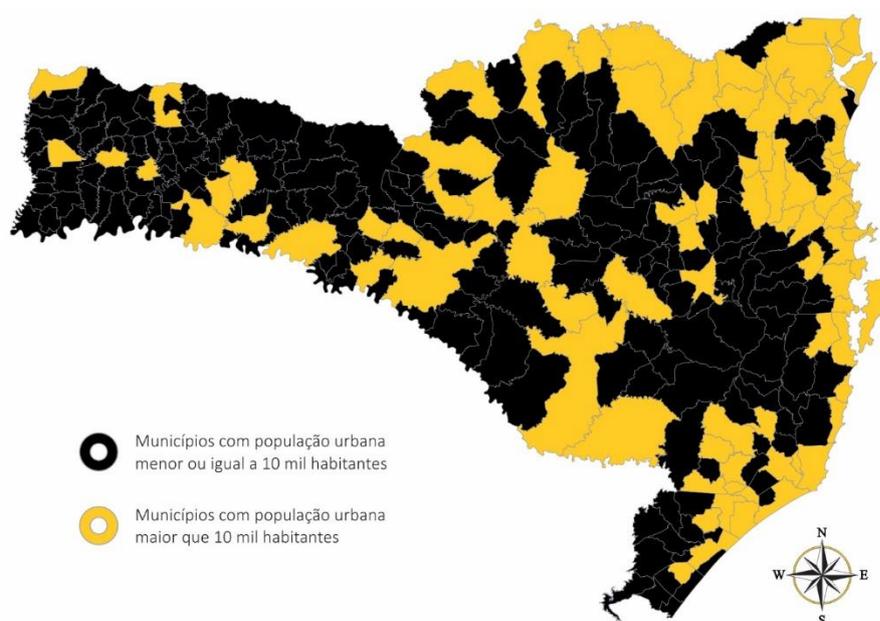


Nota: E – refere-se aos estratos estabelecidos no Quadro 3.

Fonte: Autoria própria (dados retirados do IBGE, 2021).

A localização espacial dos municípios no estado de Santa Catarina com base nos estratos delineados a partir do Quadro 3 podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 – Localização dos municípios por faixa de população no estado de Santa Catarina



Fonte: Autoria própria.

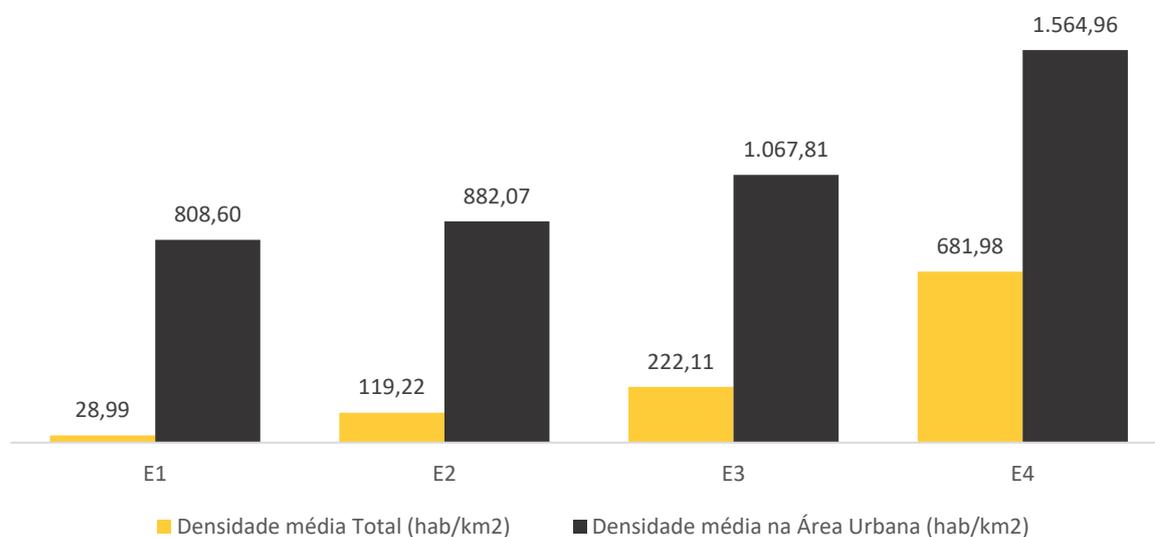
No Quadro 4 apresentam-se as densidades populacionais médias de toda área e, especificamente, das áreas urbanas nos municípios divididos por estratos. A partir dos dados representados no referido Quadro 4 e na Figura 6, pode-se destacar que em áreas urbanas os MPP apresentam característica de ocupação espacial similar aos municípios catarinenses mais populosos.

Quadro 4 – Divisão das densidades da população total e população urbana dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de populacionais

Estrato	Faixa populacional na área urbana (hab.)	Densidade média Total (hab./km ²)	Densidade média na Área Urbana (hab./km ²)
E1	Até 10.000	29	809
E2	Entre 10.001 e 50.000	119	882
E3	Entre 50.001 e 100.000	222	1.068
E4	Acima de 100.000	682	1.565

Fonte: Autoria própria (dados retirados do IBGE, 2021).

Figura 6 – Gráfico da divisão das densidades da população total e população urbana dos municípios do estado de Santa Catarina segundo estratos de populacionais



Nota: E – refere-se aos estratos estabelecidos no Quadro 4.

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

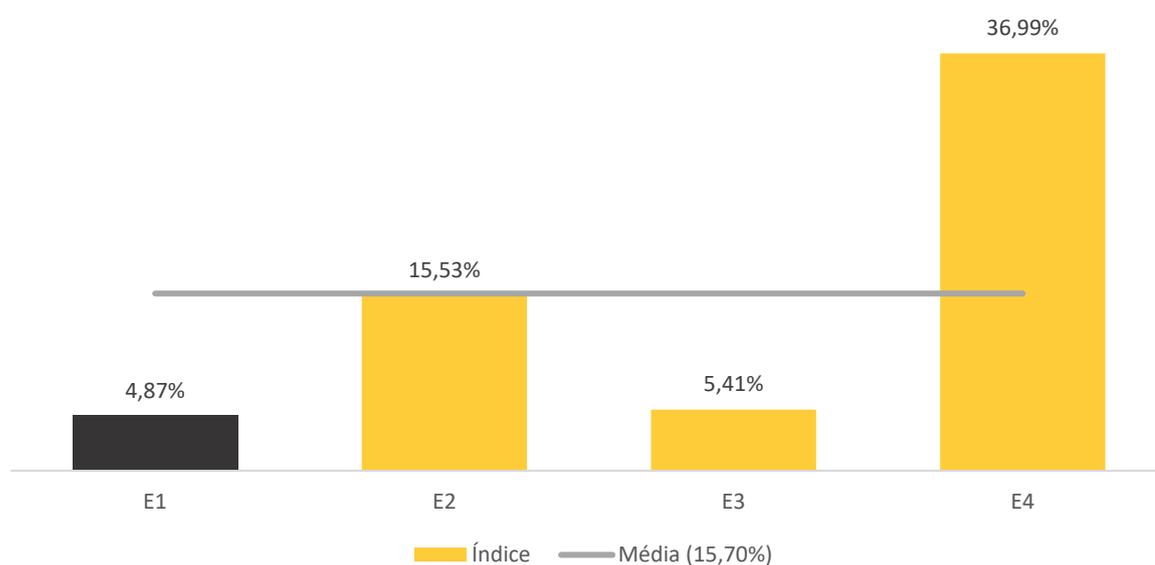
No Quadro 5 e na Figura 7 apresentam-se o índice de coleta de esgoto (IN015) no estado de Santa Catarina. Os dados apresentam baixos índices de atendimento no estado como um todo, porém os MPP são os que menos possuem atendimento na coleta dos esgotos.

Quadro 5 - Índice de coleta de esgoto (IN015) nos estratos populacionais referentes aos municípios de Santa Catarina

Estrato	Faixa populacional na área urbana (hab.)	Índice de coleta de esgoto
E1	Até 10.000	4,87%
E2	Entre 10.001 e 50.000	15,53%
E3	Entre 50.001 e 100.000	5,41%
E4	Acima de 100.000	36,99%

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

Figura 7 – Gráfico do índice de coleta de esgoto (IN015) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina



Nota: E – refere-se aos estratos estabelecidos no Quadro 5.

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

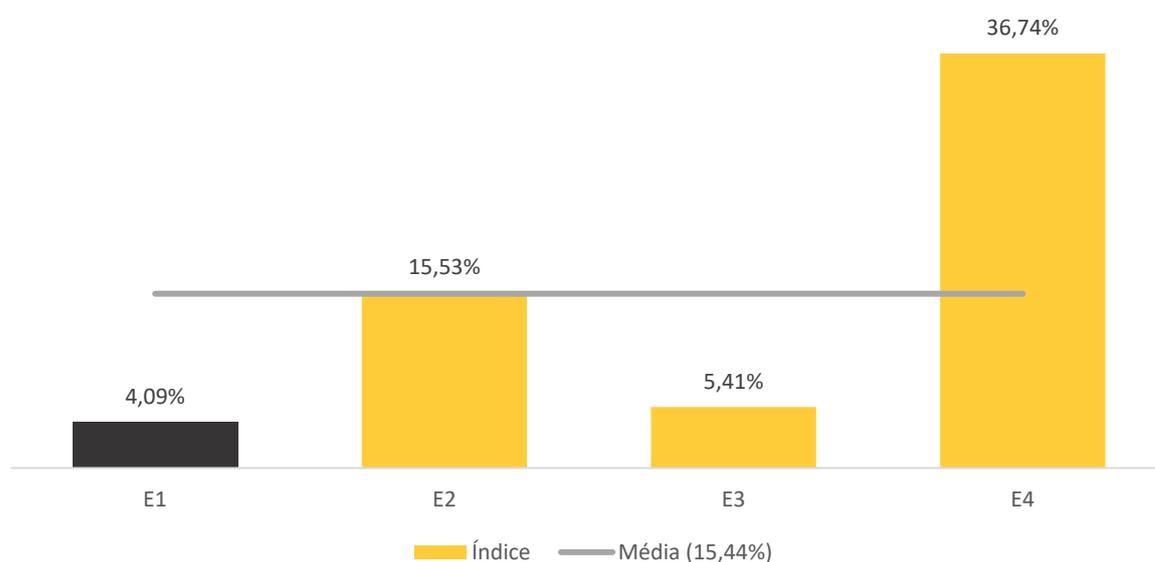
Com relação ao percentual de esgotos tratados do total de esgotos coletados, tendo como base o volume de água consumida, o IN046 destaca a relação entre os estratos. Destacam-se os estratos E1 e E3 como o conjunto de municípios com menores índices de tratamento de esgoto no estado, representado respectivamente 4,09% e 5,41% (Quadro 6 e Figura 8).

Quadro 6 - Índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina

Estrato	Faixa populacional na área urbana (hab.)	Índice de esgoto tratado pelo volume de água consumida
E1	Até 10.000	4,09%
E2	Entre 10.001 e 50.000	15,53%
E3	Entre 50.001 e 100.000	5,41%
E4	Acima de 100.000	36,74%

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

Figura 8 – Gráfico do índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina



Nota: E – refere-se aos estratos estabelecidos no Quadro 6.

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

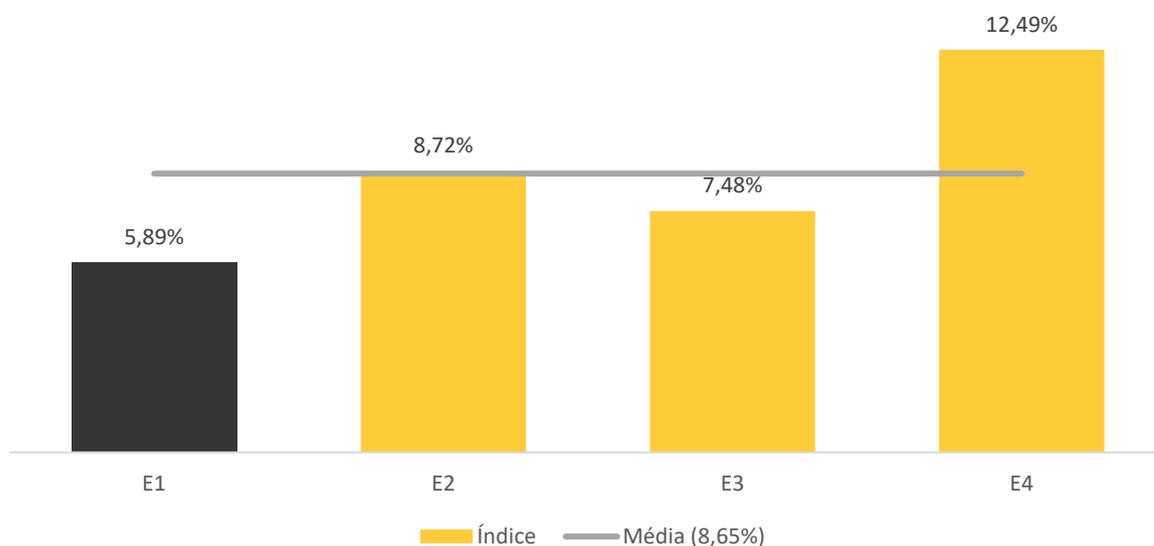
O índice IN021 trata da extensão da rede de esgotamento sanitário nos municípios em função das ligações. O estrato E1 apresenta o menor valor quando comparado aos demais estratos. Apesar disso todos os estratos demonstram reduzida presença de sistema de coleta o que indica baixos investimentos no setor de esgotamento sanitário em Santa Catarina (Quadro 7 e Figura 9).

Quadro 7 - Extensão da rede de esgoto por ligação (IN021) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina

Estrato	Faixa populacional na área urbana (hab.)	Índice relativo à extensão de rede coletora (m/lig.)
E1	Até 10.000	5,89
E2	Entre 10.001 e 50.000	8,72
E3	Entre 50.001 e 100.000	7,48
E4	Acima de 100.000	12,49

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

Figura 9 – Gráfico da extensão da rede de esgoto por ligação (IN021) nos estratos populacionais do estado de Santa Catarina



Nota: E – refere-se aos estratos estabelecidos no Quadro 7.

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

Quanto ao modelo de prestação de serviço de abastecimento de água aplicada nos municípios em estudo, observa-se a predominância de contratos ligados à companhia estadual de saneamento, seguidos de contratos diretamente geridos pela municipalidade, em geral sistema municipal de água e esgoto (SAMA E) ou Departamento de Água e Esgoto (DAE) além da participação minoritária de contratos privados (Quadro 8).

Quadro 8 – Natureza dos contratos de prestação dos serviços de abastecimento de água

Concessionária Prestadora dos Serviços	Valor	Peso
Estadual	155	74%
Municipal	52	25%
Privada	2	1%
Total	209	100%

Fonte: Autoria própria (dados retirados do SNIS, 2021).

3.3 Modelos de esgotamento sanitário em zonas urbanas

Diferentes modelos de saneamento podem ser constituídos a partir de combinações das etapas da cadeia logística e conceitual de um sistema de esgotamento sanitário. A adaptação de diferentes modelos às diferentes tipologias dos municípios pode promover a universalização do saneamento com balanço econômico-financeiro favorável, o que nem sempre é possível por meio do modelo convencional centralizado (GAMBRILL *et.al.*, 2020).

Neste modelo convencional centralizado, unidades hidro sanitárias conduzem inicialmente os dejetos humanos usando a água para o transporte, por meio de redes de esgotos coletivas, até uma estação de tratamento central, da qual os esgotos tratados seguem para a disposição final em corpos d' água.

A cadeia de ações e serviços que compõem o acesso ao esgotamento pode ser dividida em três etapas principais (OECD, 2019; ROSS *et.al.*, 2016):

1. Tecnologia sanitária (*toilet technology*) – Esta etapa é composta pela instalação hidro sanitária intra e extra domicílio. Dependendo da instalação intra domiciliar, os esgotos poderão ser classificados como águas cinzas, águas negras, águas marrons, águas amarelas ou esgotos convencionais (não separados), e ainda estes últimos poderão ter características de esgotos mais ou menos diluídos, dependendo da economia de água promovida pelos hábitos dos usuários e tipo de equipamentos. A instalação extra domiciliar é a unidade de contenção e/ou tratamento dos esgotos, onde podem ser aplicadas uma série de tecnologias;

2. Tecnologia de transporte (*transport technology*) – A tecnologia de transporte se caracteriza pelo transporte dos efluentes ou subprodutos do sistema de tratamento dos esgotos. O primeiro ocorre em sistemas de esgotamento sanitários coletivos, sejam eles em escala centralizada ou descentralizada, onde a água é utilizada como meio de transporte até a unidade de processamento. O segundo caso, transporte dos subprodutos, ocorre quando o processamento dos esgotos é feito no lote, e o subproduto gerado deste processo (lodo) é transportado via caminhões hidro vácuo para o processamento em outro local;
3. Tecnologia de processamento (*processing technology*) – O processamento dos esgotos e subprodutos pode ser realizado utilizando tecnologias que promovam o tratamento com vistas à disposição final em solos e corpos hídricos, ou ainda tecnologias para a recuperação de recursos – água, nutrientes e/ou energia, no contexto conhecido internacionalmente como WEF NEXUS (*water x food x energy*).

Estas etapas da cadeia do esgotamento podem ser aplicadas na escala centralizada ou descentralizada, sendo esta última no lote ou em pequenos aglomerados, ou ainda de forma mista ou híbrida. A forma híbrida se aplica quando a tecnologia sanitária e o processamento da fração líquida dos esgotos ocorrem na escala do lote, e a tecnologia de transporte e processamento dos subprodutos (lodos) ocorrem de forma coletiva e fora do lote.

Uma variedade de modelos de esgotamento sanitário alternativos ao centralizado, juntamente com o auxílio de ferramentas de tomada de decisão, tem surgido visando guiar mudanças de comportamento e intervenções relacionadas ao saneamento, as quais devem ter a visão integrada relacionando água, esgotamento e higiene (conceito *WASH – water, sanitation and hygiene*) (DREIBELBIS *et.al.*, 2013; ROSS *et.al.*, 2016).

Alguns modelos de saneamento podem ser destacados levando-se em consideração as etapas da cadeia elencadas anteriormente, quais sejam (adaptado de Gikas e Tchobanoglous, 2009):

- **Modelo convencional centralizado** (esgoto não-separado → transporte com água via rede coletora → ETE central → disposição final na água)

- **Modelo convencional descentralizado** (esgoto não-separado → transporte com água via redes coletoras menos extensas → ETE descentralizadas → disposição final na água)

- **Modelo descentralizado híbrido** (esgoto não-separado → tratamento no lote → fração líquida – infiltração no solo → subproduto lodo → transporte via caminhão hidro vácuo → unidade de gerenciamento de lodo (UGL) central → disposição final ou reciclo)

- **Modelo descentralizado ecológico** (esgoto separado → tratamento no lote ou em pequenas unidades de recuperação de recursos (URR) → reciclo)

A universalização do saneamento em uma cidade normalmente requer a aplicação de mais de um modelo de saneamento de acordo com variações de ocupação territorial existentes. No entanto, ressalta-se que para além da aplicação de diferentes modelos, é necessária a adoção de estratégias e instrumentos de governança para o sucesso dos sistemas.

Pereira *et. al.*, (2020) citam que os instrumentos de governança precisam ser desenvolvidos e aplicados à realidade local dos municípios, pois a dimensão esgotamento sanitário em uma cidade é dinâmica e carece de constantes atualizações.

De forma semelhante, de acordo com a análise de Bugalia *et. al.*, 2022, mais estudos acerca da governança deste tipo de modelo são necessários. As partes interessadas na gestão de lodo fecal não conseguiram se beneficiar de abordagens analíticas baseadas em princípios de pensamento sistêmico, pois os estudos que utilizam estruturas teóricas para analisar as estruturas de governança permanecem em um estágio inicial. Com base nesta demanda, os autores apresentam uma abordagem de análise de processos teóricos de sistemas (*Systems Theoretic Process Analysis – STPA*) para analisar a estrutura de governança do gerenciamento de lodo fecal no Japão. Os resultados do STPA destacam a importância da tomada de decisão centralizada para uma hierarquia de objetivos em diferentes estágios do projeto, e uma clara divisão de responsabilidades entre os vários atores dentro do sistema de saneamento.

A experiência japonesa sugere que o estabelecimento de padrões centrais, que regularam a operação bem-sucedida do estudo de caso analisado, deve ser

fortemente centralizado no nível ministerial nacional. Em contraste, várias outras responsabilidades executivas devem ser geridas de forma descentralizada no nível municipal. Tais características são coerentes com os princípios de governança destacados em Strande e Brdjanovic (2014) e Narayan *et. al.* (2020).

Dentro do estudo de estratégias de governança, várias falhas vêm sendo apontadas acerca do funcionamento atual dos modelos de saneamento convencional e dos modelos híbridos, de acordo com Schrecongost *et. al.* (2020), destacando-se:

(i) em modelos convencionais a autoridade de saneamento com mandato legal normalmente atende apenas as bacias de esgotamento com fácil aplicação de redes coletoras; não se espera que a autoridade planeje, invista ou atenda toda a cidade ou área afetada pelo crescimento urbano irregular; e o saneamento no lote é normalmente excluído do sistema de gestão;

(ii) em modelos híbridos atualmente em funcionamento, o maior problema é a falta de mandato claro e/ou nenhuma autoridade ativa responsável por garantir serviços em áreas sem rede coletora; negócios privados informais e formais, principalmente as empresas desentupidoras, operam muitas vezes sem reconhecimento, regulamentação ou engajamento, apesar de fornecerem a maior parte dos serviços;

O Banco Mundial, por meio do *Water Global Practice* (WGP), em parceria com instituições de desenvolvimento do setor (*Bill and Melinda Gates Foundation, Emory University, Plan International, The University of Leeds, e WaterAid*) desenvolveram juntos uma nova abordagem para enfrentar os desafios do saneamento urbano, denominado *Citywide Inclusive Sanitation* (CWIS).

Ernest and Young e *Water and Sanitation for the Urban Poor* (EY-WSUP, 2017) destacam que o conceito de saneamento inclusivo (CWIS) traz uma nova mudança de paradigmas e uma abordagem visando diminuir as falhas de governança nos sistemas de saneamento, elencadas anteriormente. Schrecongost *et. al.* (2020) descrevem os princípios do saneamento inclusivo, sendo que a autoridade pública deve assumir totalmente as responsabilidades para inclusão. Os autores citam ainda que a participação do setor privado pode ocorrer dentro de uma estrutura institucional clara e com modelos de engajamento específicos, por exemplo, contratos de serviços, acordos e regulamentos; e que as comunidades, setor privado e setor informal devem se beneficiar com estruturação de mercado e investimentos adequados.

