

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO [PMSB]

A stylized map of the municipality of Tenente Portela, filled with diagonal hatching, centered on the page.

TENENTE PORTELA

Prognóstico Objetivos e Metas

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
PREFEITURA MUNICIPAL DE TENENTE PORTELA
Praça Tenente Portela, nº 23 - Centro - CEP 98500-000
Fone: (55) 3551-1454 – Fax (55) 3551-1333



Prefeito

Clairton Carboni

Vice-Prefeito

Valdir Machado Soares

EMPRESA CONTRATADA

Ecológica Jr. Consultoria Ambiental e Sanitária

Telefone: (55) 37440674 | E-mail: ecologicaej@ufsm.br

Endereço: Linha 7 de Setembro, s/n BR-368, Km 40 Frederico Westphalen – RS 98400-000

Presidente

Leonardo Roggen e Silva

Vice-Presidente

Nathalia Perotti

Diretor Administrativo e Financeiro

Kananda Menegazzo

Diretor de Projetos

Joniel Decol

Diretoria de Comunicação e Marketing

Jordana Garcia

Coordenação Geral do Projeto

Joniel Decol

Vinícius Immich



EQUIPE EXECUTORA

Portaria Municipal N° 464, de 08 de abril de 2019

Comitê Executivo: Adriane Cristina Schossler Moraes (representante da SMA), Cleunice Teresinha Parolin; (Agente Sanitária), Clóvis dos Santos (representante da SMSU), Eliandro Tiecker (Engenheiro Civil), Daniele Kunde (Coordenador de Licenciamento e Fiscalização), Gervásio Antonio Kauffmann (Engenheiro Agrônomo), Ivete Ulrich (representante SINTRAF), José Rubens Hermann dos Santos (EMATER), Liane Guerra Minuzzi (APDA), Marcia Muller (CMMA) Mauricio dos Santos (CORSAN), Micheli Vargas (representante da SMSS), Remor Boni (SMDR), Renato Betio dos Santos (Fiscal Ambiental e Sanitário), Tainara Luana Schimit Steffler, (Engenheira Amb. e Sanitarista), Taís Agnoletto Balzan (Bióloga), Tiago Sganderla (CMS), Rovani Antonio Jaguszeski (Técnico Agrícola), Roque Rogério Otonelli Dalmas (SESAI).

Comitê de Coordenação: Andressa Rosseti (representante do SINTRAF), Caroline Becker Machado dos Santos; (representante da SMSS), Daniele Fleck (representante da APDA), Ercílio Neckel (Representante da SMAS), João Batista Corim da Rosa (Representante da CORSAN), Jorge José Raber (representante da BM), Lisete Cristina Bison; (representante Hospital Santo Antônio), Marcilia Vincenzi; (representante do CMMA), Mario Roberto Andres; (representante da SMDR), Natália Zimmermann Agnoletto (representante da SMA), Nilvia Kirch; (representante da SMSU), Odilo Gabriel (representante Câmara Municipal de Vereadores), Sandra Maria Cassol (representante da EMATER), Silvane Piffer Borba (representante da SME), Velci Falcão (representante do CMS).

Equipe Técnica da Universidade Federal de Santa Maria:

Nome: Aline Ferrão Custódio Passini

Formação: Engenheira de Alimentos, pela URI;

Titulação/experiência: Mestre e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas. Docente da Universidade Federal de Santa Maria. Experiência em Resíduos Sólidos e Limpeza urbana.

Nome: Marcus Bruno Domingues Soares

Formação: Engenheiro Sanitarista e Ambiental, pela UFSC;

Titulação/experiência: Mestre em Engenharia Ambiental pela UFSC, Doutor em Engenharia pela Universidade Tecnológica de Berlim. Docente da Universidade Federal de Santa Maria. Experiência em aplicação de tecnologias alternativas de tratamento de água e drenagem urbana.



Nome: Samara Terezinha Decezaró

Formação: Engenheira Sanitarista e Ambiental, pela UFSM;

Titulação/experiência: Mestre e Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Docente da Universidade Federal de Santa Maria. Experiência na área de recursos hídricos e saneamento ambiental.