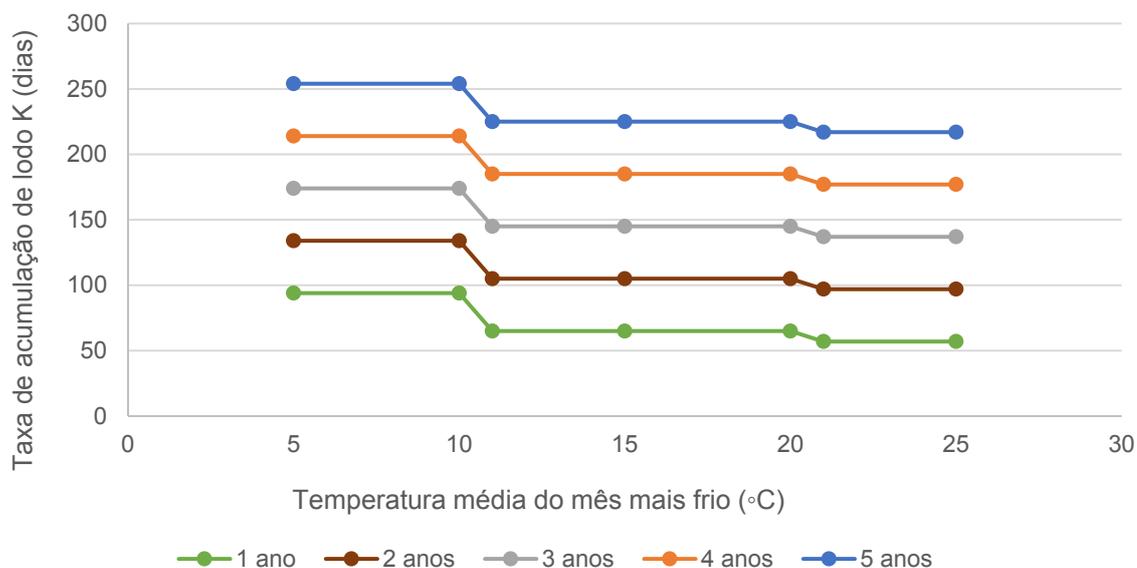
Avaliando-se a realidade dos municípios brasileiros, com foco no estado de Santa Catarina, 45% da população possui instalações sanitárias convencionais com tratamento dos esgotos no lote por tanques sépticos seguido de infiltração (primeira etapa da cadeia de saneamento) (PLANSAB, 20129). Este sistema é considerado adequado pela política nacional de saneamento, uma vez corretamente dimensionado e operado (PLANSAB, 2019).

No entanto, diagnósticos destes sistemas apontam para unidades subdimensionadas e com operação falha, com a ausência de limpeza dos tanques sépticos para remoção do excesso de lodo. Apesar dos problemas atuais com este tipo de sistema, entende-se que a correta adaptação dos mesmos, somada a implantação de logísticas e unidades para o gerenciamento do lodo, pode constituir modelos descentralizados híbridos de saneamento aplicáveis à realidade brasileira.

Atualmente a operação dos sistemas no lote na escala domiciliar fica a cargo do morador, sem auxílio nem reconhecimento por parte do poder público da importância destes sistemas para manutenção das condições de saúde humana e ambiental.

No Brasil, a construção e manutenção de tanques sépticos é normatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 7229 (ABNT, 1993). A referida norma traz parâmetros relativos à dinâmica de acúmulo de lodo no tanque (chamada de taxa de acumulação de lodo K), e à necessidade de limpezas de acordo com as condições climáticas locais.

A NBR 7229 (ABNT, 1993) indica que quanto maior a temperatura menor a taxa de acumulação de lodo, o que ocorre em função da maior degradação biológica favorecida pelas maiores temperaturas. Outra indicação importante é a variação das taxas de lodo utilizadas no dimensionamento dos tanques sépticos. Quanto maiores os intervalos de limpeza pretendidos (definidos no momento do dimensionamento do tanque), maiores as taxas de lodo que devem ser utilizadas. Estas relações podem ser visualizadas no gráfico da Figura 10.

Figura 10 – Taxas de acumulação de lodo segundo a norma NBR 7229 (ABNT, 1993)

Fonte: Autoria própria (dados retirados na NBR 7229 – ABNT, 1993).

Os intervalos de limpeza de tanques sépticos apresentados na norma brasileira NBR 7229 (ABNT, 1993), estão dentro das faixas recomendadas em outros países, com diversas condições climáticas (Quadro 9).

Quadro 9 – Frequência de limpezas em tanques sépticos no Brasil e outros países

(continua)

País	Frequência de remoção de lodo de TS	Normativa
Brasil	1 – 5 anos	Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT – NT 7229/1993
Índia	2 – 3 anos	Central Public Health and Environmental Eng. Organization, 2013
Estados Unidos	A cada 3 anos	Environmental Protection Agency, 2005
Austrália	A cada 5 anos	National Department of Health, 2010
Irlanda	A cada 5 anos, ou em razão do número de habitantes e capacidade do tanque	The Water Services Act, 2012
Malásia	A cada 2 anos	Standards and Industrial Research Institute of Malasia, 1991/expirado, 2009

Quadro 9 – Frequência de limpezas em tanques sépticos no Brasil e outros países

(conclusão)

País	Frequência de remoção de lodo de TS	Normativa
Filipinas	Inspeção anual e limpeza quando a base da camada de espuma atinge uma distância de 7,5 cm da base do septo de saída no interior do tanque	The Code on Sanitation of The Philippines, Department of Health, 1995
Canadá	Inspeção a cada 3 – 5 anos e limpeza quando necessário, sem critério específico	Canadian Environmental Protection Act, 1990

Fonte: Adaptado de Mehta *et.al.* (2019).

O entendimento destas taxas de acúmulo de lodo e intervalos de limpeza é fundamental para a proposição de lógicas de coleta e tratamento coletivo de lodos em unidades de gerenciamento, dentro de modelos híbridos de saneamento, ou seja, com tratamento da fase líquida no lote e tratamento coletivo de lodo.

Orientações da Fundação Nacional da Saúde – FUNASA (Funasa, 2014) destacam que uma das principais características do lodo de tanque séptico é a elevada variação na concentração dos diversos parâmetros físico-químicos, o que revela sua heterogeneidade.

4.3.1. Experiências de modelos híbridos de saneamento descentralizado

Mehta *et.al.* (2019) apresentam a experiência de um modelo híbrido de saneamento de duas cidades na Índia, Wai e Sinnar, com as respectivas populações de 43.000 e 80.000 habitantes. Nestas cidades, foram implementadas logísticas de limpezas regulares de tanques sépticos a cargo do ente público.

Nestas cidades, foi adotada uma estrutura de pagamento de anuidade vinculada ao desempenho, o que foi usado para o engajamento de empresas contratadas para o serviço. O pagamento é feito via taxa de saneamento, juntamente com outras taxas de propriedade privada. Os autores enfatizam os benefícios do modelo e argumentam sobre sua importância para o alcance de um saneamento efetivo nestas cidades.

Uma outra experiência muito referenciada vem sendo promovida no Haiti pela organização SOIL - *Sustainable Organic Integrated Livelihoods* (organização não governamental com sede nos EUA). Eles fornecem o serviço de saneamento no modelo híbrido descentralizado (referenciado pela organização como *Container Based Sanitation* CBS), juntando lodo fecal e resíduos orgânicos, para aproximadamente 1.000 economias. Os resíduos são coletados periodicamente de caminhão em cada economia e levados para uma planta central de tratamento que usa a compostagem como tecnologia de tratamento. Economicamente o sistema é sustentado por subsídios governamentais, doações e o pagamento de taxas pelas economias que possuem condições financeiras. Toda a mão de obra de operação e manutenção do sistema é local e o produto final (biofertilizante) é comercializado (SOIL, 2021).

Peal *et. al.* (2014), apresentam um estudo da situação de 12 cidades que almejam a implementação de sistemas híbridos de saneamento com o gerenciamento de lodos de fossas sépticas. As cidades foram: Santa Cruz (Bolívia), Tegucigalpa (Honduras), Managua (Nicaragua), Maputo (Moçambique), Dakar (Senegal), Kampala (Uganda), Dhakar (Bangladesh), Delhi (Índia), Phnom Penh (Camboja), Palu (Indonésia), Dumaguete e Manila (Filipinas).

O esvaziamento programado dos tanques sépticos foi reportado apenas em duas cidades - Dumaguete e Manila (ambas em Filipinas) – onde um ciclo de esvaziamento de três a cinco anos é operado pela municipalidade e pela concessionária de saneamento, respectivamente. Nas outras cidades estudadas é relatado, segundo os autores, que a falta de regularidade na remoção de lodo não traz benefícios. Outro fator limitante apontado é o projeto de tanques sépticos em desacordo com normas técnicas, o que culmina em grandes variações nas taxas de acúmulo de lodo nos sistemas de contenção, o que influencia diretamente na operacionalização do sistema.

Enquanto alguns sistemas podem se beneficiar de serem esvaziados em um ciclo regular, muitos outros precisarão ser esvaziados eventualmente por problemas operacionais provenientes de falhas de projetos, e isso será difícil de prever. Em geral, a demanda (ou necessidade) de esvaziamento de fossas irá variar muito dependendo do contexto dentro de cada cidade.

Em Dumaguete e Manila, a contenção doméstica é predominantemente por meio de sanitários ligados a fossas sépticas. A prevalência da contenção bem projetada e adequadamente construída, em ambas as cidades, é um fator significativo para permitir que a remoção regular de lodo seja efetivamente implementada. Naquelas cidades, taxas de acumulação de lodo puderam ser estimadas com mais confiança, o que permite que os ciclos sejam mais facilmente planejados e organizados.

Além das questões técnicas apontadas por Peal *et. al.* (2014), existem muitos outros desafios a serem vencidos na implementação destes modelos. Russel *et.al.* (2019) fizeram uma análise neste contexto, e levantam questões relacionadas às políticas governamentais, regulação e a necessidade de formas de financiamento inovadoras.

Russel e Montgomay (2020) destacam que outra forma dos provedores melhorarem o modelo de negócio pode se dar pela formação de parcerias público privadas entre governos, serviços públicos estaduais e/ou municipais e empresas privadas. Esta estruturação pode dar-se de duas formas principais, quais sejam:

(i) a concessionária financia a construção e operação de uma unidade de tratamento e disposição final dos lodos coletados, enquanto o prestador privado fica encarregado da operação do sistema de frente, com a coleta dos lodos;

(ii) o poder público contrata diretamente uma empresa privada que preste todo o serviço.

De acordo com a análise de Ernest and Young e *Water and Sanitation for the Urban Poor* (EY-WSUP, 2017) para maximizar a eficiência deste modelo de saneamento, os seguintes fatores que influenciam nos custos devem ser estudados em profundidade: cobrança de pagamentos, frequência de cobrança, densificação de área de serviço, rotatividade de clientes, estratégia de recuperação de recursos e o custo do sistema de contenção.

3.4 Modelagem econômico-financeira de sistemas de saneamento

Segundo Brasil (2014), o planejamento da Gestão é entendido como processo contínuo e dinâmico voltado à identificação das melhores alternativas para o alcance da missão institucional, incluindo a definição de objetivos, metas, meios, prazos de execução, custos e responsabilidades, materializados em planos executivos hierarquicamente interligados.

Por meio deste planejamento a empresa cria produtos ou serviços de forma organizada não somente na operacionalização ou execução de suas rotinas, mas também no âmbito econômico-financeiro, essencial para a continuidade de suas atividades.

Desta forma, enquadram-se na mesma base de planejamento as empresas de saneamento, que para a prestação dos serviços necessita aliar boa gestão ao adequado planejamento e acompanhamento financeiro de suas atividades.

Costa e Lund (2018) citam que o principal objetivo da administração financeira empresarial é maximizar o valor da empresa no mercado que, por sua vez, é influenciado pelos dados contábeis. A análise das demonstrações financeiras permite:

- Avaliar tendências nas operações ao longo do tempo;
- Planejar os negócios e elaborar os orçamentos internos;
- Comparar o desempenho da empresa com o de outras do mesmo segmento.

Estas são, portanto, as bases para o conceito da modelagem econômico-financeira aplicada aos projetos, visto a necessidade de serem conhecidos ou estimados os custos e seus impactos no futuro de forma a estabelecer os investimentos no presente.

Segundo Brasil (2014), no conceito econômico clássico o custo para o produtor de determinado bem ou serviço corresponde à soma de todas as despesas incorridas na sua produção ou aquisição, administração, comercialização, inclusive a depreciação/amortização dos ativos alocados, mais as despesas financeiras e fiscais incidentes sobre o produto, quer tenha ou não ocorrido os respectivos desembolsos financeiros durante o período de produção até a comercialização do bem ou serviço (regime de competência de exercício).

Neste sentido, em se tratando de sistemas de saneamento, independente do projeto onde se verifique sua atividade contínua, é de fundamental importância a modelagem financeira aplicada para verificar-se não somente sua viabilidade, como também a sua sustentabilidade ao longo do tempo.

As bases para a elaboração de um MEF em sistemas de saneamento possuem alicerces financeiros, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Alicerces de um modelo econômico-financeiro



Fonte: Autoria própria.

Sobre o modelo econômico-financeiro, Brasil (2014) ressalta que as suas formulações matemáticas requerem definição prévia de regras e critérios que afetam os cálculos das variáveis que compõem sua estrutura. Destacam-se como principais regras e critérios:

- a) Critérios para cálculo das receitas com os serviços – regras de aplicação da estrutura tarifária;
- b) Incidências tributárias e critérios de cálculo dos tributos;
- c) Incidências de encargos trabalhistas e benefícios;
- d) Regras e critérios para cálculo de multas e juros por atraso de pagamento;
- e) Regras para cálculo de receitas financeiras (aplicações de curto prazo dos saldos de caixa);
- f) Regras e critérios de cálculo da evolução da população, do número de habitantes por economia e da relação economia por ligação;
- g) Perfil da evolução da distribuição do consumo entre faixas e por categoria (histogramas), e critérios para projeção dos respectivos volumes médios medidos e faturados por economia;
- h) Critérios para cálculo e projeção das perdas (distribuição e faturamento);

- i) Regras e critérios para cálculo da necessidade de capital de giro;
- j) Critério de cálculo dos volumes de esgotos a serem tratados;
- k) Critério de projeção da evolução do quadro de pessoal;
- l) Condições de financiamentos e critérios de cálculo das amortizações e encargos;
- m) Critérios de depreciação/amortização de investimentos.

O MEF é assim uma ferramenta de avaliação e comparação entre um conjunto de alternativas tecnológicas e de governança dos sistemas de saneamento, os quais deverão quando implementados, operar de forma perene.

Essa característica deverá ser garantida pelo aspecto de sustentabilidade dos serviços prestados. Brasil (2009), as condições de sustentabilidade econômico-financeira de qualquer atividade pública ou privada, com ou sem fim econômico, são elementos necessários para sua viabilização e sustentação e para o cumprimento de seus objetivos.

4 METODOLOGIA

A metodologia para o presente trabalho se baseou inicialmente na pesquisa bibliográfica em bases científicas para a definição e adaptação de um modelo teórico de gestão de sistemas de tratamento de esgotos no lote, aplicável aos MPP no estado de Santa Catarina, sendo este o primeiro objetivo proposto.

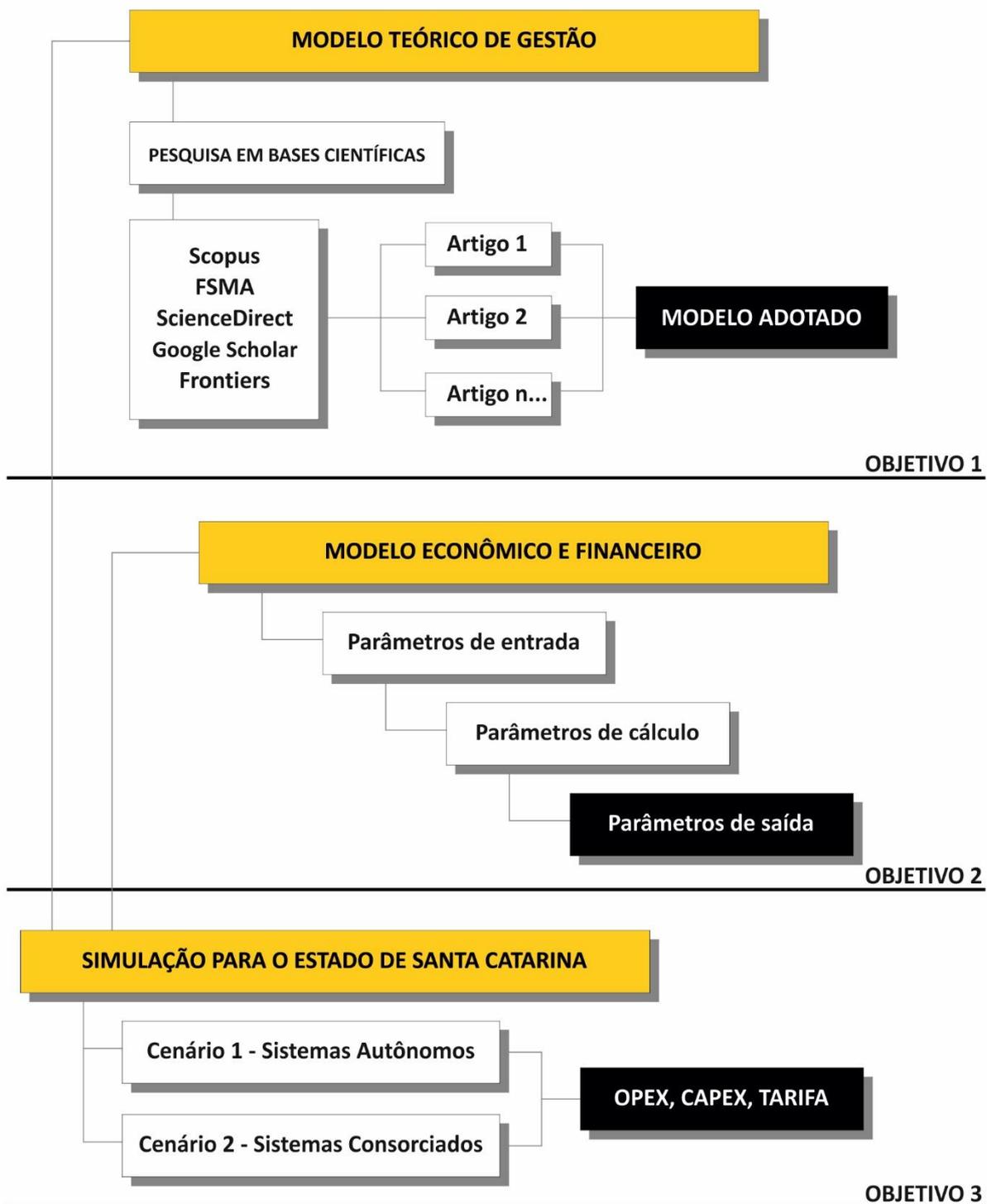
O modelo teórico é compreendido como um sistema hipotético-dedutivo representante da realidade, que pode gerar proposições a partir de proposições iniciais, ou seja, é possível realizar previsões a partir deles e simular o real (SOUZA FILHO; STRUCHINER, 2021; BUNGE, 1974)

Com base no modelo de gestão definido foi então elaborado o MEF que contém todos os parâmetros de cálculo necessários à compreensão dos valores tarifários a serem praticados para o alcance da universalização do saneamento (dimensão do esgotamento sanitário) até o ano de 2033, conforme preconizado pela Lei 14.026/2020, atendendo assim o segundo objetivo do trabalho.

Para o terceiro objetivo, foram realizadas simulações para diferentes cenários desenvolvidos com base em situações de contorno pré-definidas, nos MPP do estado de Santa Catarina.

As etapas metodológicas seguidas neste estudo estão apresentadas na forma gráfica da Figura 12.

Figura 12 – Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: Autoria própria.

4.1 Proposição de um modelo teórico de gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote

Para a elaboração do primeiro objetivo específico foi realizado um estudo bibliográfico do tipo mapeamento, visando levantar as referências bibliográficas sobre o tema de estudo, especificamente os modelos de gerenciamento de lodos de tanques sépticos por sistema coletivo.

Para a sistematização da busca, foram utilizadas as palavras-chave baseadas na pergunta da pesquisa e objetivo 1. Estas palavras-chave foram utilizadas em português, e traduzidas para o inglês. Alguns termos foram utilizados somente na língua inglesa em função de não existência de termo equivalente em português.

As palavras-chave e as bases de dados utilizadas na pesquisa estão apresentadas no Quadro 10.

Quanto a busca, quando a utilização de somente uma palavra-chave resultou em mais de 50 trabalhos, foi realizada a combinação de palavras-chave para novas buscas. Os métodos de busca descritos foram baseados nas instruções da Biblioteca Professor Paulo de Carvalho Mattos (UNESP, 2015).

Quadro 10 - Palavras-chave e bancos de dados utilizados no levantamento bibliográfico para o objetivo 1

Palavras-chave (português)	Palavras-chave (inglês)	Bases de dados
Modal de saneamento	Sanitation model	Science direct
Saneamento no lote	On site sanitation	Scopus
Gerenciamento	On site sanitation management	Frontiers
Gestão de lodo	Sludge management	Google Scholar
Tanque séptico	Septic tank	Fecal Sludge Management Alliance
Lodo fecal	Fecal Sludge	
Saneamento de contenção	Container based-sanitation	
Gestão de lodo fecal	Fecal sludge management	
	City wide inclusive sanitation	

Fonte: A autoria própria.

O levantamento bibliográfico visou comparar modelos aplicados à gestão de sistemas de tratamento de esgotos no lote, com foco na retirada e tratamento/disposição do lodo acumulado, sob diferentes realidades e situações de contorno. A partir desse conhecimento científico adquirido, somado ao conhecimento

técnico de formação e vivências na área do saneamento, foi realizada uma adaptação e proposta de um modelo de saneamento para gestão de lodos de sistemas no lote adaptado ao contexto dos municípios catarinenses no que tange o esgotamento sanitário. O modelo posteriormente foi aplicado a situação dos municípios catarinenses com população urbana de até 10 mil habitantes.

Tendo em vista a necessidade de entendimento da situação dos municípios catarinenses foco do estudo, foi também conduzida uma caracterização deles visando a tipificação do adensamento populacional na área urbana. Além desta caracterização, foram levantados dados demográficos, de atendimento e cobertura dos serviços de saneamento, bem como os modelos de gestão adotados na prática pelos titulares dos serviços de saneamento.

4.2 Elaboração do modelo econômico-financeiro

A elaboração do modelo visando a avaliação econômico-financeira da gestão pública dos sistemas de tratamento de esgotos no lote foi organizada de forma a estruturarem-se dados de entrada (inseridos pelo usuário), e dados de saída (dimensionados pelo sistema interno de cálculo), para então a interpretação dos resultados.

A base de *software* utilizada para a construção do modelo econômico-financeiro foi o Microsoft Excel™ por apresentar robusta capacidade de opções de cálculo, facilidade no uso tanto para a programação quanto para o usuário, e por apresentar grande amplitude de uso no mercado.

A fim de preservar os parâmetros de dimensionamento, a planilha elaborada não possibilita a modificação de parâmetros, exceto aqueles necessários para as opções de entrada.

4.2.1 Premissas do MEF

Para a elaboração do MEF foram elencadas inicialmente suas premissas a fim de nortear a elaboração e organização dos dados, sendo:

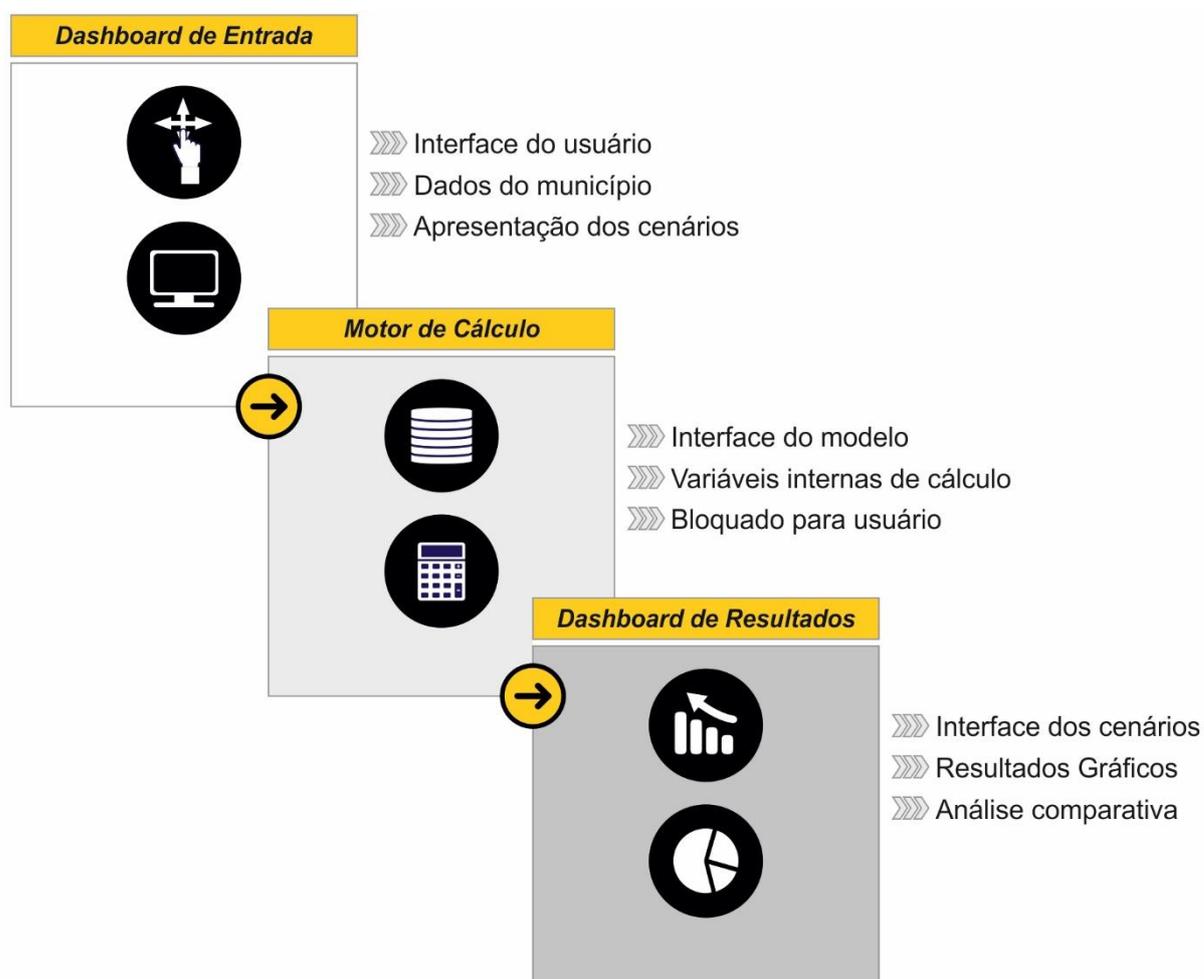
- a) Que a modelagem se aplica a municípios com população urbana menor que 10 mil habitantes;
- b) Que os serviços abrangem somente as áreas urbanas dos municípios;
- c) Que o sistema será gerenciado pelo SAMAE ou Associação/consórcio de municípios;
- d) Que a cobrança pelos serviços será realizada por meio de tarifa com base no consumo de água ocorrido pela economia. Em serviços de limpeza de sistemas de fossa séptica, em geral é realizada a cobrança com base em um valor pré-fixado por economia. A ideia aplicada no modelo se baseia na prática existente em um sistema de esgotamento sanitário convencional onde é aplicado um coeficiente de retorno sobre o volume consumido, visando a adoção de uma tarifa módica (quanto maior o consumo, maior os custos associados). Neste sentido o modelo associa o valor pelo serviço prestado de forma única (1 limpeza anual do sistema de fossa séptica) ao consumo mensal de água ocorrido na economia;
- e) O modelo não considera a implantação de rede coletora de esgotos.
- f) Que os sistemas no lote estão adequados conforme as normas de projeto e seu período de limpeza deva ocorrer anualmente;
- g) Que haverá uma unidade de gestão do lodo constituída de estrutura para desague dos lodos recolhidos e uma ETE para tratamento do líquido percolado oriundo desse sistema, localizada em cada município (quando se tratar de sistemas autônomos de saneamento) ou no município polo da região (quando se tratar de consórcios intermunicipais);

4.2.2 Arquitetura do MEF

A arquitetura do MEF foi estruturada sob três óticas de organização das informações, disponibilizadas por meio de *dashboards* para a interação e visualização de informações por parte do usuário.

Na Figura 13 apresenta-se de forma sintética os principais parâmetros e a subdivisão empregue no MEF.

Figura 13 - Estrutura do MEF



Fonte: Autoria própria.

4.2.2.1 Dashboard de entrada para o usuário no MEF

Os indicadores de entrada são as informações inseridas pelo usuário para o dimensionamento das variáveis financeiras consideradas no estudo. São destacadas informações de conhecimento dos gestores municipais e sistema de gestão do saneamento existente (Quadro 11).

Quadro 11 – Parâmetros de entrada do MEF

ID	Parâmetro	Alicerce MEF
01	Escolha do cenário de modelagem: obtida selecionando o município para análise individual (aqueles com população urbana inferior a 10 mil habitantes aferido por meio dos setores censitários do IBGE) ou consórcio de municípios (com base na organização existente e disponível em https://www.fecam.org.br/associacoes/ ;	
02	Valor médio da tarifa aplicada ao sistema de abastecimento de água: obtida por meio do histograma de consumos do município obtido junto ao sistema comercial da companhia de saneamento;	
03	Índice de inadimplência: obtido junto ao histograma de consumos disponível no setor comercial da companhia de saneamento responsável pelo município;	

Fonte: Autoria própria.

4.2.2.2 Motor de cálculo do MEF

O motor de cálculo do MEF utiliza variáveis de cálculo obtidas junto às referências. Tratam-se de valores atribuídos a elementos unitários que em conjunto formaram a precificação de serviços e operações definidas internamente ao modelo que serão base para o dimensionamento final das três etapas do sistema, ou seja, planejamento, implantação e operação.

As bases de dimensionamento são então apresentadas sob a forma do cronograma físico financeiro aplicado ao projeto (Apêndice A) e fluxo de caixa (Apêndice B). As variáveis de cálculo necessária para o modelo são apresentadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Parâmetros de cálculo do MEF

(continua)

ID	Parâmetro	Alicerce MEF
01	Valor médio do salário empregue para funcionários: obtido conforme pesquisa no Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) disponível no sítio https://www.gov.br/trabalho/pt-br/assuntos/empregador/caged ;	
02	Valor por habitante praticado pela agência reguladora para a fiscalização do sistema de esgotamento sanitário: obtidos por meio de pesquisa junto às agências reguladoras existentes no estado de Santa Catarina;	
03	Valor médio do combustível empregue no maquinário utilizado: obtido por meio da Série histórica do levantamento de preços da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis disponível no sítio http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/levantamento-de-precos/serie-historica-levantamento-precos	
04	Valor médio dos seguros necessários para a prestação dos serviços (seguro para terceiros, seguro de vida para funcionários, seguros dos maquinários);	
05	Valor médio para disposição final dos lodos em aterro sanitário: obtido com base nos valores médios de mercado;	
06	Volume diário de tratamento (sendo a operação de coleta realizada por meio de um ou mais caminhões, a tecnologia de tratamento deve ser dimensionada para pulsos de efluente, operando em batelada);	
07	Custo mensal de manutenção e operação da ETE: compreende as análises de qualidade dos efluentes, custos de energia, manutenção preventiva e corretiva;	
08	Custo de investimento na ETE: compreende a construção da ETE obtido por meio de dimensionamento da instalação para cada situação de contorno (vazão de efluente a ser tratada), obtidos os custos por meio de tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI);	
09	Custo do projeto da ETE;	
10	Custo dos equipamentos e maquinários: obtido por meio de tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI);	

Quadro 12 - Parâmetros de cálculo do MEF

(continuação)

ID	Parâmetro	Alicerce MEF
11	Custos de implantação dos sistemas individuais: conforme o modelo atribuído, foram analisadas precificações de mercado para sistemas pré-fabricados;	
12	Custo de outorga para lançamento dos efluentes tratados na ETE: obtido com base no Sistema de Informações de Recursos Hídricos do estado de Santa Catarina (SIRHESC) disponível em https://www.aguas.sc.gov.br/servicos/ ;	
13	Custo do licenciamento ambiental (LP, LI e LO): obtido com base nas tabelas de referência do Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA);	
14	Custos de renovação do licenciamento: obtido com base nas tabelas de referência do IMA;	
15	Impostos incidentes (municipais, Estaduais e Federais): obtidos conforme as atividades e portes das entidades envolvidas no processo e legislação em vigor.	
16	Fluxo de caixa: definido com base na diferença entre as receitas (proveniente de taxas, tarifas e demais serviços comerciais) e custos (de operação e manutenção do sistema);	
17	Receita com tarifas: definido com base nas entradas financeiras para o sistema;	
18	Custos operacionais: são todos os custos inerentes a continuidade dos serviços como energia elétrica, funcionários, combustíveis, químicos e serviços terceirizados)	
19	Custos com manutenção: são todos os custos relacionados às manutenções preventivas, preditivas e corretivas do sistema aplicadas às estruturas funcionais, veículos, equipamentos e máquinas;	
20	Custos com pessoal: referente aos valores necessários ao pagamento de salários e impostos relacionados;	
21	Seguros e garantias: valores para o pagamento de seguros de vida de funcionários, estruturas funcionais, veículos e máquinas;	

Quadro 12 - Parâmetros de cálculo do MEF

(continuação)

ID	Parâmetro	Alicerce MEF
22	Investimentos: obtido por meio da soma de todos os investimentos ano a ano necessários para viabilizar o sistema conforme o percentual de atendimento;	
23	Número de habitantes residentes na zona urbana: obtido a partir do censo IBGE de 2010, sendo a última base oficial de informações sobre o tema;	
24	Valor do m2 de terra em áreas adjacentes a zona urbana: obtido a partir de pesquisa no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária através do Relatório de Análise de Mercados de Terras (RAMT) e a Planilha de Preços Referenciais de Terra (PPR) das superintendências regionais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA);	
25	Densidade de habitantes na área urbana: obtido por meio de análise de arquivo <i>shapefile</i> de setores censitários em software de Sistema de Informações Geográficas (SIG);	
26	Área da zona urbana: obtido por meio de análise de arquivo <i>shapefile</i> de setores censitários em software de Sistema de Informações Geográficas	
27	Número médio de habitantes por economia: obtido por meio do sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS)	
28	Volume médio dos sistemas de tratamento existentes: considerado a partir da aplicação da NBR 7.229/1993 (ABNT, 1993)	
29	Número anual de limpezas nos sistemas de tratamento no lote: obtido conforme a NBR 7.229/1993 (ABNT, 1993)	
30	Tipo de tecnologia para tratamento dos efluentes coletados: elencada conforme preconização conforme pesquisa em normas NBR e pesquisas científicas	

Quadro 12 - Parâmetros de cálculo do MEF

ID	Parâmetro	Alicerce MEF (conclusão)
31	Tipo de disposição final dos lodos digeridos: elencadas três opções conforme pesquisa em normas NBR e pesquisas científicas	
32	Valor médio da tarifa aplicada ao sistema de abastecimento de água: obtida por meio do histograma de consumos do município obtido junto ao sistema comercial da companhia de saneamento	
33	Extensão dos arruamentos na área urbana: obtido conforme plano diretor do município em análise	
34	Cenário escolhido: definido por meio do objetivo 1 do presente estudo	
35	Parcelas de empréstimo: obtidas conforme a aplicação de uma taxa de juros de mercado ao montante de investimento necessário para sustentar o <i>capital expenditure</i> (CAPEX); $F = P (1 + i)^n \quad (1)$ Onde: F: Valor futuro; P: Capital inicial; i: Taxa de juros compostos; n: Número de parcelas;	
36	Soma e projeção das receitas ao longo da operação do sistema;	

Fonte: Autoria própria.

4.2.2.3 Dashboard de saída do MEF

Os indicadores de saída são a base de comparação entre os cenários, e por meio deles realizados os comparativos necessários para avaliação da proposta que apresente melhor viabilidade.

As informações foram apresentadas por meio de gráficos Excel em comparativos gerais e detalhados ano a ano do período analisado.

O modelo disponibilizou como saída os indicadores financeiros apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 - Variáveis de saída do MEF.

ID	Indicador	Alicerce MEF
1	Valor das receitas ao longo da operação do sistema: resultado do fluxo de caixa projetado ao longo do período de projeto com base no percentual atribuído à tarifa de água;	
2	Valor dos investimentos no sistema: resultado do cronograma físico financeiro aplicado ao longo do período de projeto;	
3	<p>Valor presente líquido: definido com base no fluxo de caixa em função da diferença de entradas e saídas financeiras;</p> $VPL = \frac{FC_0 + FC_1}{(1 + TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TMA)^1} + \frac{FC_n}{(1 + TMA)^1} \quad (2)$ <p>Onde:</p> <p>FC0: fluxo de caixa na data zero; FCn: fluxo de caixa um tempo do investimento em ação; TMA: Taxa Mínima de Atratividade</p>	
	Índices financeiros do projeto: definidos com base na comparação entre custos de <i>operational expenditure</i> (OPEX) e <i>capital expenditure</i> (CAPEX) versus o número de economias e habitantes do município.	

Fonte: Autoria própria.

4.3 Prospecção da aplicação do modelo para municípios do estado de Santa Catarina

A partir do MEF foram elaboradas simulações para a determinação dos custos de implantação da gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote, para dois cenários em todos os 209 MPP do estado de Santa Catarina, quais foram:

- Municípios atuando de forma isolada baseada na criação de sistemas autônomos de saneamento (SAMAE) e;
- Municípios atuando de forma consorciada;

Em cada cenário foram simuladas variações de acordo com os seguintes parâmetros:

- Análise compreendendo o período de 2023 até o ano de 2033 (prazo limite para a universalização dos serviços de saneamento conforme preconiza a Lei Federal 14.2026/2020);
- Utilização de recursos onerosos e não onerosos: visa identificar o impacto financeiro provenientes de operações de crédito na base tarifária e investimentos;
- Taxa mínima de atratividade (TMA) = 0: visto que o objetivo do modelo não é a comparação com outros arranjos de gestão que não o proposto, desta forma não se busca realizar a escolha do projeto de maior rentabilidade;
- Valor presente líquido (VPL) = 0: considerando que ocorra a sustentabilidade econômico-financeira do projeto (sem a existência de lucro ou prejuízos);
- Tarifa média de água com base no valor praticado pela Companhia Estadual de Saneamento: 72,25% dos municípios com população urbana menor que 10 mil habitantes são geridos pela companhia, desta forma a tarifa praticada é que apresenta maior representatividade;
- Inadimplência = 5%: valor atribuído como representativo de uma boa gestão comercial do sistema de saneamento no município.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Modelo teórico de gestão pública de sistemas de tratamento de esgotos no lote

O modelo é baseado na coleta de lodo dos sistemas de tanque séptico existentes no lote em cada economia, transportando por um caminhão limpa fossa até uma unidade de gestão do lodo onde ocorre o seu desaguamento e tratamento do líquido percolado.

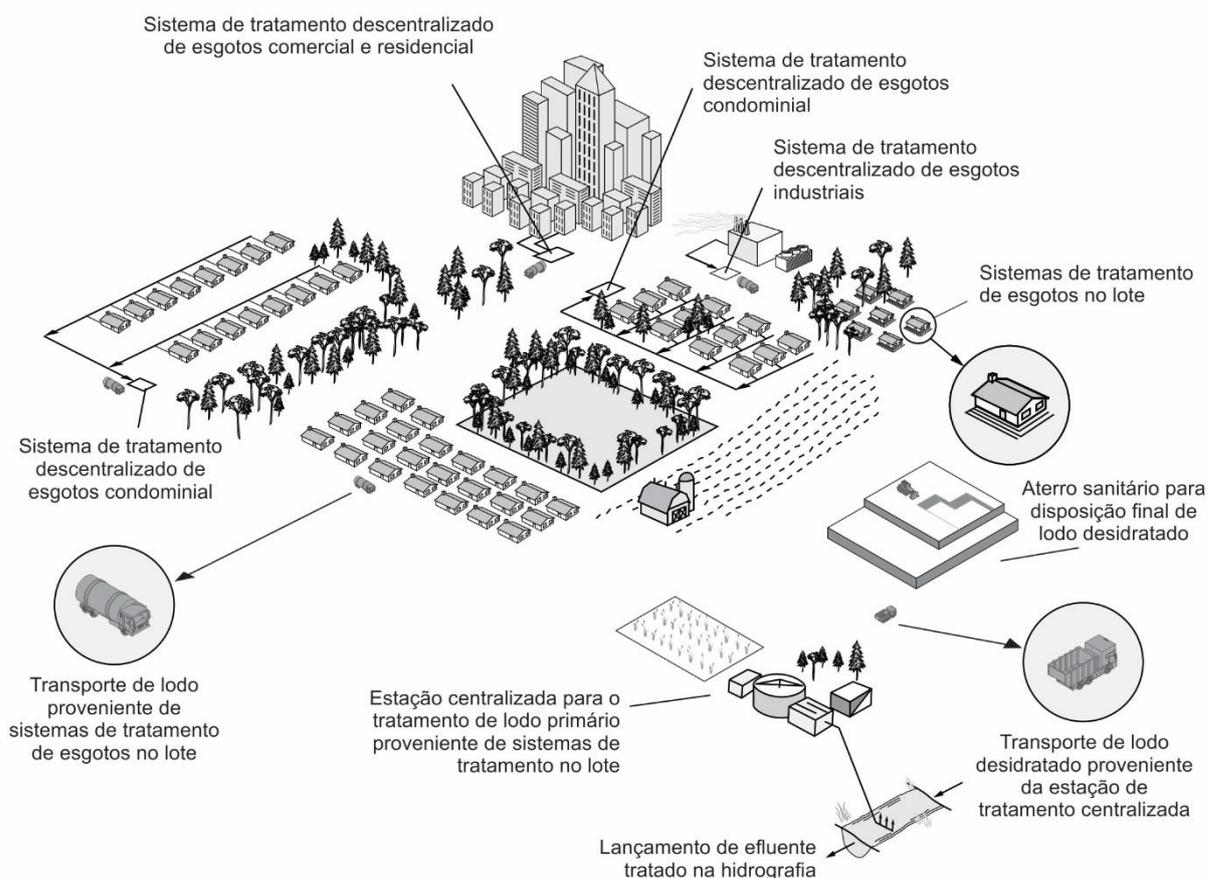
O modelo que resulta do estudo aplicado considera a gestão pública (realizada por entidades diretamente ligadas à gestão municipal) dos sistemas de tratamento de esgotos existentes no lote (aqueles presentes nos limites físicos das economias).

A premissa de aplicação do modelo considera que o município não disponha de rede coletora de esgoto, o que resultou na proposição de um modelo não convencional de atendimento viável de ser aplicado em termos financeiros no curto prazo (em até 2 anos).

Lerebours *et.al.* (2021) apresentam uma análise dos mecanismos de regulação dos serviços de coleta e transporte de lodos de sistemas no lote em 20 cidades de 15 países na África Subsaariana. Os resultados destacam a diversidade de ferramentas, mecanismos e capacidades. Os autores concluem que é necessária uma mudança incremental e pragmática para alcançar serviços totalmente regulamentados, com implementação adequada facilitada particularmente por mecanismos de apoio e incentivo e participação de todas as partes interessadas.

Os arranjos espaciais considerados no modelo seguiram as organizações urbanas de estruturas de saneamento possíveis em municípios, conforme descrito em Gikas; Tchobanoglous (2009). Na Figura 14 apresentam-se os arranjos espaciais considerados. Observa-se que os sistemas de tratamento no lote podem estar também disponíveis no atendimento de um conjunto de economias residenciais ou mesmo de forma combinada, residencial e comercial ou industrial.

Figura 14 – Arranjos espaciais considerados no modelo



Fonte: Adaptado de Gikas; Tchobanoglous, 2009.

Assim, independente a situação, o modelo prevê como etapa preliminar a adoção de cadastro das economias/unidades geradoras de esgotos o que irá interferir na logística de limpeza dos sistemas de tratamento no lote.

De forma a se avaliar os custos associados de implantação e operação do sistema (CAPEX *versus* OPEX) o modelo teórico resultou em duas variações, quais foram: (i) Modelo Autônomo e (ii) Modelo Consorciado.

5.1.1 Modelo Autônomo

Neste modelo de gestão pública de sistemas de esgotos no lote, propõe-se que o município opere de forma isolada, sem a participação conjunta de outras entidades ou municípios na forma de consórcio.

A governança do sistema se baseia na existência de uma prestadora dos serviços atrelada à prefeitura municipal na forma de um SAMAE (Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto).

O modelo propõe o encadeamento de atividades conforme representado na Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma das atividades no modelo autônomo.



Fonte: Autoria própria.

- **Etapa 01 – Economia:**

O modelo considerou a unidade geradora de esgotos por economia sendo ela categorizada como comercial, residencial, pública ou industrial.

O modelo atribuiu a existência de 01 sistema de tratamento de esgoto no lote por economia existente. Isto impacta principalmente no sistema de cobrança, buscando-se a paridade ao que já é praticado no sistema de abastecimento de água, onde a unidade comercial de faturamento é baseada na economia.

- **Etapa 02 – Tratamento:**

O modelo considerou o tratamento de esgoto no lote do tipo sistema de tanque séptico, que segundo a NBR 7229 (ABNT, 1993) se caracteriza como o conjunto de unidades destinadas ao tratamento e à disposição de esgotos, mediante utilização de tanque séptico e unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes e lodo.

A escolha pelo sistema de tanque séptico foi dada em função da sua larga utilização há no mínimo 30 anos (data de publicação da NBR 7229), e a existência de parâmetros normativos e fiscalizatórios consolidados.

Apesar de apresentar eficiências moderadas no tratamento dos efluentes (DBO: 30 a 55%, Sólidos em suspensão: 20 a 90%, Óleos e graxas: 70 a 90%)

(Chernicharo, 1997), sua facilidade construtiva e ampla gama de utilização contribuem para a larga existência de unidades já construídas.

Quanto a consideração sobre os sistemas existentes serem adequados, o modelo considerou que havendo as unidades nas economias cadastradas, esta é passível de limpeza, independentemente de sua adequação à norma.