Nome: Alexandre Couto Rodrigues

Formação: Engenheiro Agrônomo, pela UFPEL;

Titulação/experiência: Mestre, Doutor e Pós-doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas. Docente da Universidade Federal de Santa Maria. Experiência em gestão Ambiental, legislação ambiental e tratamento de resíduos sólidos.

Nome: Samuel Lunardi

Formação: Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Santa Maria.

Titulação/experiência: Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias, e Pesquisa de águas profundas. Atualmente é Mestrando na Universidade Federal de Santa Maria.

Equipe de discentes da Universidade Federal de Santa Maria

Engenharia Ambiental e Sanitária: Joniel Decol, Vinícius Immich, Nathalia Perotti, Kananda Menegazzo, Maria Luiza Giordano, Guilherme Fortes de Carli, Leonardo Roggen e Silva, Paola Bueno, Laura Sampaio, Suzane Rodrigues.

Engenharia Florestal: Gabriela Machado.

Agronomia: Jovani Demarco.

Relações Públicas: Jordana da Silva Garcia e Eduarda Santaiana.



LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AGERGS** - Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Rio Grande do Sul
- AIS** - Agentes Indígenas de Saúde
- AISAN** - Agentes Indígenas de Saneamento
- ANA** - Agência Nacional de Águas
- APP** - Área de Preservação Permanente
- ART** - Anotação de Responsabilidade Técnica
- CIGRES** - Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
- CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONSEMA** - Conselho Estadual do Meio Ambiente
- CORSAN** - Companhia Riograndense de Saneamento
- DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DVH** – Doença de Veiculação Hídrica
- DQO** – Demanda Química de Oxigênio
- EMATER** - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
- EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ETA** - Estação de Tratamento de Água
- ETE** - Estação de Tratamento de Esgoto
- FEPAM** - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler
- FUNASA** - Fundação Nacional de Saúde
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- NBR** - Normas Brasileiras
- NMP** – Número Mais Provável
- PMSB** - Plano Municipal de Saneamento Básico
- PRAD** - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
- RCC** - Resíduos de Construção Civil
- RGE** - Rio Grande Energia
- RSU** - Resíduos Sólidos Urbanos
- RSS** - Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde
- SAA** - Sistema de Abastecimento de Água
- SAC** - Solução Alternativa Coletiva
- SAI** - Solução Alternativa Individual
- SACi** - Solução Alternativa Coletiva (indígena)
- SES** - Sistema de Esgotamento Sanitário
- SESAI** - Secretaria Especial de Saúde Indígena
- SIAGAS** - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
- SISAGUA** - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
- SNIS** – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Registro das oficinas de trabalho realizadas.....	13
Figura 2 – Comparação entre projeção populacional aritmética e geométrica.....	15
Figura 3 – Projeção geométrica	17
Figura 4 – Fluxograma esquemático do cenário recomendado para o SAA de Tenente Portela.....	36
Figura 5 – Variantes dos sistemas de esgotamento sanitário	51
Figura 6 - UASB + Lodos Ativados.....	56
Figura 7 - UASB + Lagoa facultativa	57
Figura 8 - UASB + Filtro Biológico.....	58
Figura 9 - UASB + Lagoa aerada e de decantação.....	59
Figura 10 - Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa	60
Figura 11 - Lagoa anaeróbia + Lagoa aerada e de decantação.....	60
Figura 12 – Esquema geral de sistemas de tanques sépticos.	62
Figura 13 – Configuração de tanque séptico + filtro anaeróbio.	63
Figura 14 - Estrutura da fossa séptica biodigestora	68
Figura 15 - Características das alterações com a urbanização.....	74
Figura 16 – Faixas de ocupação.....	75
Figura 17 - Gráfico Curva de Calibração da Projeção de Geração RSU – Tenente Portela	78
Figura 18 - Métodos de projeção de RSU aplicados para o município de Tenente Portela	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Escopo da estrutura de consolidação de objetivos.	13
Quadro 2 – Comportamento populacional do município de Tenente Portela.	14
Quadro 3 – Taxa de crescimento geométrico da população.	16
Quadro 4 – Principais valores adotados para realização do Prognóstico do SAA de Tenente Portela.	25
Quadro 5 - Avaliação das disponibilidades e necessidades para o SAA de Tenente Portela.	26
Quadro 6 - Objetivos para o Abastecimento de Água potável.	30
Quadro 7 - Informações sobre despesa e receitas consideradas.	33
Quadro 8 - Avaliação das receitas e despesas com os serviços de abastecimento de água na zona urbana.	34
Quadro 9 – Projeção da vazão de esgoto para o horizonte do PMSB.	41
Quadro 10 - Avaliação da carga orgânica e da demanda por tratamento para a zona rural.	43
Quadro 11 – Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da zona urbana.	45
Quadro 12 - Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da zona rural.	46
Quadro 13 - Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da área indígena.	47
Quadro 14 - Valores de concentração máxima para efluentes domésticos.	48
Quadro 15 - Concentração máxima para efluentes domésticos de acordo com vazão.	49
Quadro 16 - Concentração e eficiência de remoção do parâmetro Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal em função da faixa de vazão.	49
Quadro 17 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico (em %).	50
Quadro 18 - Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais.	50
Quadro 19 - Níveis de tratamento.	51
Quadro 20 – Tipos de Lagoas de estabilização.	53
Quadro 21 – Lodos ativados e suas variantes.	54
Quadro 22 - Sistemas aeróbios com biofilmes.	54
Quadro 23 - Sistemas anaeróbios.	55
Quadro 24 - Tipos de disposição no solo.	55
Quadro 25 - Dimensionamento do tanque séptico padrão para a área rural.	69
Quadro 26 - Coeficientes de runoff para distintos tipos de áreas.	73
Quadro 27 - Objetivos para Drenagem e Manejo de Águas Pluviais.	76
Quadro 28 - Previsão de geração de RSU por tipologia conforme horizonte do PMSB.	81
Quadro 29 - Potencial de geração de RSU por tipologia conforme horizonte do PMSB, se a coleta seletiva fosse eficiente.	82
Quadro 30 - Estimativa da geração de Resíduos de Logística Reversa conforme horizonte do PMSB.	83