Neste sentido o modelo considerou que os tanques sépticos existentes são considerados em sua maioria adequados com limpeza projetada para um ano e dimensionados conforme as normas NBR 7.229 (ABNT, 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997).

- Etapa 03 – Limpeza:

A limpeza se caracteriza como o processo de manutenção dos sistemas de tanque séptico. A etapa prevista no modelo se refere a ação de retirada da espuma e lodo digerido acumulado no sistema de tanque séptico com periodicidade anual.

Em termos logísticos o modelo considerou a elaboração de cadastro prévio onde as economias dotadas de sistemas de tratamento no lote são mapeadas e em seguida realizado cronograma anual de limpeza.

Para a tarefa foi prevista a utilização de um caminhão autovácuo “limpa fossa” com capacidade para 6,00m³ de armazenamento. O material recolhido segue então para a central de gestão de lodos.

Conforme a NBR 7229 (ABNT, 1993), a etapa de remoção do lodo digerido deve manter nos sistemas, aproximadamente 10% de seu volume a fim de se preservar a microbiota necessária para o tratamento.

- Etapa 04 – Unidade de gestão do lodo:

A etapa de gestão do lodo considerou a existência de um sistema de tratamento centralizado onde serão realizados o desaguamento e mineralização do lodo recolhido e tratamento do líquido percolado do processo.

O modelo considerou a execução de uma sequência de *wetlands* para o desaguamento de lodo. Nestas unidades o lodo recolhido dos sistemas de tanque séptico é aplicado com a finalidade de se reter os sólidos e drenar o líquido percolado. A retirada de lodo mineralizado desses sistemas é realizada entre 10 e 20 anos de

operação (Nielsen *et. al.*, 2014). Em termos de dimensionamento para as situações de modelo, foram considerados os parâmetros abordados por Magri *et. al.*, (2016).

Já o líquido percolado resultante do escoamento nos *wetlands* é tratado em um sistema complementar composto por uma unidade anaeróbia (reator de manta de lodo – UASB) conforme Chernicharo, (1997), seguido de uma unidade aeróbia tipo biofiltro aerado submerso conforme NBR 13.969 (ABNT, 1997).

Os efluentes tratados na unidade de gestão do lodo são lançados na hidrografia mais próxima conforme as diretrizes preconizadas na resolução CONSEMA Nº 182/2021 e CONAMA Nº 430/2011.

- Etapa 05 – Disposição final:

O modelo considerou que o lodo resultante da desidratação realizada na unidade de gestão do lodo, terá o aterro sanitário como destino.

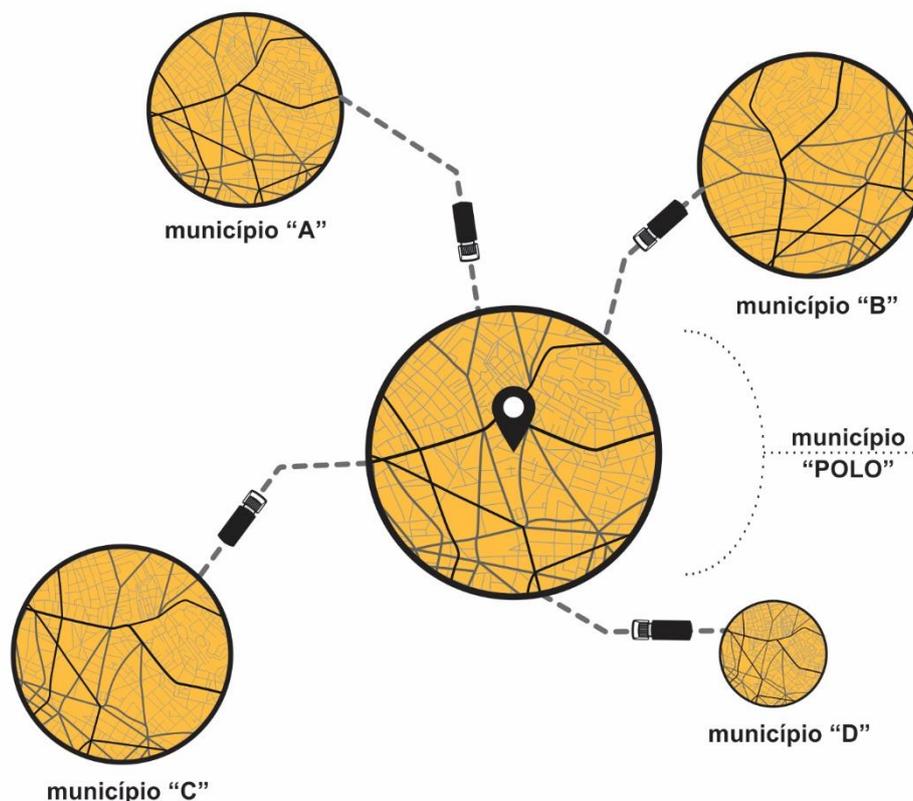
Considera-se a disposição em aterro sanitário visto que os municípios já possuem contrato de disposição de resíduos sólidos, o que torna a logística de transporte já conhecida.

5.1.2 Modelo Consorciado

O modelo consorciado é uma variação do modelo autônomo, cuja finalidade é avaliar a viabilidade econômico-financeira sob a ótica do ganho de escala.

Neste cenário as estruturas administrativas e operacionais estão localizadas no município cuja localização esteja equidistante aos demais municípios, denominado “município polo”, conforme representado na Figura 16.

Figura 16 – Arquitetura do modelo consorciado.



Fonte: Autoria própria.

Desta forma busca-se avaliar o quão representativo é o valor de CAPEX frente aos valores de OPEX.

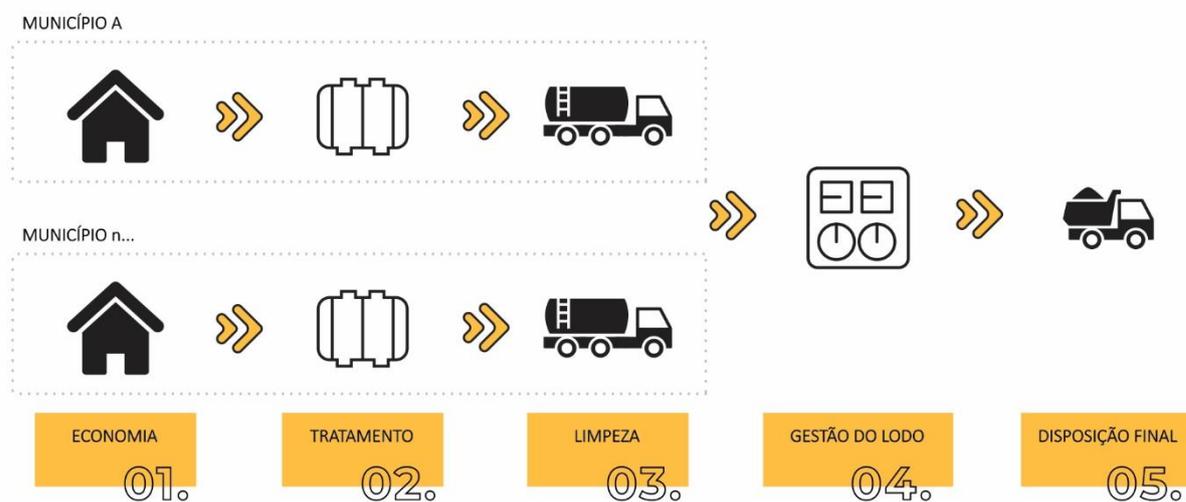
Para que isso seja possível é necessária a existência de aglomerados de municípios distribuídos de forma geográfica coerente. O modelo aplicado para o estado de Santa Catarina considerou a mesma distribuição utilizada por parte das associações de municípios, entidades existentes e consolidadas, distribuídas em agrupamentos de municípios limieiros conforme apresenta a Federação de Consórcios, Associações e Municípios de Santa Catarina (FECAM).

Quanto ao fluxograma de atividades estabelecidos no modelo consorciado, sua distribuição segue o mesmo formato considerado no modelo autônomo, porém aplicado a um conjunto de municípios.

As etapas 01 – Economia, 02 – Tratamento e 03 – Limpeza ocorrem isoladamente em cada um dos municípios consorciados. A partir da Etapa 04 – Unidade de gestão de todo os processos ocorrem de forma conjunta no município polo

seguido da etapa 05 – lodo quando a totalidade do lodo produzido nos municípios será encaminhado para um aterro sanitário (Figura 17).

Figura 17 - Fluxograma das atividades no modelo consorciado.



Fonte: Autoria própria.

5.2 Modelo econômico-financeiro

O modelo econômico-financeiro foi executado no *software* Microsoft Excel™ por se tratar de um aplicativo para a criação de planilhas eletrônicas amplamente difundido e com possibilidades de compatibilidade ou importação em outros softwares de mesma finalidade.

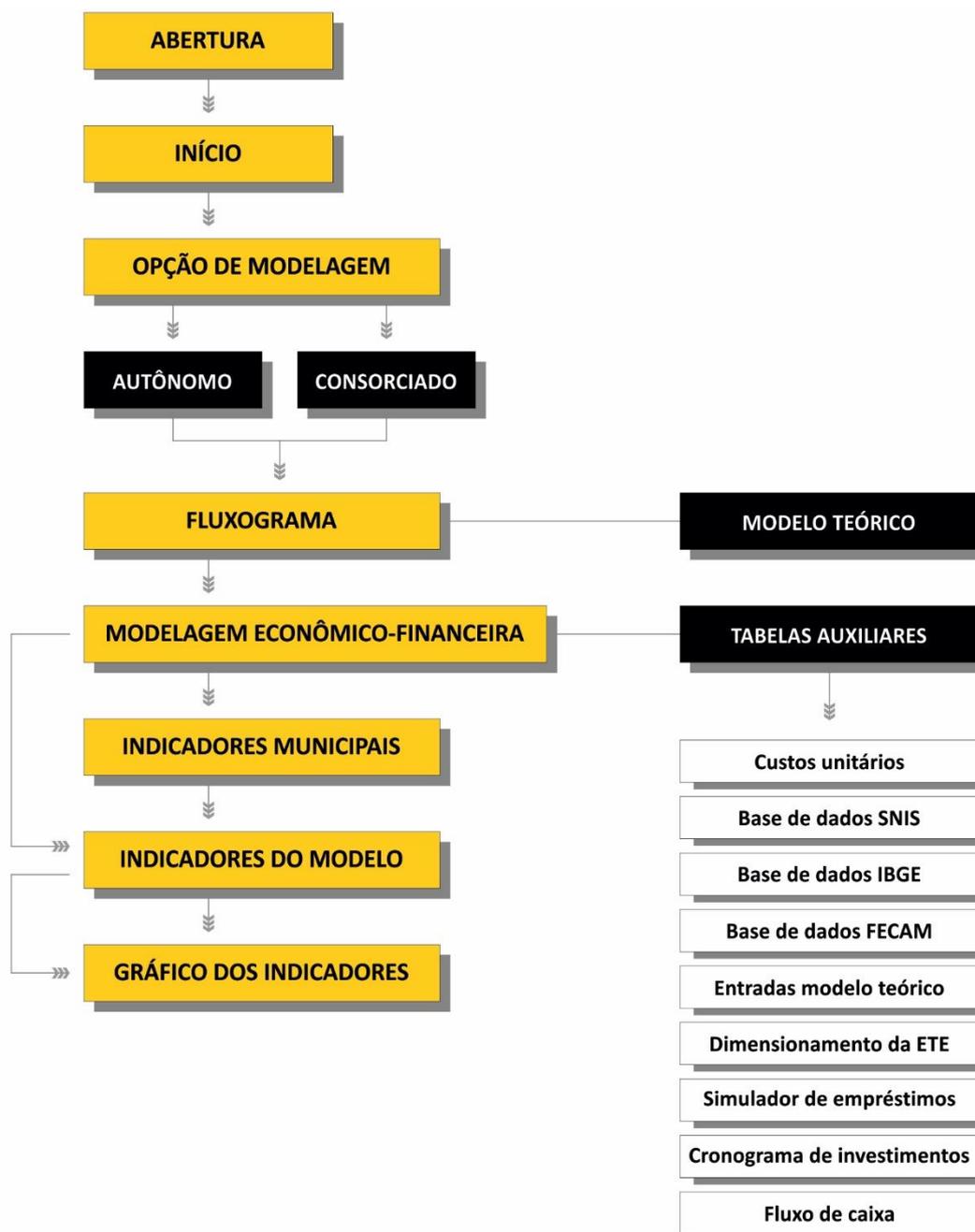
Desta forma o modelo foi concebido por meio de diferentes planilhas, integradas e associadas, utilizando-se linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA) incorporada.

O modelo apresenta dois grupos de planilhas com distintas funções. O primeiro grupo é formado por *dashboards* de interação e resultado que são acessíveis ao usuário para a entrada e saída de dados referentes à modelagem. O outro grupo de planilhas, as tabelas auxiliares, possuem as informações de base para a execução do modelo e suas variações.

Para a execução do modelo, o usuário necessita de informações básicas de conhecimento rotineiro de gestores municipais e operadores do sistema de abastecimento de água.

Na Figura 18 apresenta-se a hierarquização do modelo apresentando uma visão geral dos *dashboards* e tabelas auxiliares.

Figura 18 – Visão geral do MEF.

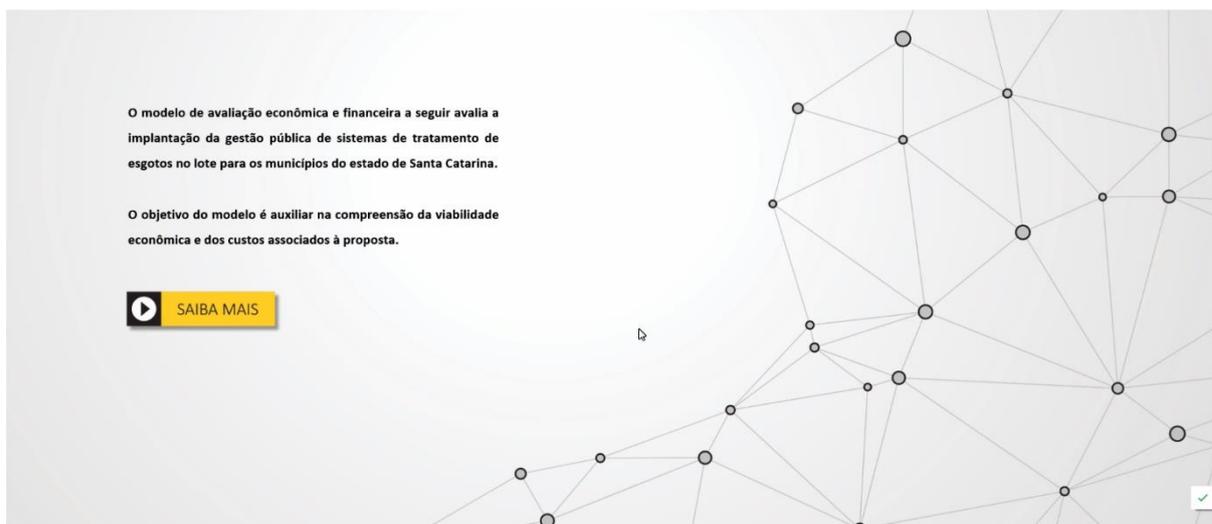


Fonte: Autoria própria.

5.2.1 Abertura e início do MEF

O *dashboard* de entrada no modelo (Figura 19) apresenta a proposta oferecida pela modelagem e o seu objetivo para clareza do que o usuário pode obter na sua utilização. Por meio do botão de controle o usuário inicia a operação do modelo.

Figura 19 – Dashboard de abertura do MEF.



Fonte: Autoria própria.

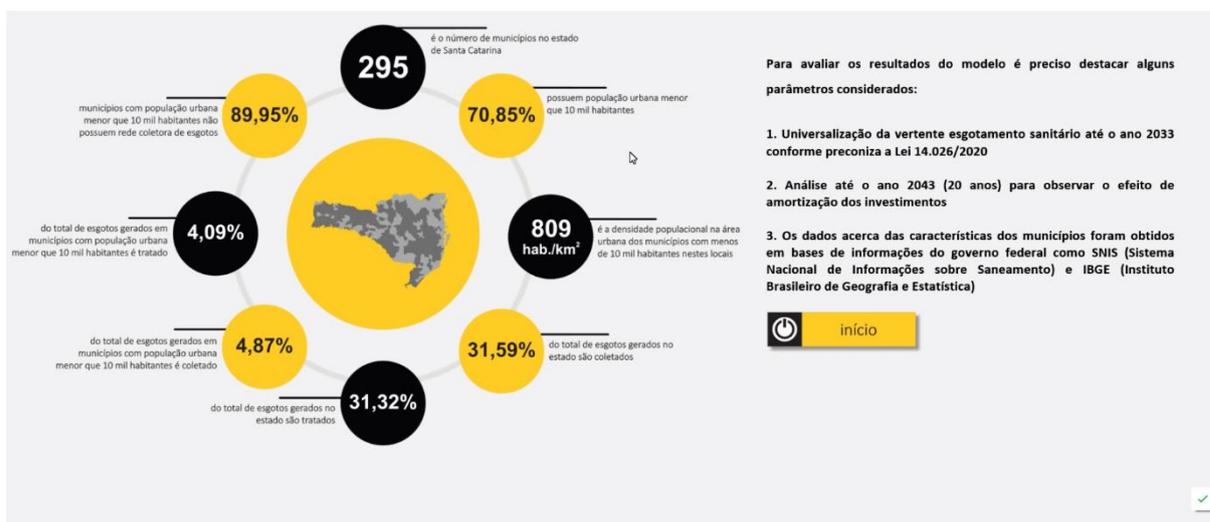
O *dashboard* seguinte, apresenta os principais indicadores do saneamento no estado de Santa Catarina, explanando o panorama que justifica a necessidade de um modelo alternativo que saneamento que possa somar às opções de universalização dos serviços (Figura 20).

São também apresentadas as premissas consideradas no modelo:

- O ano alvo para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário (2033);
- A análise alargada para o ano de 2043 no sentido de se observar os efeitos de amortização dos investimentos sobre a tarifa;
- As principais fontes de dados utilizadas na obtenção de informações (SNIS e IBGE);

O *dashboard* apresenta um botão de controle para a próxima tela do MEF.

Figura 20 – *Dashboard* de início do MEF.

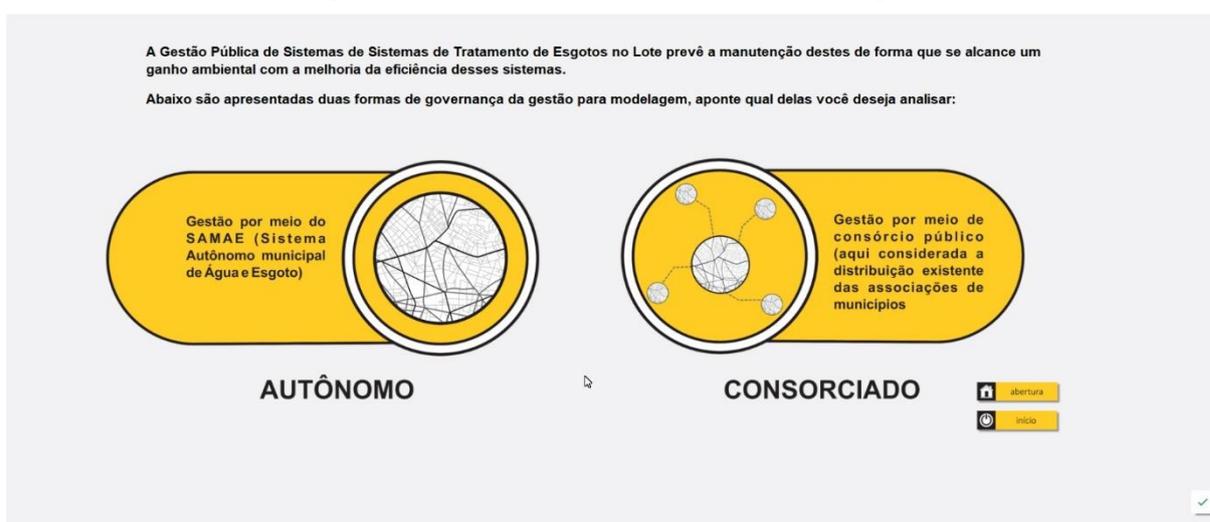


Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Opção de modelagem

O *dashboard* de opções de modelagem apresenta cenários de governança para o modelo de saneamento proposto. Foram atribuídas como forma de gestão a existência de um SAMAE ou de um consórcio intermunicipal (Figura 21).

Figura 21 – *Dashboard* de opções de modelagem



Fonte: Autoria própria.

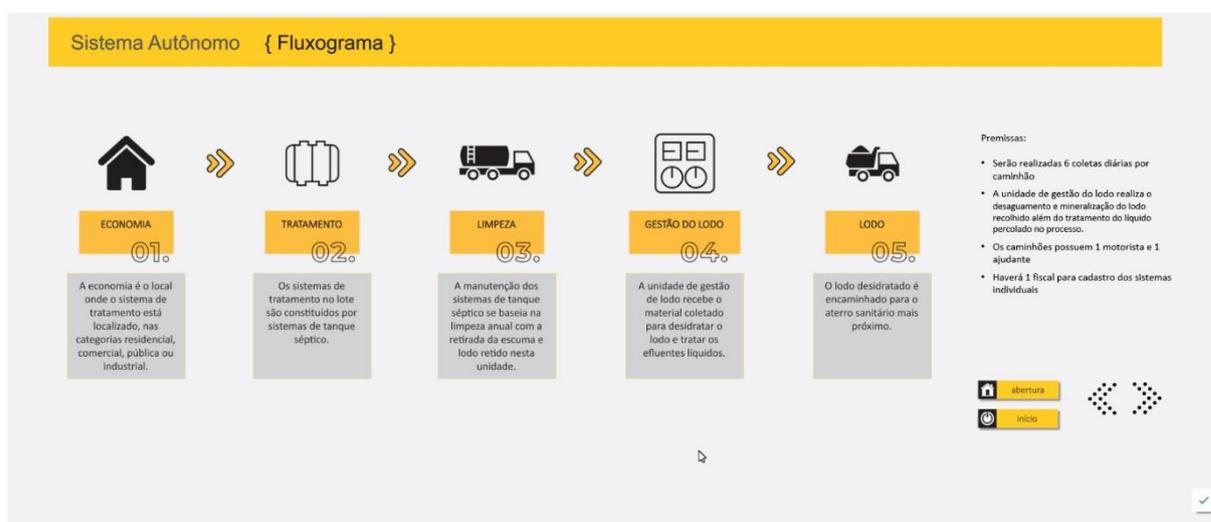
A gestão por meio de um SAMAE considerou uma estrutura administrativa própria, pré-existente ou não, que realiza a operação dos seus efluentes sanitários. Nesta situação cada município realiza a coleta e disposição do efluente em uma unidade de gestão do lodo no próprio município e realiza os investimentos de forma isolada.

Já a gestão por meio de um consórcio intermunicipal considera o agrupamento de municípios para a gestão dos efluentes captados em cada município componente. Nesta situação a sede administrativa e unidade de gestão do lodo é alocada no município que apresenta a localização mais centralizada de forma a se garantir a melhor logística de transporte.

5.2.3 Fluxograma

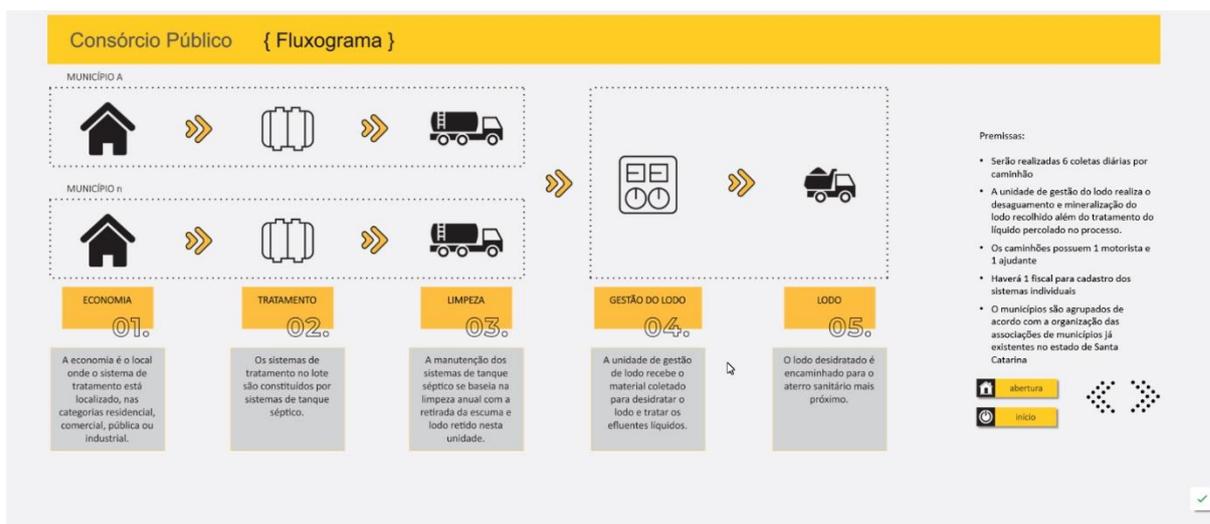
O *dashboard* fluxograma apresenta ao usuário as principais etapas do processo consideradas no modelo. São apresentadas duas versões, uma para o modelo autônomo (Figura 22) e outra para o modelo consorciado (Figura 23).

Figura 22 – Dashboard de fluxo para o modelo autônomo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 23 – Dashboard de fluxo para o modelo consorciado.

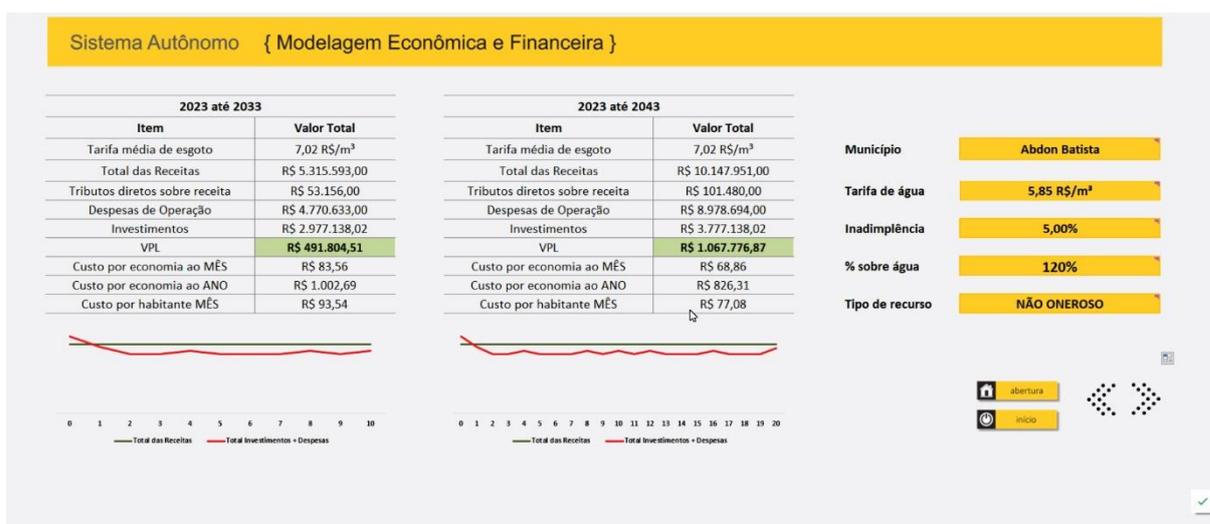


Fonte: Autoria própria.

5.2.4 Modelagem econômico-financeira

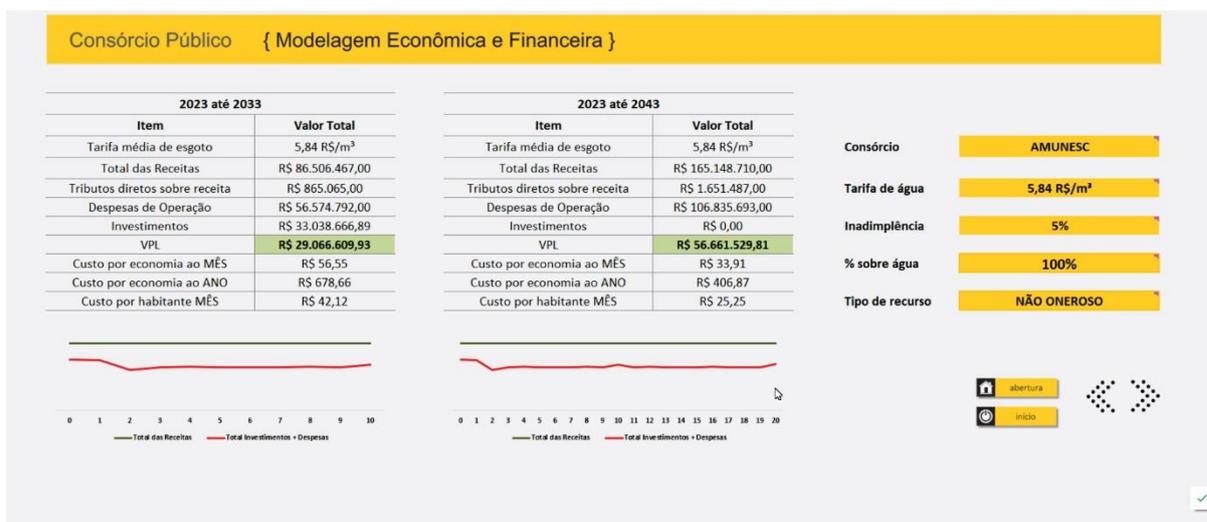
O *dashboard* modelagem econômico-financeira apresenta na mesma tela o painel de entrada de dados fornecidos pelo usuário e o painel de informações resultantes do motor de cálculo do modelo (Figura 24 e Figura 25).

Figura 24 – Dashboard de interação para o modelo autônomo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 25 – Dashboard de interação para o modelo consorciado.



Fonte: Autoria própria.

No painel de entrada de dados (Figura 26) o usuário seleciona o município ou consórcio para análise com base em uma lista pré-definida que contém os MPP.

Figura 26 – Painel de entrada de dados para o modelo autônomo e consorciado.

Município	Abdon Batista	Consórcio	AMUNESC
Tarifa de água	5,85 R\$/m ³	Tarifa de água	5,85 R\$/m ³
Inadimplência	5,00%	Inadimplência	5,00%
% sobre água	120%	% sobre água	100%
Tipo de recurso	NÃO ONEROSO	Tipo de recurso	ONEROSO

Fonte: Autoria própria.

Em seguida é necessário atribuir o valor médio da tarifa de água que será utilizado como referência para o valor praticado à tarifa de esgoto. O valor médio da tarifa de água é obtido por meio do histograma de consumos gerado no sistema comercial da companhia de saneamento.

O valor de Inadimplência é também obtido por meio do histograma de consumos, confrontando os valores faturados *versus* os valores arrecadados para o sistema de abastecimento de água.

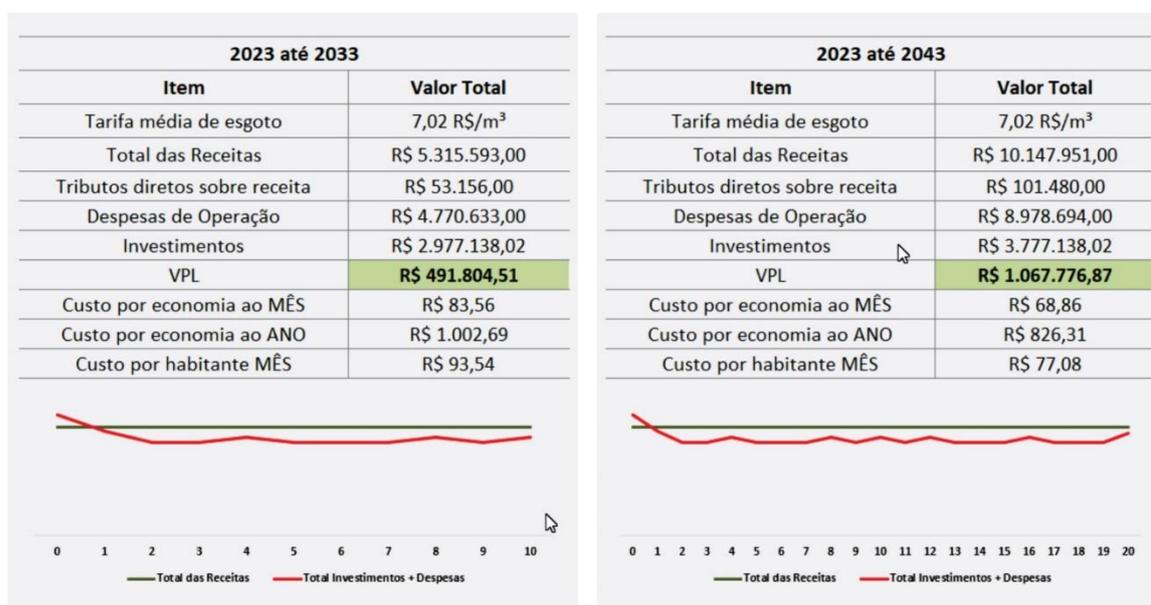
A entrada “percentual sobre água” se refere ao valor percentual que multiplicado pela tarifa de água irá gerar a tarifa aplicada ao sistema de esgotamento sanitário proposto. A variação do valor é utilizada na modelagem a fim de estimarem-se as receitas necessárias para que exista sustentabilidade econômico-financeira na aplicação do sistema de esgotamento sanitário proposto.

O último parâmetro solicitado ao usuário é o tipo de recurso para investimento. O modelo se baseia na utilização de dois tipos de recursos para financiamento dos investimentos (CAPEX):

- Recurso oneroso: aquele cuja origem visa a inclusão de uma taxa de juro (custo do recurso) para a realização da operação de crédito, em geral proveniente de fundos de investimento ou empréstimo bancário;
- Recurso não oneroso: aquele proveniente de bases subsidiadas sem que ocorra a cobrança pela operação de crédito, em geral formada por recursos de programas governamentais;

Realizada a entrada de dados, o usuário observa as variações dos parâmetros de saída que indicam o status da sustentabilidade financeira (Figura 27).

Figura 27 – Painel de saída de dados.



Fonte: Autoria própria.

A tarifa média de esgoto (R\$/m³) é apresentada para avaliação do usuário e seu valor é decorrente da porcentagem aplicada sobre a tarifa de água, informação fornecida pelo usuário na entrada de dados.

O valor total de receitas do período (R\$) é decorrente do volume médio consumido de água por economia multiplicado sobre a tarifa de esgoto praticada, descontada a inadimplência observada.

O valor dos tributos diretos sobre a receita é dado em função do imposto Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP) no valor de 1% sobre a receita bruta, recolhido mensalmente de empresas públicas e de economia mista.

As despesas de operação decorrem dos custos necessários à operação e manutenção do sistema e consideram:

- Combustível para a frota;
- Motoristas;
- Ajudantes;
- Operador da unidade de gestão do lodo;
- Responsável técnico pelo sistema;
- Fiscais de cadastro dos sistemas no lote;
- Equipamentos de proteção individual;
- Análises de qualidade do lodo e efluentes tratados;
- Seguros;
- Manutenções preventivas e corretivas;
- Licenciamento ambiental das estruturas;
- Agência reguladora;
- Disposição final do lodo desaguado em aterro sanitário;

A componente investimentos considera os custos em infraestrutura para o funcionamento das atividades, considerando:

- Caminhão limpa fossa com capacidade para 6m³;
- Terreno para instalação da unidade de gestão dos lodos;
- Unidade de gestão do lodo (estruturas);

O valor presente líquido (VPL) informado pelo modelo é a medida de sustentabilidade econômico-financeira adotada. Em se tratando de sistemas cuja gestão é pública, não há interesse na componente lucro (aqui caracterizada como VPL maior que zero) e nem o contrário, prejuízo (aqui caracterizado como VPL menor que zero).

O custo médio por economia ao mês representa o valor médio faturado para as economias mensalmente. Já o custo médio por economia/ano representa o montante anualmente faturado e seu objetivo é correlacionar ao valor de um serviço de limpa fossa normalmente aplicado por uma empresa privada.

O custo médio por habitante/ano representa o que cada habitante teoricamente desembolsaria para implementar e manter o sistema proposto.

Os demais valores referência para o usuário e utilizados na base interna de cálculo do modelo foram obtidos junto ao SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento por meio do Diagnóstico SNIS 2021/2022 (ano de referência 2020) no banco de dados Tabelas - Informações e Indicadores em Microsoft ExcelTM.

Neste banco de dados foram extraídas e compiladas as informações existentes nas seguintes planilhas para os municípios com população urbana menor que 10 mil habitantes:

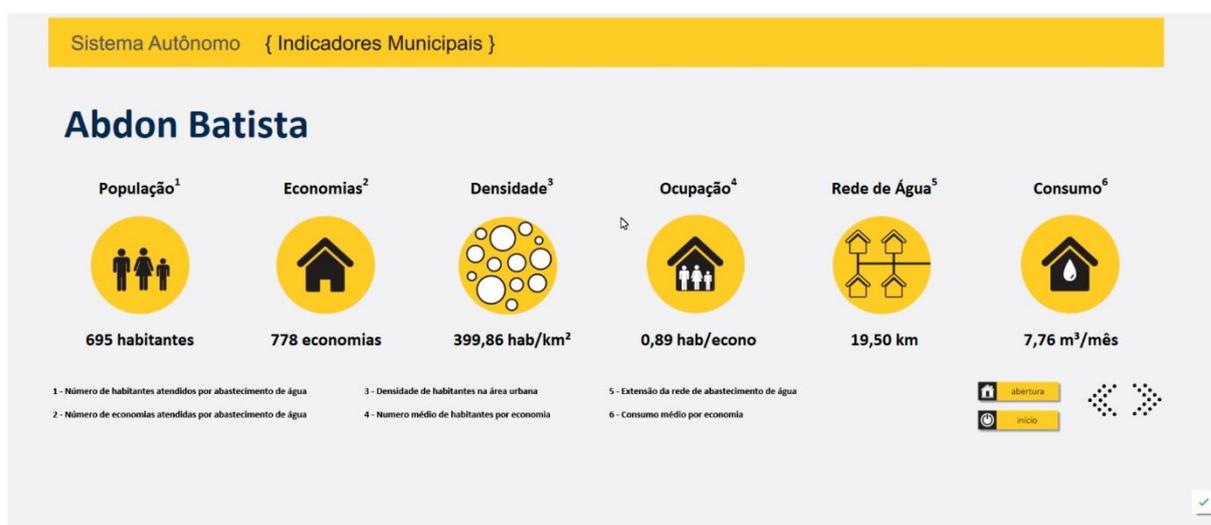
- Planilhas_AE2020_Completa_LEP: (LEP - PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABRANGÊNCIA LOCAL - Empresa Privada);
- Planilhas_AE2020_Completa_LPR: (LPR - PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABRANGÊNCIA LOCAL - Direito Privado com Administração Pública);
- Planilhas_AE2020_Completa_LPU (LPU - PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABRANGÊNCIA LOCAL - Direito Público);
- População urbana atendida com abastecimento de água: AG026
- Número de economias residenciais: AG013
- Número de economias TOTAL: AG003
- Habitantes por economia: obtido pela divisão do indicador AG026/ AG013
- Extensão da rede de água: AG005
- Consumo médio por economia: obtido pela divisão do indicador Volume de água consumida AG010/quantidade de economias ativas micromedidas AG014

- Densidade Área Urbana: Áreas obtidas por meio da intersecção de setores censitários urbanos e rurais, com base em IBGE 2010. Para o cálculo do indicador foi utilizada a divisão de AG026/Áreas urbanas.
- Associação: obtida por meio do site <https://www.fecam.org.br/associacoes/> e selecionados os municípios componentes de cada uma das associações existentes;

5.2.5 Indicadores municipais

O *dashboard* de indicadores municipais apresenta as principais características do município em análise (quando realizada para o sistema autônomo - Figura 28) e características, em termos médios, do conjunto de municípios (quando realizada para o sistema consorciado- Figura 29)

Figura 28 – Dashboard de indicadores municipais para o modelo autônomo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 29 – Dashboard de indicadores municipais para o modelo consorciado.

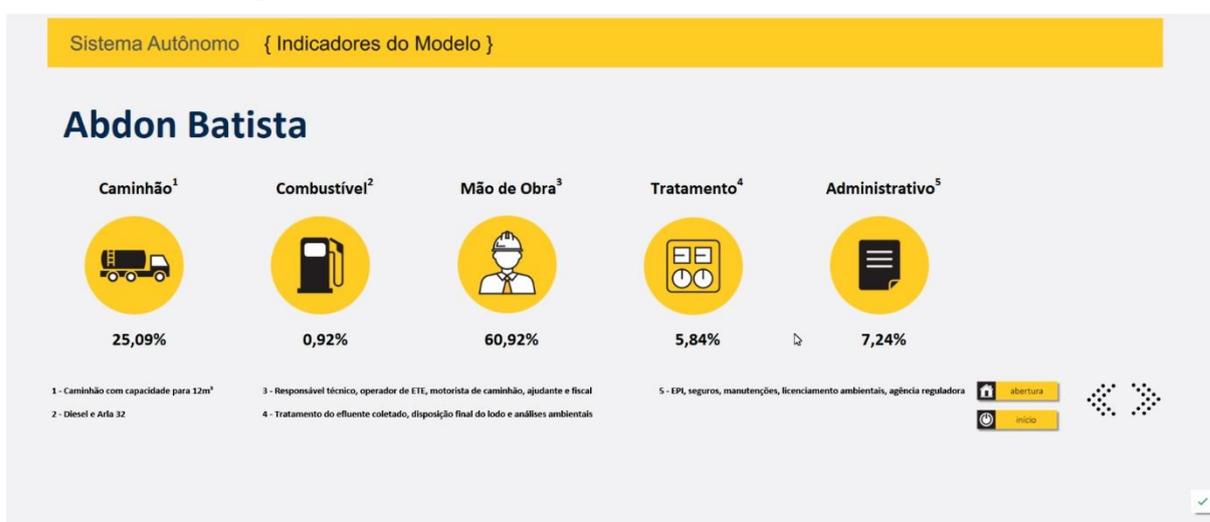


Fonte: Autoria própria.

5.2.6 Indicadores do MEF

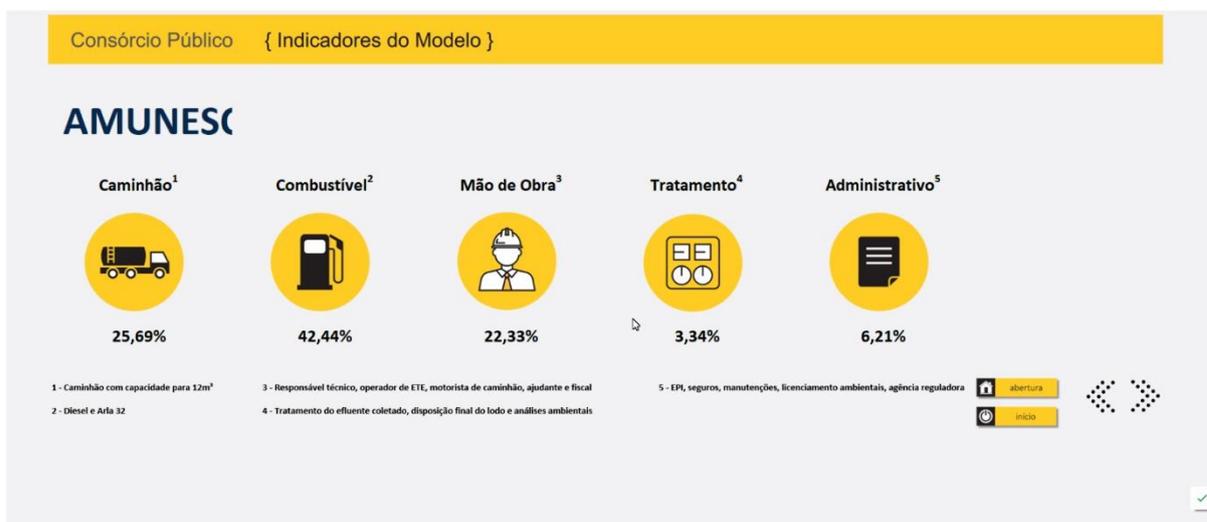
O *dashboard* indicadores do modelo apresenta os percentuais dos custos financeiros para os principais componentes do sistema de saneamento proposto (Figura 30 e Figura 31).

Figura 30 – Dashboard de indicadores do modelo autônomo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 31 – *Dashboard* de indicadores do modelo consorciado.



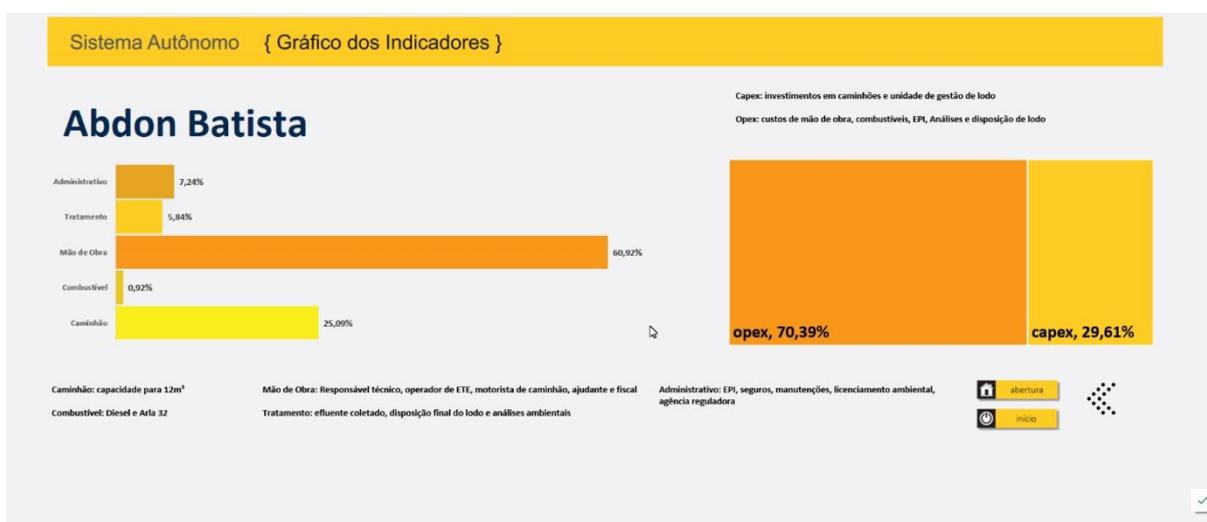
Fonte: Autoria própria.