Quadro 31- Estimativa da geração de RCC, Volumosos e RSS conforme horizonte do PMSB.	84
Quadro 32 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos RSD na área urbana.....	85
Quadro 33 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos RSD na área rural.	87
Quadro 34 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos RSD na área indígena.	88
Quadro 35 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos de Logística Reversa.....	90
Quadro 36 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos de Construção Civil.	91
Quadro 37 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos de Serviços de Saúde.....	92
Quadro 38 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos Agrossilvopastoris.	93
Quadro 39 – Ações de emergências e contingências para o setor de abastecimento de água.	99
Quadro 40 – Ações de emergências e contingências para o setor esgotamento sanitário.	101
Quadro 41 – Ações de emergências e contingências para o setor de esgotamento sanitário.....	102
Quadro 42 – Ações de emergências e contingências para o setor de esgotamento sanitário.....	103
Quadro 43 – Ações de emergências e contingências para o setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.	104
Quadro 44 – Ações de emergências e contingências para o setor de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projeção populacional para Tenente Portela (2011 – 2035).....	16
Tabela 2 – Contribuição diária de esgoto (C) e lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e ocupante.....	70
Tabelas 3 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.	70
Tabela 4 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.....	71
Tabela 5 - Geração de RSU Tenente Portela (2010 - 2018).....	77
Tabela 6 – Cálculo da taxa de manejo de resíduos sólidos urbanos.	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 METODOLOGIA	13
3 PROJEÇÃO POPULACIONAL E HORIZONTE DO PLANO DE SANEAMENTO	14
3.1 DADOS CENSITÁRIOS E PROJEÇÃO POPULACIONAL	14
3.2 HORIZONTE DO PLANO DE SANEAMENTO.....	18
4 PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL	19
4.1 CENÁRIOS APLICADOS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO (SAA)	19
4.2 CENÁRIOS APLICADOS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁREA RURAL E INDÍGENA (SAC/SAI/SACi)	27
4.3 CENÁRIO FUTURO.....	30
4.4 AVALIAÇÃO FINANCEIRA DO CENÁRIO	33
4.5 CENÁRIO RECOMENDADO PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA	35
5. PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO	38
5.1 CENÁRIOS APLICADOS AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	38
5.2 CENÁRIO FUTURO.....	44
5.3 PADRÃO DE LANÇAMENTO PARA EFLUENTE FINAL.....	48
5.4 SUGESTÕES DE SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA A PROBLEMÁTICA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO	51
5.5 ANÁLISE FINANCEIRA DAS PROPOSTAS.....	68
6 PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO A DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	72
6.1 CENÁRIO APLICADO A DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	72
6.2 CENÁRIO FUTURO	76
7 PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO A LIMPEZA URBANA E AO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	77
7.1 PREVISÃO DE GERAÇÃO DE RSD POR TIPOLOGIA CONFORME HORIZONTE DO PMSB	77