5.2.7 Gráfico de Indicadores do MEF

O gráfico de indicadores apresenta visualmente as diferenças percentuais dos pesos de cada um dos principais componentes do modelo (Figura 32 e Figura 33).

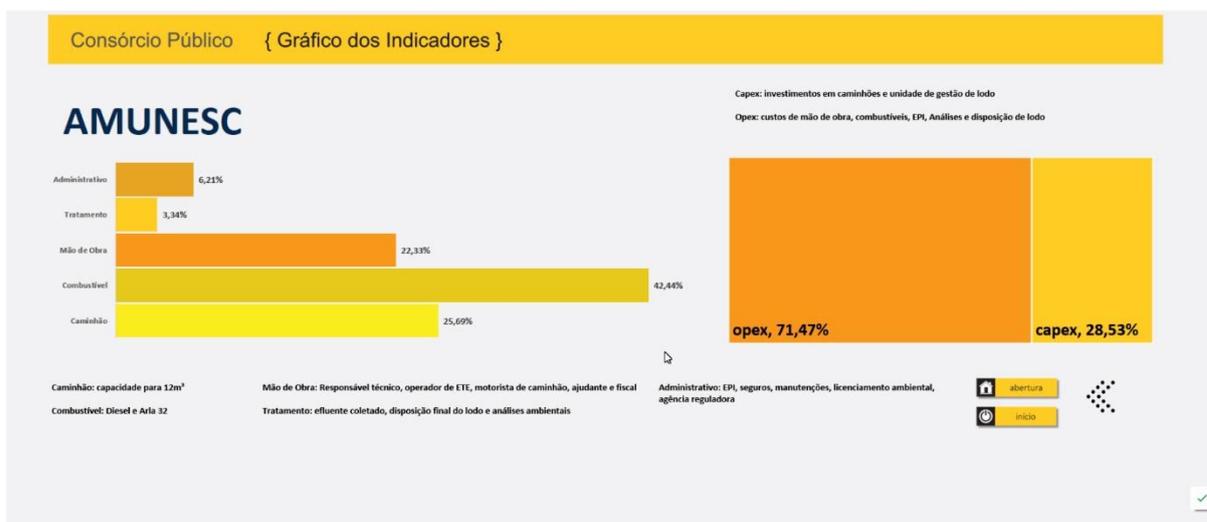
O *dashboard* ainda apresenta as diferenças percentuais e gráfica dos pesos resultantes para o CAPEX E OPEX.

Figura 32 – *Dashboard* de gráficos do modelo autônomo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 33 – Dashboard de gráficos do modelo consorciado.



Fonte: Autoria própria.

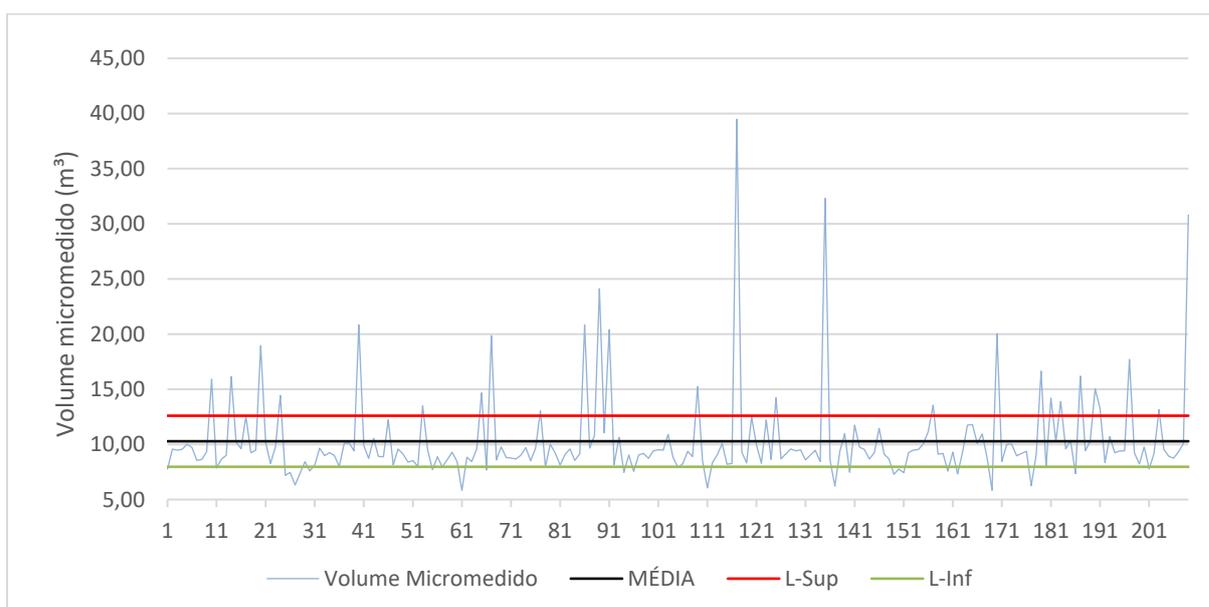
5.3 Aplicação do MEF para municípios do estado de Santa Catarina

5.3.1 Análise estatística dos dados

As informações utilizadas na modelagem foram obtidas da base de dados SNIS que pode apresentar erros de preenchimento visto que a inserção de dados é de responsabilidade dos municípios.

Assim, dada a importância dos dados referentes aos volumes micromedidos na economias, foi realizada análise estatística, visto que no conjunto alguns pontos apresentavam discrepâncias que provocariam erros de interpretação (Figura 34).

Foram analisados os dados do total de municípios abordados no estudo, somando 209 parâmetros.

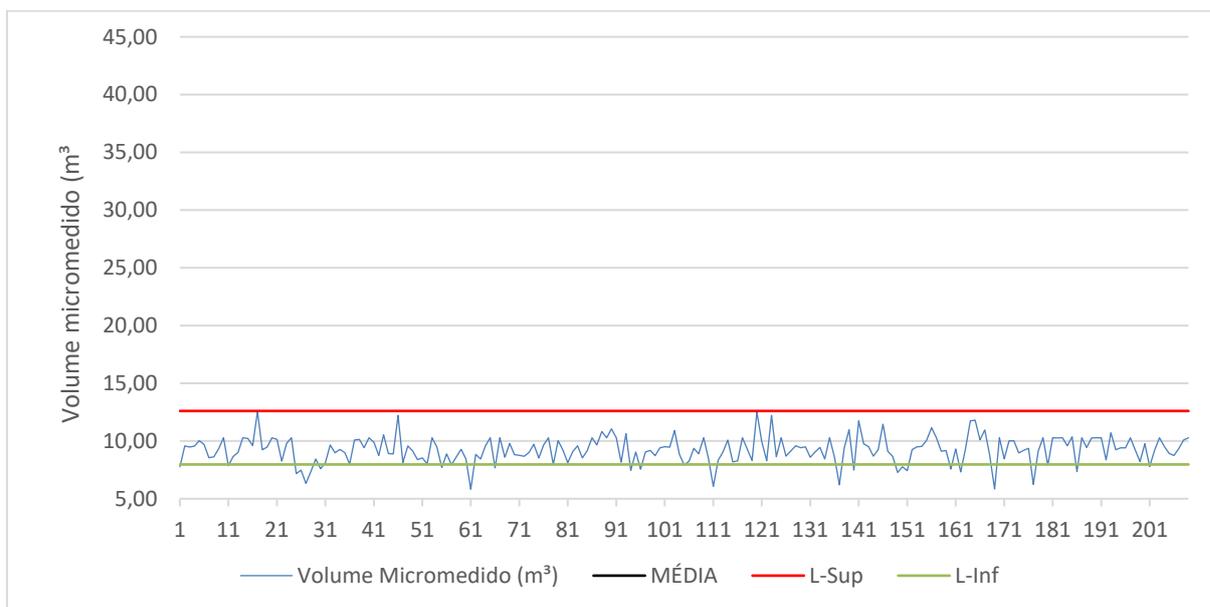
Figura 34 – Gráfico dos pontos discrepantes para o volume micromedido nas economias

Fonte: Autoria própria.

Com base na distribuição de quartis e definição dos limites de erro, conforme apresentado no Quadro 14, os valores de consumo médio mensal por economia acima do limite superior foram atribuídos conforme média e os dados abaixo do limite inferior foram mantidos (Figura 35).

Quadro 14 – Parâmetros de entrada do MEF

Parâmetro	Valor
Média	10,28
Quartil1	8,54
Quartil3	10,08
IQR	1,54
Lsup.	12,60
Linf.	7,97

Figura 35 – Gráfico dos pontos corrigidos para o volume micromedido nas economias

Fonte: Autoria própria.

5.3.2 Dados de entrada para análise em Santa Catarina

- Tarifa:

No estado de Santa Catarina, 72% dos MPP apresentam volume mensal micromedido abaixo de 10m³ (desconsiderando-se os valores discrepantes). Além disso, em termos de governança, 74% destes municípios são geridos pela companhia estadual de saneamento (SNIS, 2021).

Com base nestas informações, a tarifa de água aplicada considerou o tarifário vigente até dezembro do ano de 2022, aplicando o valor médio por m³ de água consumida no escalão residencial “B” até 10m³ resultando no valor de R\$ 5,838/m³ (CASAN, 2022).

- Inadimplência:

Foi atribuído o valor de inadimplência em 5,00%.

- Período analisado:

A modelagem aplicada considerou o período compreendido entre os anos de 2023 e 2033, prazo estabelecido na Lei 14.026/2020 para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário em todo território nacional.

- Taxa de juros:

Em relação à taxa de juros aplicada, considerou-se o valor de 15%, patamar superior a taxa básica de juros da economia (SELIC) de 13,75 % a.a. estabelecida em reunião do Comitê de Política Monetária (COPOM) em 03/08/2022.

- % sobre a tarifa de água:

Na modelagem aplicada o objetivo estabelecido foi de sustentabilidade econômico-financeira com base em um VPL=0. Assim o percentual sobre a tarifa de água passou a ser resultante desta condição, variando em cada município ou consórcio em análise.

5.3.3 Modelagem para a prestação dos serviços em municípios de forma Autônoma

A modelagem aplicada a municípios organizados de forma autônoma obteve os resultados apresentados no Quadro 15, no qual é apresentada a média de valores para os 202 municípios avaliados.

Quadro 15 – Parâmetros médios da modelagem em sistemas autônomos

(continua)

Parâmetro	Recursos Onerosos	Recursos NÃO Onerosos
Média do percentual sobre a tarifa de água	193,99%	115,66%
DESV. PAD.	119,64%	76,40%
Média da tarifa de esgoto por m ³ de água consumida	R\$ 11,33	R\$ 6,75
DESV. PAD.	R\$ 1,20	R\$ 4,46
Consumo médio de água em m ³ por economia	9,23	9,23
DESV.PAD.	1,14	1,14
Custo médio por economia ao MÊS	R\$ 106,24	R\$ 104,72
DESV. PAD.	R\$ 61,35	R\$ 60,70
Custo médio por economia ao ANO	R\$ 1.274,88	R\$ 1.256,65
DESV. PAD.	R\$ 736,14	R\$ 728,40
Custo médio por habitante ao ANO	R\$ 660,90	R\$ 651,51
DESV. PAD.	R\$ 561,06	R\$ 554,84

Quadro 15 – Parâmetros médios da modelagem em sistemas autônomos

(conclusão)

Parâmetro	Recursos Onerosos	Recursos NÃO Onerosos
Custo médio por habitante MÊS	R\$ 55,07	R\$ 54,29
DESV. PAD.	R\$ 46,76	R\$ 46,24
Média das Receitas	R\$ 11.953.559,65	R\$ 6.809.773,26
DESV. PAD.	R\$ 5.208.253,09	R\$ 2.554.727,90
Média dos tributos diretos sobre receita	R\$ 119.535,56	R\$ 68.097,77
DESV. PAD.	R\$ 52.082,54	R\$ 25.547,30
Média das despesas de Operação	R\$ 6.741.675,55	R\$ 6.741.675,55
DESV. PAD.	R\$ 2.529.180,62	R\$ 2.529.180,62
Média dos investimentos	R\$ 5.092.348,52	R\$ 4.973.520,46
DESV. PAD.	R\$ 2.627.791,16	R\$ 2.599.780,03
Número de municípios com tarifa de esgoto acima de 100%	174	28
Percentual de municípios com tarifa de esgoto acima de 100%	86,14%	13,86%

Fonte: Autoria própria.

Com relação ao percentual aplicado sobre a tarifa de água para obtenção da tarifa de esgoto, observa-se elevada variação em ambas as modelagens (por recursos onerosos e não onerosos) chegando a valores de até 193%. A maior parte dos municípios, 86,14% apresentaram este parâmetro acima de 100%.

Um fator para tal tendencia é que os sistemas quando organizados de forma autônoma apresentam valores globais acima daqueles necessários para a gestão de um sistema de abastecimento de água.

O uso de recursos onerosos demonstra impacto significativo no valor da tarifa de esgoto modelada, sendo de R\$ 11,33 ± 1,20/m³, enquanto os não onerosos apresentaram valor de R\$ 6,75 ± 4,46/m³, uma diferença de 40,38%. Aqui se demonstra o impacto dos juros nas operações que envolvem empréstimo bancário na obtenção de recursos para investimentos no sistema.

Já o custo médio por economia ao ano foi maior na modelagem com recursos onerosos R\$ 1.274,88 ± 736,14/economia (variação de 57,74%), porém apresentando elevada variação. O sistema possui dois itens de investimento que podem explicar a variação entre diferentes municípios, sendo, o custo associado ao caminhão limpa fossa e a unidade de gestão do lodo, fatores melhor explicitados adiante.

Quando se observa o custo médio por habitante ao ano destaca-se nos recursos onerosos o valor de R\$ 660,00 ± 561,06/habitante (variação de 84,89%). Este parâmetro além de apresentar elevada variação, não pode ser considerado para delimitação de custos globais do sistema visto que a unidade principal de custos é a economia.

McConville *et.al.* (2019) apresentam um estudo econômico e financeiro para implantação e operação de sistema de gestão de lodos de sistemas no lote em Kampala - Uganda, com coleta, transporte, tratamento e disposição final em sistema não-oneroso. A escala de população atendida está em uma zona urbana altamente adensada, com mais de 3 milhões de habitantes. Os resultados apontam para um valor anual de 14 dólares per capita. Os autores fizeram uma comparação acerca da instalação e operação de um modelo convencional com rede coletora, e este último valor foi de 186 dólares per capita, ou seja, uma ordem de grandeza de 13 vezes maior.

Não é possível fazer a comparação direta entre o presente trabalho e o estudo de McConville *et.al.* (2019) em função dos distintos cenários, no entanto, em função da escassez de pesquisas nesta linha, é importante a inferência que se pode fazer sobre os ganhos de escala, bem como a vantagem sobre os sistemas convencionais centralizados.

5.3.4 Modelagem para a prestação dos serviços em municípios de forma consorciada

A modelagem aplicada aos municípios organizados de forma consorciada obteve os resultados apresentados no Quadro 16, no qual é apresentada a média de valores para os 21 consórcios avaliados.

Quadro 16 – Parâmetros médios da modelagem em sistemas consorciados

Parâmetro	Recursos Onerosos	Recursos NÃO Onerosos
Média do percentual sobre a tarifa de água	84,19%	46,62%
DESV. PAD.	9,12%	7,90%
Média da tarifa de esgoto por m ³ de água consumida	R\$ 4,93	R\$ 2,73
DESV. PAD.	R\$ 0,53	R\$ 0,46
Consumo médio de água em m ³ por economia	9,25	9,25
DESV.PAD.	0,47	0,47
Custo médio por economia ao MÊS	R\$ 47,51	R\$ 46,97
DESV. PAD.	R\$ 4,66	R\$ 4,63
Custo médio por economia ao ANO	R\$ 570,16	R\$ 563,65
DESV. PAD.	R\$ 55,94	R\$ 55,55
Custo médio por habitante ao ANO	R\$ 235,30	R\$ 235,30
DESV. PAD.	R\$ 36,49	R\$ 36,49
Custo médio por habitante ao MÊS	R\$ 19,61	R\$ 19,38
DESV. PAD.	R\$ 3,04	R\$ 3,01
Média das Receitas	R\$ 76.581.429,05	R\$ 43.595.091,65
DESV. PAD.	R\$ 51.798.412,69	R\$ 33.325.609,28
Média dos tributos diretos sobre receita	R\$ 765.814,30	R\$ 435.950,85
DESV. PAD.	R\$ 517.984,14	R\$ 333.256,08
Média das despesas de Operação	R\$ 43.159.140,80	R\$ 43.159.140,80
DESV. PAD.	R\$ 32.992.353,37	R\$ 32.992.353,37
Média dos investimentos	R\$ 32.656.473,95	R\$ 32.198.359,26
DESV. PAD.	R\$ 18.719.056,98	R\$ 18.497.964,63
Número de consórcios com a tarifa de esgoto acima de 100%	2	0
Percentual de consórcios com tarifa de esgoto acima de 100%	10%	0%

Fonte: Autoria própria.

O parâmetro percentual aplicado sobre a tarifa de água para obtenção da tarifa de esgoto demonstrou também elevada variação entre as modelagens por recursos onerosos e não onerosos sendo $84,19 \pm 9,12\%$ e $46,62 \pm 7,90\%$, respectivamente. Apesar disso, a variação do parâmetro em cada modelagem é reduzida (entre 7,90% e 9,12%), o que aponta para uma distribuição mais homogênea dos custos.

É importante notar que somente 10% dos consórcios com recursos onerosos e 0,0% dos consórcios com recursos não onerosos apresentaram este parâmetro acima de 100%.

Esta evidência aponta para a melhor utilização dos recursos por meio da tarifa utilizada nas modelagens, revelando a importância do possível ganho de escala.

O uso de recursos onerosos para sistemas baseados em consórcios demonstra também o impacto no valor da tarifa sendo de R\$ 4,93 ± 0,53/m³ enquanto os não onerosos apresentaram valor de R\$ 2,73 ± 0,46/m³, uma diferença de 44,63%.

Já o custo médio por economia ao ano foi maior na modelagem com recursos onerosos R\$ 570,16 ± 55,94/economia (variação de 9,81%).

Quando se observa o custo médio por habitante ao ano os recursos onerosos apresentaram o valor de R\$ 235,30 ± 36,49/habitante (variação de 15,51%).

5.3.5 Comparação entre a modelagem dos serviços na forma autônoma e consorciada

Ambas as modelagens e suas variações apresentam valores consideravelmente distintos.

Os dados apresentados confirmam que o modelo com melhor cenário frente aos quesitos financeiros é o sistema consorciado com investimentos provenientes de recursos não onerosos por apresentar a menor tarifa.

Apesar disso, o modelo consorciado com recursos onerosos se mostra promissor visto que 90% dos consórcios apresentam tarifa de esgoto igual ou menor à tarifa aplicada no sistema de abastecimento de água.

Em relação a um dos principais investimentos que é o caminhão limpa fossa, em termos globais o impacto direto promovido pelos sistemas consorciados é relevante visto que são necessários 233 veículos quando no modelo sem sistemas autônomos são necessários 333 veículos.

Quando são observados os parâmetros gerais de CAPEX e OPEX encontrados, apresentam-se no Quadro 17 os valores obtidos na modelagem de sistemas autônomos e consorciados com a aplicação de recursos onerosos.

Observa-se na modelagem que o sistema consorciado apresenta melhores benefícios em termos financeiros visto que os recursos necessários para implantação

dos sistemas é 36,51% menor. O mesmo se observa em termos de operação onde há uma redução de 36,62% nos valores.

Com base nestas observações, os custos associados para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário no estado até o ano de 2033 seria de R\$ R\$ 2.414.619.050,00 em se tratando de sistemas autônomos e R\$ 1.531.628.581,00 na implantação e operação de sistemas consorciados, ou seja 36,57% menor.

Quadro 17 – Valores de CAPEX e OPEX por recursos onerosos

Parâmetro	Autônomo	Consortado
Total das Receitas	R\$ 2.414.619.050,00	R\$ 1.531.628.581,00
Investimentos	R\$ 1.028.654.401,00	R\$ 653.129.479,00
Juros da dívida	R\$ 24.003.268,84	R\$ 9.162.293,83
Tributos diretos sobre receita	R\$ 24.146.183,00	R\$ 15.316.286,00
Despesas de Operação	R\$ 1.361.818.462,00	R\$ 863.182.816,00

Fonte: Autoria própria.

Quando a análise é realizada utilizando recursos não onerosos, ou seja, recursos subsidiados, o modelo apresenta os valores obtidos no Quadro 18.

Quadro 18 – Valores de CAPEX e OPEX por recursos não onerosos

Parâmetro	Autônomo	Consortado
Total das Receitas	R\$ 1.375.574.199,00	R\$ 871.901.833,00
Investimentos	R\$ 1.004.651.132,16	R\$ 643.967.185,17
Juros da dívida	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tributos diretos sobre receita	R\$ 13.755.749,00	R\$ 8.719.017,00
Despesas de Operação	R\$ 1.361.818.462,00	R\$ 863.182.816,00

Fonte: Autoria própria.

Este cenário de modelagem mostra que o sistema consorciado apresenta ainda melhores benefícios em termos financeiros pois os recursos necessários para implantação dos sistemas é 35,90% menor. O mesmo se observa em termos de operação onde há uma redução de 36,62% nos valores.

Com base nestas observações, os custos associados à universalização dos serviços de esgotamento sanitário no estado até o ano de 2033 seriam de R\$ 1.375.574.199,00 em se tratando de sistemas autônomos e R\$ 871.901.833,00 na implantação e operação de sistemas consorciados, ou seja, 36,57% menor.

Desta forma, o sistema que apresenta o menor custo de implantação é o consorciado com recursos não onerosos enquanto a situação mais desfavorável em termos de investimentos são os sistemas autônomos onerosos.

5.3.6 Fatores que interferem na viabilidade dos sistemas

5.3.6.1 Custo médio por economia/ano x número de economias

A análise gráfica do conjunto de dados referentes ao custo médio por economia ao ano em função do número de economias pelo modelo apresentou diferentes resultados para os tipos de modelagem abordados.

Os sistemas organizados de forma autônoma apresentaram tendência de redução nos custos por economia ao ano conforme o número de economias cresceu (Figura 36).

Com base na análise desses dados foi obtida a expressão matemática (Equação 4) que se mostrou representativa na determinação dos custos por economia ao ano para o modelo autônomo.

$$CE = 782,3 \times \ln(n \text{ econo}) + 6.660 \quad (3)$$

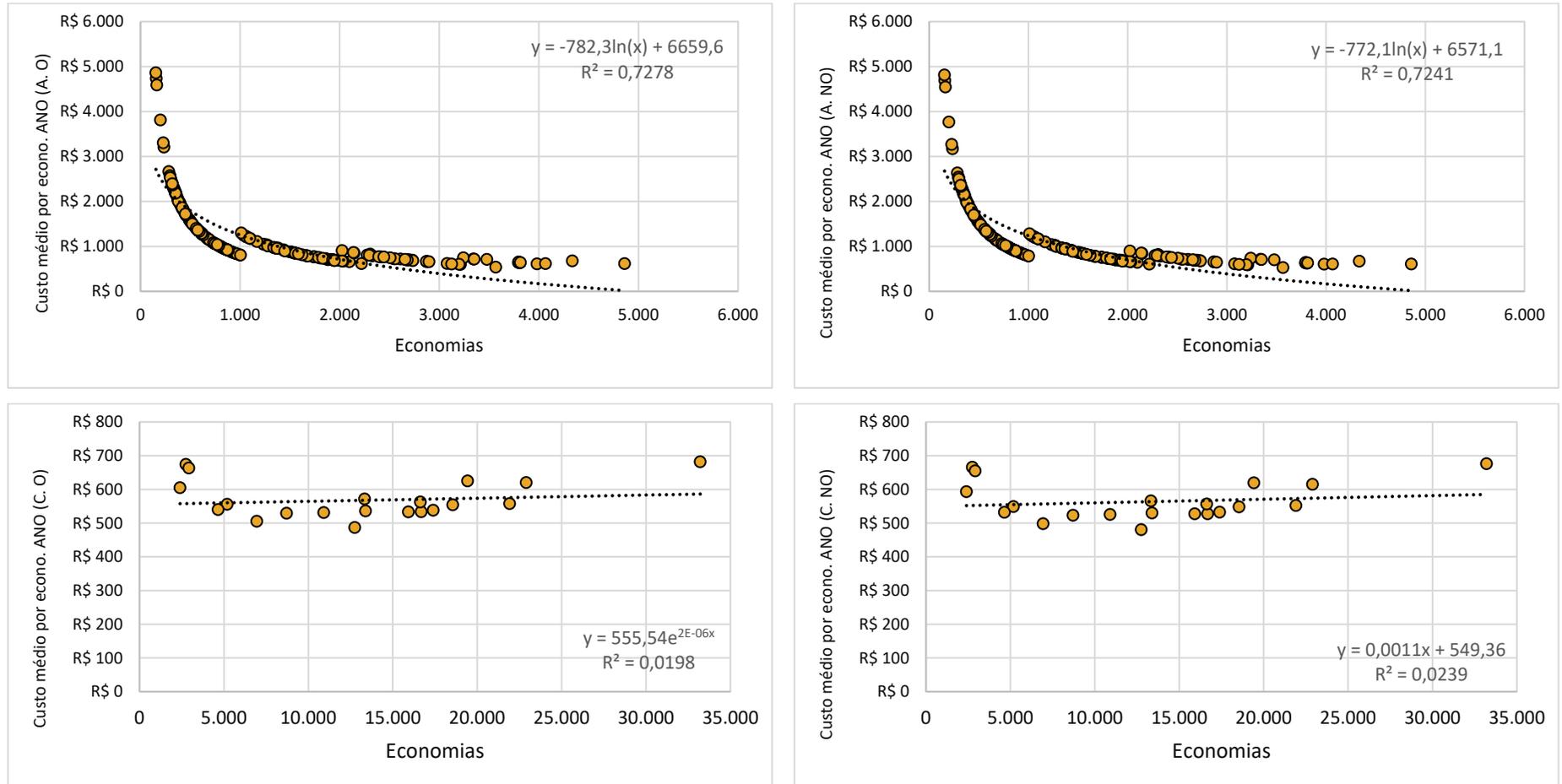
Onde:

CE: Custo por economia ao ANO;

n econo.: Número de economias;

Já os custos por economia ao ano referentes aos sistemas organizados de forma consorciada apresentam variação entre R\$ 500,00 e R\$ 700,00 ao ano, sendo que não foi obtida uma expressão matemática confiável para sua determinação. Os valores foram independentes com relação ao número de economias.

Figura 36 – Gráficos do custo médio por economia ANO x número de economias



Nota: A: Autônomo; C: Consórcio; O: Oneroso; NO: Não Oneroso

Fonte: Autoria própria.

5.3.6.2 Tarifa média de esgoto x número de habitantes

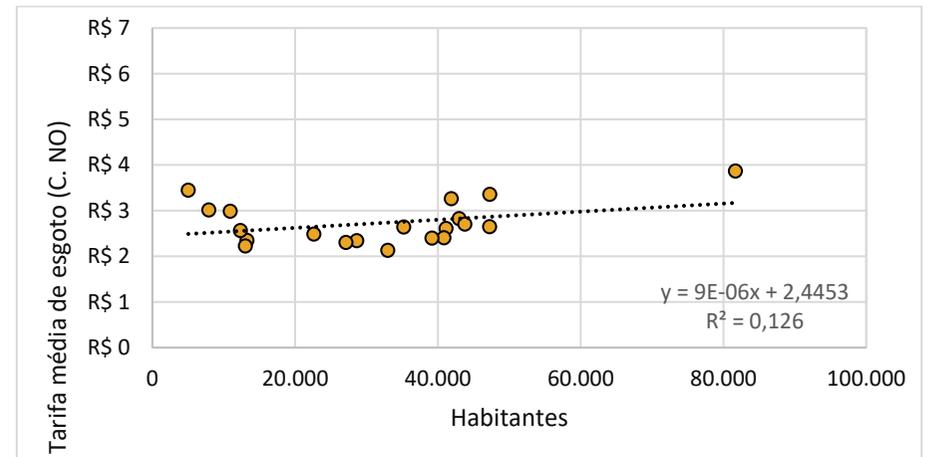
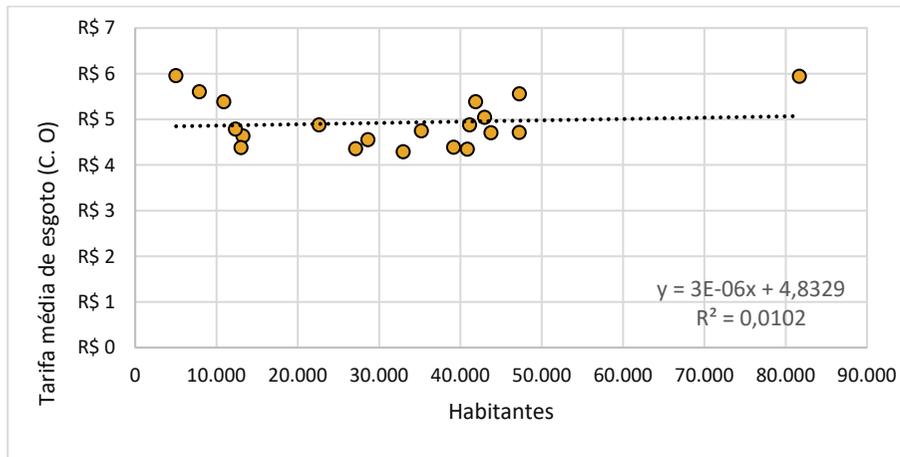
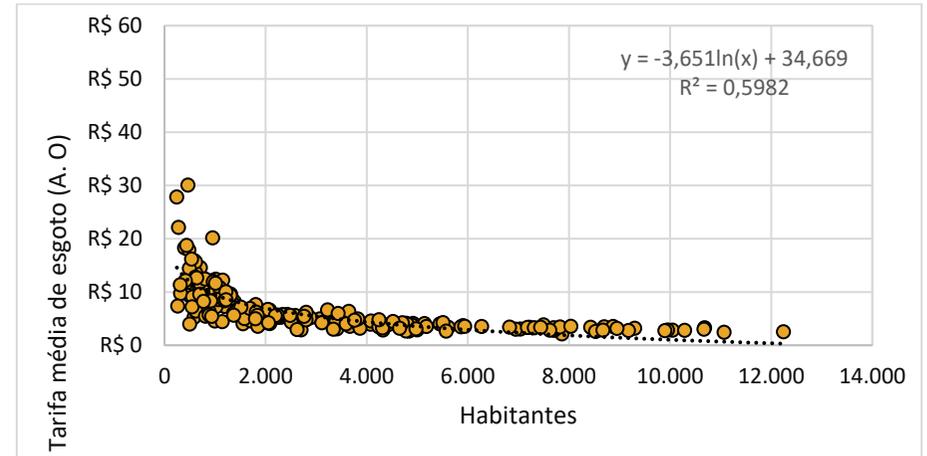
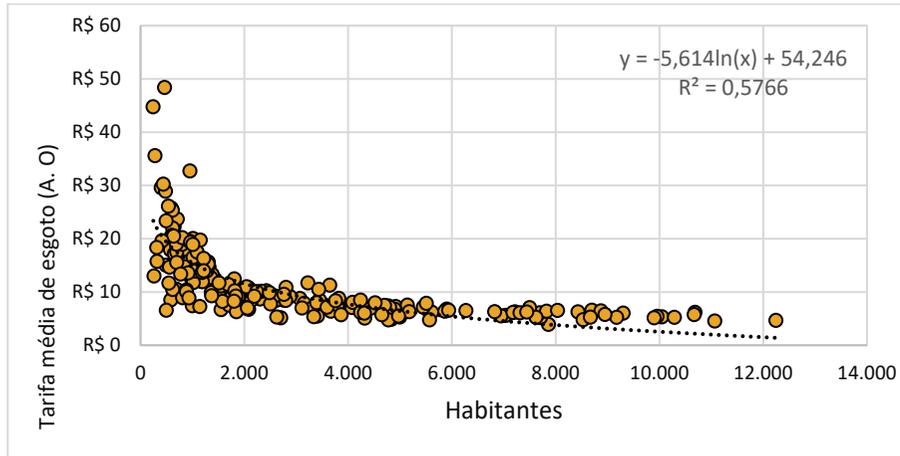
A tarifa média de esgoto para os sistemas organizados de forma autônoma apresenta elevada variação com tendência de queda conforme o aumento do número de habitantes. O tipo de recurso empregue para os investimentos (oneroso e não oneroso) interfere na redução dos valores, porém a tendência de queda com o aumento de habitantes se mantém (Figura 37).

Os estudos de caso em Narayan *et. al.* (2020) sugerem que cidades de tamanho intermediárias com uma função de controle centralizado (no nível da municipalidade) sobre os padrões e a implementação do sistema têm melhor desempenho e viabilidade.

O decaimento dos valores observados se explica com a diferença na taxa de aumento de habitantes frente a taxa de aumento de economias, sendo o primeiro mais acentuado. Assim o efeito de escala se mostra positivo para a redução dos valores de tarifa.

Para a organização dos sistemas de forma consorciada não se observou acentuadas variações com o aumento do número de habitantes, mostrando certa estabilidade nos valores aplicados. Por outro lado, o valor da tarifa por habitante se comparado aos sistemas autônomos é visivelmente menor (-56,49% com recursos onerosos e -59,56% com recursos não onerosos).

Figura 37 – Gráficos da tarifa de esgoto x número de habitantes



Nota: A: Autônomo; C: Consórcio; O: Oneroso; NO: Não Oneroso

Fonte: Autoria própria.

5.3.6.3 Investimentos x número de economias

A relação entre investimentos nos sistemas organizados de forma autônoma e o número de economias é marcado por escalões visivelmente demarcados. Isto se deve a representatividade do valor empregue na aquisição de caminhões, um dos principais recursos do sistema, compreendendo cerca de 85% dos investimentos.

Nos sistemas autônomos, 1 caminhão realiza 6 limpezas diárias (6 economias), e opera durante 200 dos 252 dias úteis de 1 ano. Os 52 dias restantes estão alocados para férias de funcionários, manutenções preventivas e corretivas. Assim, 1 caminhão atende em 1 ano 1.200 economias.

Com base na análise gráfica, foi obtida a expressão matemática (Equação 5) que se mostrou representativa na determinação dos investimentos por economia ao ano para o modelo autônomo.

$$Inv = (2.514 \times n \text{ econo}) + 2 \times 10^6 \quad (4)$$

Onde:

Inv.: investimentos (R\$),

n econo.: Número de economias (unidades);

Em sistemas consorciados há uma distribuição homogênea dos investimentos e o valor atribuído aos caminhões se dilui formando um crescimento linear.

A expressão matemática (Equação 6) se mostrou significativa na determinação dos investimentos por economia ao ano para o modelo consorciado.

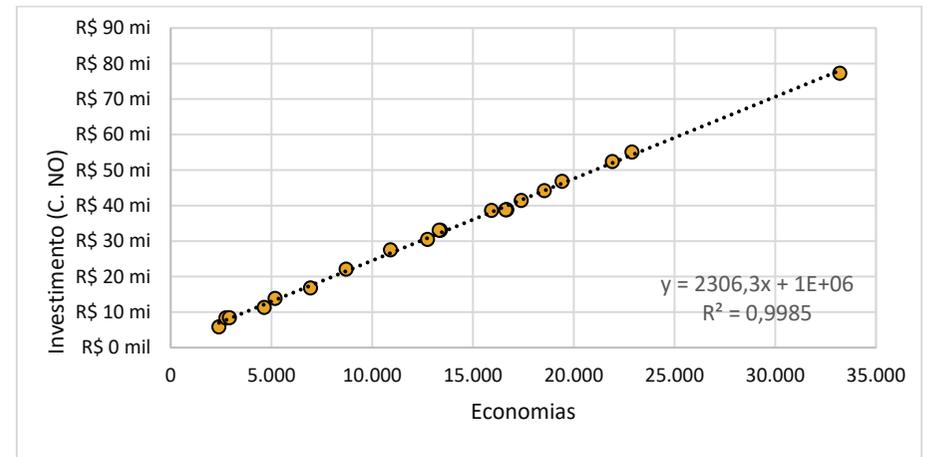
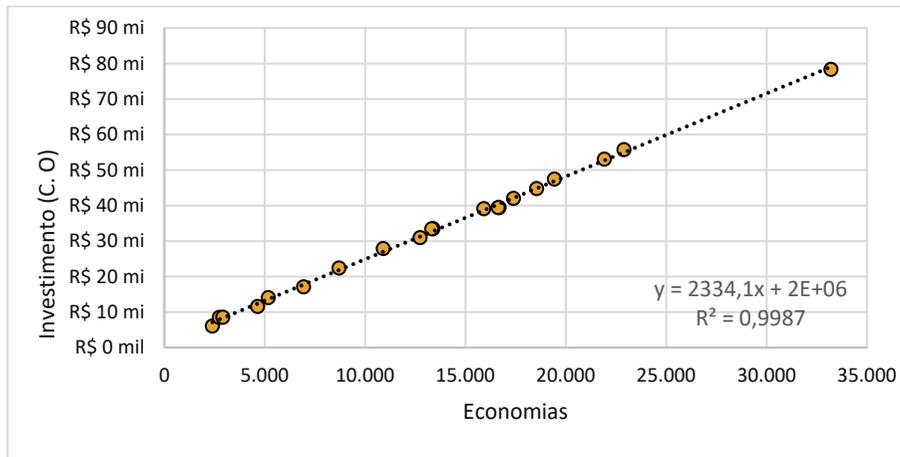
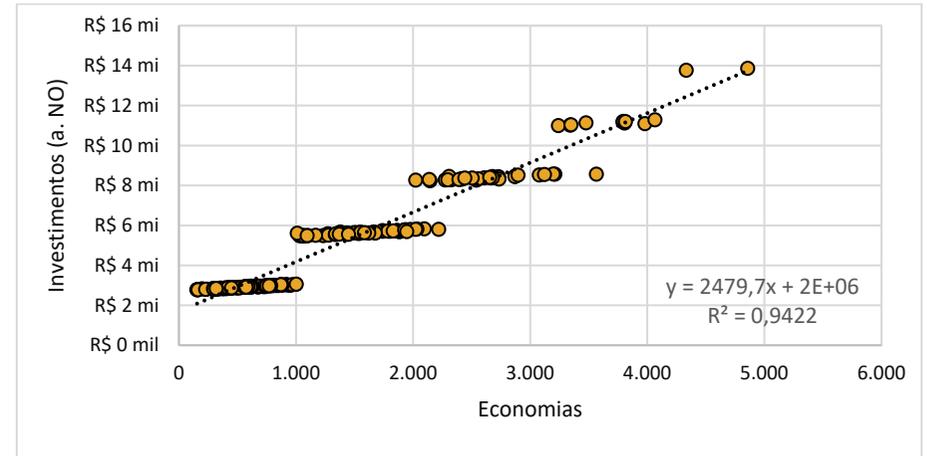
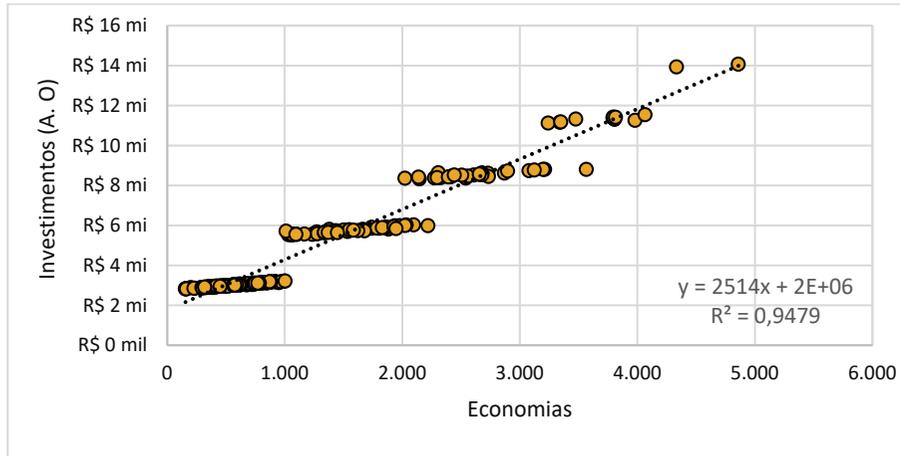
$$Inv = (2.334 \times n \text{ econo}) + 2 \times 10^6 \quad (5)$$

Onde:

Inv.: investimentos (R\$),

n econo.: Número de economias (unidades);

Figura 38 – Gráficos dos investimentos x número de economias



Nota: A: Autônomo; C: Consórcio; O: Oneroso; NO: Não Oneroso

Fonte: Autoria própria.

5.3.6.4 Despesas de operação x número de economias

Nas modelagens aplicadas para os sistemas organizados de forma autônoma e os consorciados, em termos de despesas de operação, é possível determinar que a mão de obra se mostrou como o custo de maior representatividade (cerca de 70% das despesas de operação). Sua representatividade tende a reduzir conforme o número de economias se amplia (Figura 39)

A expressão matemática (Equação 7) apresenta a evolução dos percentuais de mão de obra conforme o aumento do número de economias.

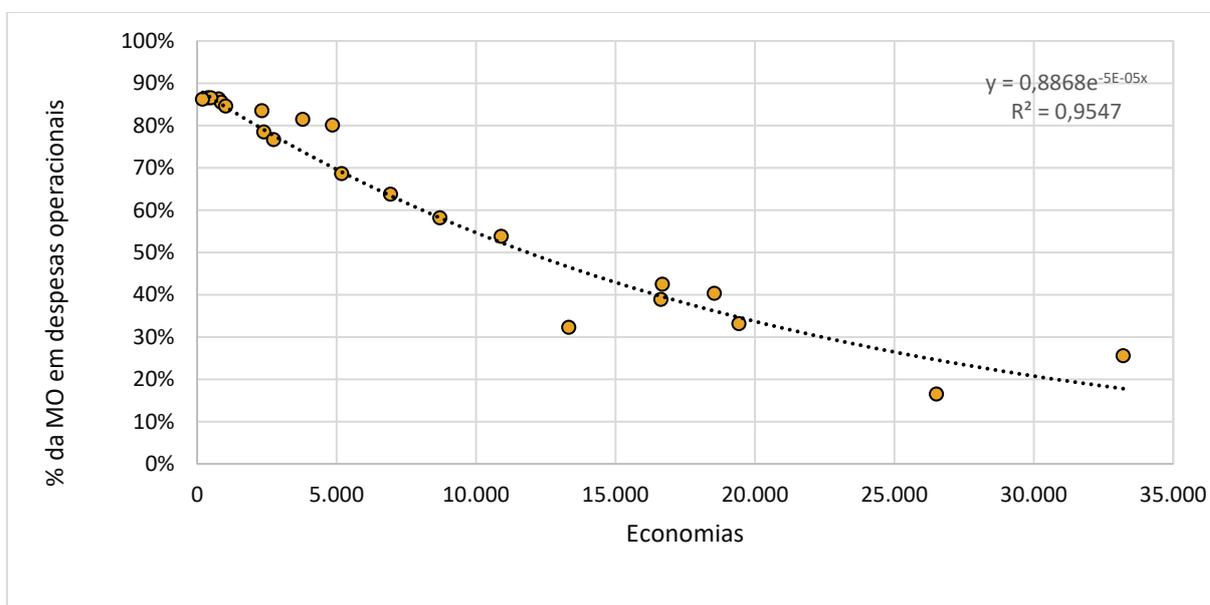
$$Pmo = (0,8868 \times e^{-5 \times 10^{-5} \times n \text{ econo}}) \quad (6)$$

Onde:

Pmo: percentual das despesas de mão de obra (%),

n econo.: Número de economias (unidades);

Figura 39 – Gráfico das despesas de operação x número de economias



Fonte: Autoria própria.