7.2 CENÁRIO ATUAL E FUTURO PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (RSD) NA ÁREA URBANA	85
7.3 CENÁRIO ATUAL E FUTURO PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (RSD) NA ÁREA RURAL	87
7.4 CENÁRIO ATUAL E FUTURO PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (RSD) NA ÁREA INDÍGENA	88
7.5 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS DE LOGÍSTICA REVERSA.....	89
7.6 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	90
7.7 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE.....	91
7.8 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS	92
7.9 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E REGRAS PARA TRANSPORTE.....	93
7.10 ANÁLISE FINANCEIRA DO CENÁRIO.....	94
8 PREVISÃO DE EVENTOS DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA.....	98
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1 INTRODUÇÃO

O prognóstico do PMSB de Tenente Portela se propõe a apresentar os cenários atual e futuro para os quatro eixos que compõem o saneamento básico, trazendo a projeção populacional considerando a projeção de demanda do município.

Os cenários auxiliarão na compreensão e na construção de programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e metas, assim como, na definição das ações necessárias para garantir a qualidade, a regularidade e a universalização dos serviços de saneamento básico no município Tenente Portela, tanto na zona urbana, quanto na zona rural e indígena.

Será abordado, nesse produto, a definição dos objetivos gerais e abrangentes que nortearão as propostas dos programas, projetos e ações do plano das próximas fases do planejamento.

2 METODOLOGIA

A metodologia consiste na identificação do cenário atual e na definição de objetivos para o alcance de um cenário futuro para os quatro eixos do saneamento básico do município Tenente Portela.

Os cenários atual e futuro foram construídos e avaliados de forma participativa com os comitês executivo e de coordenação do PMSB, por meio de oficinas de trabalho realizadas dos dias 16, 17 e 18 de outubro de 2019, levando em consideração o diagnóstico da população, concebida por meio da aplicação dos questionários de opinião pública (Figura 1).

Figura 1. Registro das oficinas de trabalho realizadas.



Fonte: Autores (2019).

Com base nas principais problemáticas apresentadas no cenário atual foram propostos objetivos para o cenário futuro para a organização dos serviços.

O Quadro 1 apresenta um escopo de estrutura para consolidação dos objetivos que será utilizada ao longo do produto.

Quadro 1. Escopo da estrutura de consolidação de objetivos.

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO DO OBJETIVO	OBJETIVO
(Definição da situação atual)	(Identificação do Objetivo)	(objetivo para o cenário futuro)

Fonte: Adaptado de WARTCHOW (2018).

3 PROJEÇÃO POPULACIONAL E HORIZONTE DO PLANO DE SANEAMENTO

Na elaboração do PMSB é indispensável o estudo de projeção populacional, o qual possibilitará estabelecer as demandas futuras do município no que diz respeito aos quatro eixos do saneamento básico no horizonte de planejamento.

3.1 DADOS CENSITÁRIOS E PROJEÇÃO POPULACIONAL

Para o estudo da projeção populacional do município de Tenente Portela utilizou-se dados históricos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O Quadro 2 apresenta o comportamento populacional de Tenente Portela de 1991 a 2010.

Quadro 2 – Comportamento populacional do município de Tenente Portela.

Ano	População Total	População Urbana	População Rural
1991	23.674	12.898	10.776
2000	14.343	8.520	5.823
2010	13.719	8.847	4.872

Fonte: Censos do IBGE.

Nota-se que a população total de Tenente Portela apresenta certo declínio nos últimos censos do IBGE, aquém a esse fato, nota-se que a população urbana apresentou um crescimento, conseqüentemente remetendo ao decréscimo da população rural no mesmo período (Quadro 2).