Em sistemas autônomos as despesas de operação se elevam conforme o número de economias cresce (Figura 40). A expressão matemática (equação 8) obtida por meio dos dados apresenta o comportamento desses valores.

$$Desp = (2.410 \times n \text{ econo}) + 4 \times 10^6 \quad (7)$$

Onde:

Desp.: Despesas de operação (R\$),

n econo.: Número de economias (unidades);

Nos sistemas organizados de forma consorciada o comportamento das despesas de operação se apresentam de forma homogênea (Figura 40) e seu crescimento linear pode ser expresso pela equação 9.

$$Desp = (3.977 \times n \text{ econo}) - 1 \times 10^7 \quad (8)$$

Onde:

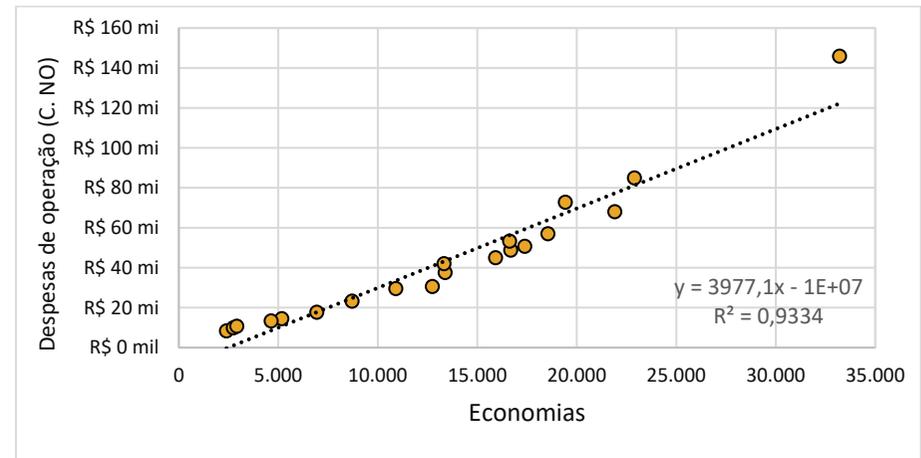
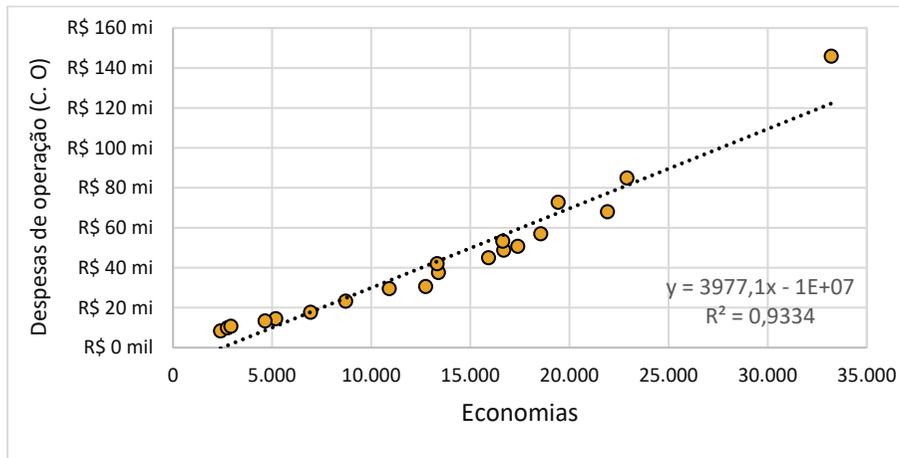
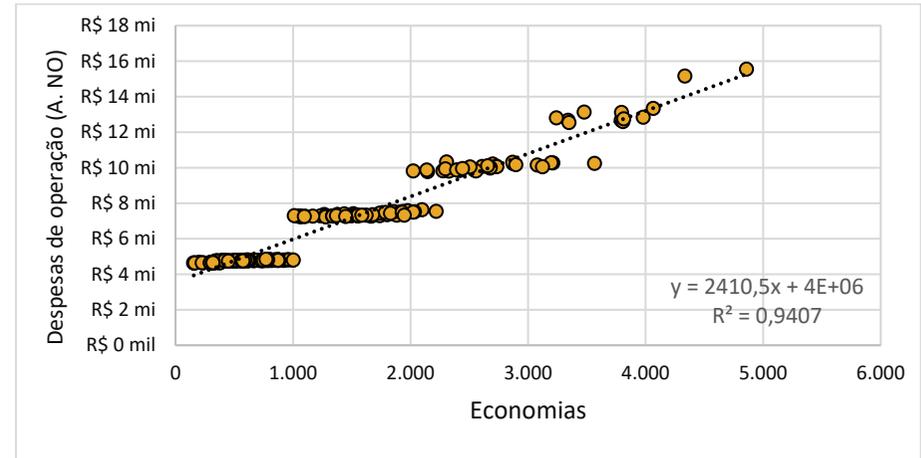
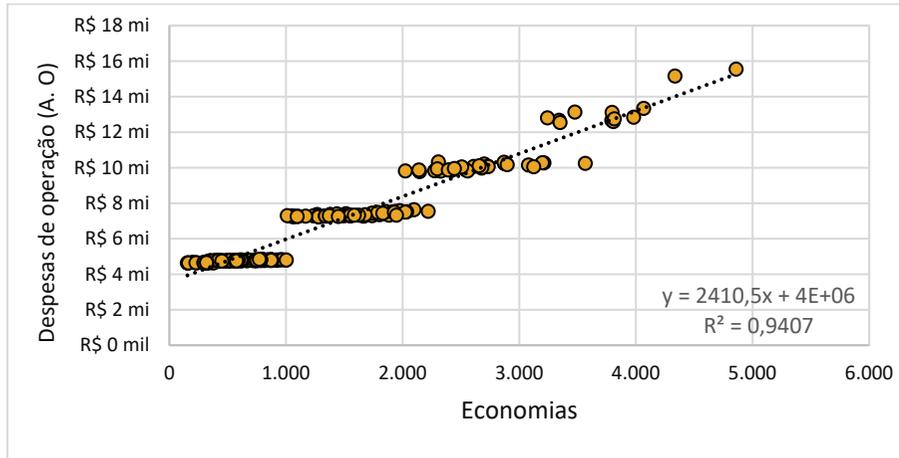
Desp.: Despesas de operação (R\$),

n econo.: Número de economias (unidades);

Na avaliação das despesas de operação é necessário observar o custo da mão de obra, que em municípios menores possui maior impacto em função do peso dos salários atribuídos para fiscais, responsável técnico pelo sistema e operador da unidade de gestão de lodo.

Com o crescimento de economias atendidas (no caso de municípios maiores e consórcios), o impacto de elevação de custos com salários está ligado a necessidade de contratação de motoristas e ajudantes, sendo os demais profissionais inalterados.

Figura 40 – Gráficos das despesas de operação x número de economias



Nota: A: Autônomo; C: Consórcio; O: Oneroso; NO: Não Oneroso

Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÃO

A gestão pública de sistemas de tratamento no lote é uma alternativa viável para o alcance da universalização do acesso aos sistemas de esgotamento sanitário até o ano de 2033. Devido ao prazo reduzido para o cumprimento legal e a inércia na proposição de projetos de sistemas centralizados, a solução de limpeza periódica dos sistemas existentes no lote, de forma estruturada como um novo modelo, pode ocasionar o ganho ambiental e social almejado com a universalização, para os municípios de pequeno porte.

Além disso, transferir para o poder público a responsabilidade na gestão dos sistemas no lote visa proporcionar a garantia de cumprimento anual do disposto normativo no que se refere à limpeza, além do possível ganho para melhorias no sistema global de saneamento com base nas receitas.

A análise econômico-financeira se mostra essencial à avaliação de sistemas de saneamento, independente do porte, visto a necessidade na determinação de tarifas módicas.

A avaliação média dos dados apresentados neste trabalho leva a conclusão de que sistemas consorciados não onerosos resultam em uma maior viabilidade econômico-financeira. Ressalta-se que o modelo possibilita a avaliação individual de cada município ou consórcio, e o mesmo encontra-se disponível para o livre acesso (acesse <https://gesad.ufsc.br>).

As modelagens apresentadas fundamentam a tese de que sistemas escalonados (neste caso com maior número de economias) possuem menores tarifas médias de esgoto. Porém, esta análise por si só não define a menor tarifa visto que as receitas para equilíbrio financeiro do sistema são provenientes do consumo (gerado pelo número de habitantes), ou seja, é necessária a avaliação da densidade populacional em economias.

Vale destacar a importância dos dados para análise incorporados ao estudo, em especial aqueles provenientes do sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS). A inconsistência de dados e os prazos de publicação inviabilizam a criação de modelos mais precisos. O ideal neste sentido, seria a tabulação de informações semestrais com sistema de inteligência automático para detecção de inconsistências e alertas de monitoramento de dados.

Quando se comparam informações populacionais em áreas urbanas entre SNIS e IBGE percebem-se conflitos que poderiam ser resolvidos com base de dados integradas, como setores censitários (IBGE) somadas às informações sobre saneamento (prestador de serviços) e cadastro imobiliário municipal atualizado (prefeituras).

Apesar de alguns cenários não se mostrarem favoráveis do ponto de vista financeiro, é preciso ressaltar que o modelo apresenta outros ganhos imediatos como a melhoria da qualidade ambiental (em especial da qualidade da água de corpos hídricos) e ainda ganhos sociais e de saúde pública, com a instalação de sistemas de tratamento no lote naqueles locais desprovidos dos mesmos.

A cobrança com base nos consumos de água se mostrou viável pois utiliza a base de dados já existente nos concessionários de serviços, tal como ocorre nos locais dotados de sistemas centralizados de esgotos, além de promover a lógica de justiça social, garantindo que as economias com menor consumo de água paguem menos.

A elaboração da ferramenta de análise em base Microsoft ExcelTM se mostrou eficiente e acessível a qualquer cidadão que deseje estudar e avaliar a dissertação, visto que será distribuída às prefeituras e associações de municípios elencados no trabalho (disponível em <https://gesad.ufsc.br>).

7 RECOMENDAÇÕES

No estudo da modelagem econômico-financeira em sistemas de saneamento, um dos principais fatores a serem considerados é a qualidade dos dados referentes ao histograma de consumos. Neste sentido, recomenda-se que em trabalhos futuros possa se considerar a obtenção desses dados para a análise de inconsistências e ainda detalhar a tarifa resultante em escalões de consumo (público, residencial, social, comercial e industrial).

Em relação ao quesito tarifa é também importante se observar quais os impactos para o sistema de arrecadação em situações de municípios consorciados, porém operados sob diferentes valores de tarifa, que levassem em consideração os custos de operação em cada município.

Outra questão relevante é saber qual a aplicabilidade do modelo em outros cenários populacionais acima daqueles estudados (superiores a 10 mil habitantes em áreas urbanas).

As questões técnicas relacionadas ao modelo são importantes para a sua implementação e um dos fatores que provoca maior impacto nos custos operacionais está relacionado ao acesso de funcionários à limpeza dos sistemas nos lotes. O modelo pressupõe que exista a colaboração do usuário, o que na prática não é garantido em todas as situações.

Desta forma é importante a elaboração de dispositivos de acesso sem a necessidade do contato com o usuário presente nas economias, como por exemplo o acesso aos sistemas pela calçada externa do imóvel.

É preciso que os fatores relacionados a cobrança justa sejam mais bem elaborados, o que em sistemas de esgotamento sanitário se mostram dificultados em função dos problemas relacionados à leitura de volumes coletados.

Além dos fatores referidos, é importante destacar a possibilidade em agregar valor ao lodo gerado com sua utilização agrícola, visando o retorno financeiro que auxilie na redução de tarifas e recuperação de recursos para o município.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: construção, operação e manutenção de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **Gestão econômico-financeira no setor de saneamento** - Funasa / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. – Brasília: Funasa, 200 p, 2014.

BRASIL. **Lei nº. 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências, 2007.

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

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico – **PLANSAB**. 226p, 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS)** Prestação dos serviços públicos de saneamento básico / coord. Berenice de Souza Cordeiro. – Brasília: Editora, 277p (Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos; v.3), 2007.

BRASIL. Agência Nacional das Águas - ANA; Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA. Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Atlas Esgotos**: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: MMA, 92 p, 2017.

Bunge M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Editora Perspectiva S.A. 1974.

CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Publicação do Reajuste Tarifário de 2022** - em vigor a partir de 01/07/2022. Santa Catarina, [2022]. Disponível em: < <https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index?url/tarifas#0>>. Acesso em: 04 de ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, [2012]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 01 mar. 2022.

CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** - Volume 5: Reatores anaeróbios. Belo Horizonte; Departamento de engenharia sanitária e ambiental - UFMG, 246 p. 1997.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho. 2011.

COSTA, Luiz Guilherme Aboim; LUND, Myrian Layr Monteiro Pereira. **Análise econômico-financeira**, Rio de Janeiro, FGV Editora, 2018.

DREIBELBIS, R., WINCH, P.J., LEONTSINI, E., HULLAND, K.R.S., RAM, P.K., UNICOMB, L., LUBY, S.P. The Integrated Behavioural Model for Water, Sanitation, and Hygiene: a systematic review of behavioural models and a framework for designing and evaluating behaviour change interventions in infrastructure-restricted settings. **BMC Public Health**, 13:1015, 2013.

EY (Ernst & Young) and WSUP (Water & Sanitation for the Urban Poor). **The World Can't Wait for Sewers**: advancing container-based sanitation businesses as a viable answer to the global sanitation crisis. 14 p. 2017.

FERGUSON, C., MALLORY, A., HUTCHINGS, C., REMINGTON, C., LLOYD, E., KIOGORA, E., ANCIANO, F., PARKER, A. An evaluation of different provision strategies for scaled-up container-based sanitation. **H2Open Journal**, 4 (1): 216–230 2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - Estudo Especial - Plano Nacional de Saneamento PLANASA - Aspectos básicos. **Conjuntura Econômica**. Rio de Janeiro 28 (3): 90-94, 1974.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE, Organizadores: Magri *et. al.* **Operação e manutenção de tanques sépticos-lodo**: manual de boas práticas e disposição final do lodo acumulado em filtros plantados com macrófitas e desinfecção por processos térmicos/ Ministério da Saúde, Fundação Nacional da Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

GAMBRILL, M., GILSDORF, R.J., KOTWAL, N. Citywide Inclusive Sanitation—Business as Unusual: Shifting the Paradigm by Shifting Minds. **Frontiers in Environmental Science**, v. 7, n. 201, 2020.

GIKAS, P., AND TCHOBANOGLOUS, G. The role of decentralized strategies in water resources management. **J. Environ. Manag.** v.90, 144–152, 2009.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, v.29, 126 p, 2008.

COATES, J., GRAY, D. **How cost analysis dispels myths about container-based sanitation**. 2020. Disponível em: https://www.ey.com/en_gl/corporate-responsibility/how-cost-analysis-dispels-myths-about-container-based-sanitation

LIBRALATO, G., GHIRARDINI, A., Volpi A., AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: an overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal of Environmental Management**, [S.L.], v. 94, n. 1, p. 61-68, 2012.

LISBOA, S.S., HELLER, L., SILVEIRA, R.B. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. L.], v. 18, n. 4, p. 341-348, 2013. 81

LEREBOURS, A., SCOTT, R., SANSOM, K., KAYAGA, S. Regulating sanitation services in sub-saharan Africa: An overview of the regulation of emptying and transport of faecal sludge in 20 cities and its implementation. **Utilities Policy**, v. 73, 2021.

MAGRI, M.E., FRANCISCO, J.Z.G., SEZERINO, P.H.S., PHILIPPI, L.S.P. Constructed wetlands for sludge dewatering with high solids loading rate and effluent recirculation: Characteristics of effluent produced and accumulated sludge, **Ecological Engineering**, v. 95, Pages 316-323, 2016.

MASSOUD, M.A., TARHINI, A., NASR, J.A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. **Journal of Environmental Management**, [S.L.], v. 90, n. 1, p. 652-659, 2009.

MCCONVILLE, J., KVARNSTRÖM, E., MAITEKI, J., NIWAGABA, C. Infrastructure investments and operating costs for fecal sludge and sewage treatment systems in Kampala, Uganda, **Urban Water Journal**, 16:8, 584-593. 2019.

MEHTA, M., MEHTA, D., YADAV, U. Citywide Inclusive Sanitation Through Scheduled Desludging Services: Emerging Experience from India. **Frontiers in Environmental Science**, v. 7, n. 188, 2019.

NARAYAN, A.S., FISCHER, M., LÜTHI, C. Social network analysis for water, sanitation, and hygiene (WASH): application in governance of decentralized wastewater treatment in India using a novel validation methodology. **Frontiers in Environmental Science** 7: 198. 2020.

NIELSEN, S., PERUZZI, E., MACCI, C., DONI, S., MASCIANDARO, G. Stabilisation and mineralisation of sludge in reed bed systems after 10-20 years of operation. **Water Sci Technol.** 69(3):539-45. 2014.

OECD, **Making Blended Finance Work for Water and Sanitation**: Unlocking Commercial Finance for SDG 6, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris. 2019.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK® 6a. ed. EUA: Project Management Institute, 2017.

PEAL, A., EVANS, B., BLACKETT, I., HAWKINS, P., HEYMANS, C. Fecal Sludge Management: a comparative analysis of 12 cities. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, 4(4):563, 2014.

PEREIRA, L. D., TREVISAN, A.B., VIEIRA, F.J., PELISSARI, C., SEZERINO, P. H. Uma visão sobre a gestão do esgotamento sanitário no Brasil. **Ignis**, v.9, n.1, 2020.

RAO, K. C.; KVARNSTRÖM, E.; DI MARIO, L.; DRECHSEL. **Business models for fecal sludge management**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems, 80p., 2016.

RULKENS, WIN. Sustainable sludge management - what are the challenges for the future? *Water Science and Technology*, [S.L.], v. 49, n. 10, p. 11-19, 2004.

RYALS, R., BISCHAK, E., PORTERFIELD, K.K., HEISEY, S., JELIAZOVSKI, J., KRAMER, S., PIERRE, S. Towards Zero Hunger Through Coupled Ecological Sanitation-Agriculture Systems. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, section Agroecology and Ecosystem Services, v.5, 2021.

ROSS, I., SCOTT, R., MUJICA, A., WHITE, Z., SMITH, M. **Fecal sludge management: diagnostics for service delivery in urban areas**: tools and guidelines (English). Water and sanitation program technical paper; Water and sanitation program (WSP) Washington, D.C.: World Bank Group. 2016.

RUSSEL, K.C., HUGHES, K., ROACH, M., AUERBACH, M., FOOTE, A., KRAMER, S., BRICEÑO, R. Taking Container-Based Sanitation to Scale: Opportunities and Challenges. **Frontiers in Environmental Science**, v. 7, n. 190, 2019.

RUSSEL, K.C., MONTGOMERY, I. **Container-Based Sanitation Implementation Guide**. 1st Edition. Container-Based Sanitation Alliance, London, UK. 2020.

STRANDE, LINDA, BRDJANOVIC, DAMIR. **Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation**. London, UK. IWA publishing. 2014.

SOIL. **Impact Report: SOIL and Inter-American Development Bank 2016 – 2020**. 2020. Disponível em: <https://oursoil.org/idb/>

SOUZA FILHO B. A. B., STRUCHINER CJ. Uma proposta teórico-metodológica para elaboração de modelos teóricos. **Cad Saúde Colet**, 29(1):86-97. 2021.

SCHRECONGOST, A., PEDI, D., ROSENBOOM, J.W., SHRESTHA, R., BAN, R. Citywide Inclusive Sanitation: A Public Service Approach for Reaching the Urban Sanitation SDGs. **Front. Environ. Sci.** 8:19. 2020.

UNIVERSALIZAR. In: DICIO, **Dicionário Online de Português**. Michaelis: 2021. Disponível em: < <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/universalizar/> >. Acesso em: 06/07/2021.

APÊNDICE A – Captura de tela do cronograma físico financeiro

		Valor	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
ÍTEM	PESO %	R\$ 109.395.894,80	R\$ 18.093.508,49	R\$ 3.884.105,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 12.633.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 12.968.750,59
Caminhão limpa fossa com capacidade para 6m³	35,10%	R\$ 38.400.000,00	R\$ 9.600.000,00					R\$ 9.600.000,00					R\$ 9.600.000,00
Combustível	5,52%	R\$ 6.037.184,45	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97	R\$ 287.484,97
Motoristas	20,33%	R\$ 22.234.867,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20	R\$ 1.058.803,20
Ajudantes	10,16%	R\$ 11.117.433,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60
Operador ETE	10,16%	R\$ 11.117.433,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60	R\$ 529.401,60
Responsável técnico	3,63%	R\$ 3.970.512,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00	R\$ 189.072,00
Fiscais	1,56%	R\$ 1.701.648,00	R\$ 850.824,00	R\$ 850.824,00									
ETE	3,60%	R\$ 3.938.447,34	R\$ 3.938.447,34										
Terreno ETE	0,51%	R\$ 552.955,98	R\$ 552.955,98										
EPI	0,46%	R\$ 504.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00
Análises	0,12%	R\$ 126.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Seguros	6,22%	R\$ 6.804.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00	R\$ 324.000,00
Manutenções	1,50%	R\$ 1.638.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00	R\$ 78.000,00
Licenciamento	0,40%	R\$ 433.000,00	R\$ 118.000,00				R\$ 63.000,00				R\$ 63.000,00		
Agência reguladora	0,14%	R\$ 149.473,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80	R\$ 7.117,80
Disposição final lodo	0,61%	R\$ 670.938,83											R\$ 335.469,42
		Ano	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		Valor	R\$ 4.002.105,17	R\$ 3.884.105,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.368.750,59
Investimentos	39,21%	R\$ 42.891.403,32	R\$ 14.091.403,32	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 9.600.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 9.600.000,00
Despesas de operação	60,79%	R\$ 66.504.491,48	R\$ 4.002.105,17	R\$ 3.884.105,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.368.750,59

APÊNDICE B – Captura de tela do fluxo de caixa

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
ENTRADAS (receita operacional bruta)	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50	R\$ 6.958.417,50
TRIBUTOS DIRETOS SOBRE RECEITA (PASEP)	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18	R\$ 69.584,18
RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33	R\$ 6.888.833,33
SÁIDAS (custo de operação do sistema) - OPEX	R\$ 4.002.105,17	R\$ 3.884.105,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.033.281,17	R\$ 3.096.281,17	R\$ 3.033.281,17
Investimentos - CAPEX	R\$ 14.091.403,32	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 9.600.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 9.600.000,00
Parcelas do empréstimo		R\$ 4.022.802,00	R\$ 4.022.802,00	R\$ 4.022.802,00	R\$ 4.022.802,00	R\$ 4.022.802,00	R\$ 2.740.599,95	R\$ 2.740.599,95	R\$ 2.740.599,95	R\$ 2.740.599,95	R\$ 2.740.599,95
Fluxo de Caixa Antes dos Impostos (LUCRO ANTES DO IMPOSTOS (LAIR))	R\$ 2.886.728,15	R\$ 3.004.728,15	R\$ 3.855.552,15	R\$ 3.855.552,15	R\$ 3.792.552,15	R\$ 3.855.552,15	R\$ 3.855.552,15	R\$ 3.855.552,15	R\$ 3.792.552,15	R\$ 3.855.552,15	R\$ 3.520.082,74
(-) IR	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
(-) CSLL	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
FLUXO DE CAIXA LIVRE	R\$ 2.886.728,15	-R\$ 1.018.073,85	-R\$ 167.249,85	-R\$ 167.249,85	-R\$ 230.249,85	-R\$ 167.249,85	R\$ 1.114.952,21	R\$ 1.114.952,21	R\$ 1.051.952,21	R\$ 1.114.952,21	R\$ 779.482,79

Pasep	1%
IR	0%
CSLL	0%

	ATÉ 2033	ATÉ 2043
ENTRADAS (receita operacional bruta)	R\$ 76.542.592,50	R\$ 146.126.767,50
TRIBUTOS DIRETOS SOBRE RECEITA (PASEP)	R\$ 765.425,93	R\$ 1.461.267,68
RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA	R\$ 75.777.166,58	R\$ 144.665.499,83
SÁIDAS (custo de operação do sistema)	R\$ 35.647.210,33	R\$ 66.504.491,48
Investimentos	R\$ 33.291.403,32	R\$ 42.891.403,32
Empréstimo	R\$ 33.817.009,71	R\$ 61.223.009,17
Fluxo de Caixa Antes dos Impostos (LUCRO ANTES DO IMPOSTOS (LAIR))	R\$ 40.129.956,25	R\$ 78.161.008,34
(-) IR	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(-) CSLL	R\$ 0,00	R\$ 0,00
FLUXO DE CAIXA LIVRE	R\$ 6.312.946,54	R\$ 16.937.999,17
VPL	R\$ 6.312.946,54	R\$ 16.937.999,17
TMA	0%	0%