Para realizar a projeção populacional, é necessário ter conhecimento da taxa de crescimento da mesma. Devido aos dados escassos do IBGE, avaliou-se os métodos de projeção geométrica e aritmética, selecionando então o método com resultados mais pertinentes para a estimativa da taxa.

As equações 1 e 2 apresentam o cálculo realizado para estimar a taxa de crescimento aritmético (K_a) e sua respectiva fórmula de projeção e as equações 3 e 4 apresentam o cálculo realizado para estimar a taxa de crescimento geométrico (K_g) e sua respectiva fórmula de projeção em um determinado período.

Eq. (1):

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$$

Eq. (3):

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$$

Eq. (2):

$$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$$

Eq. (4):

$$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$$

Em que:

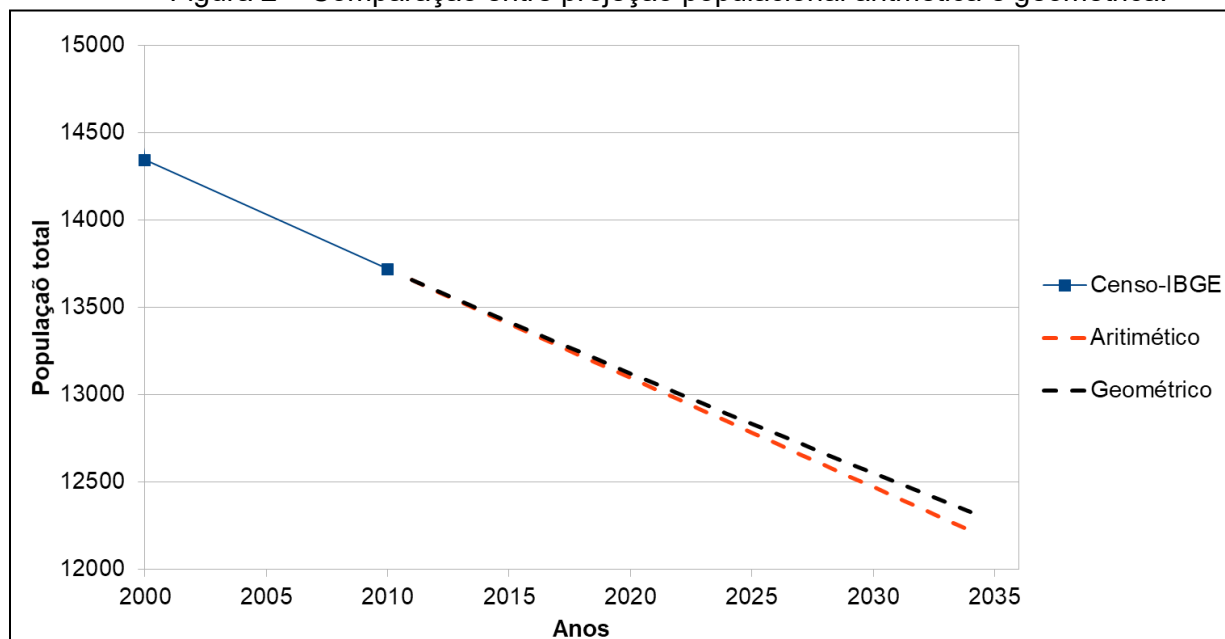
Ka: coeficiente aritmético; Kg: coeficiente geométrico;

P2: população final; P0: população inicial; Pt: população em determinado tempo;

T2: ano final; T0: ano inicial;

A Figura 2 apresenta, de forma comparativa, os resultados entre a projeção populacional aritmética e a geométrica para o município de Tenente Portela.

Figura 2 – Comparação entre projeção populacional aritmética e geométrica.



Fonte: Autores (2019).

Observa-se na Figura 2, que a os dois métodos de projeção da população do município vem apresentando decréscimos, porém a projeção geométrica revelou uma menor taxa de decaimento populacional e, em virtude disso, foi método selecionado para a

projeção do horizonte de planejamento, levando em consideração um cenário mais crítico (maior população) em relação ao resultado do método aritmético.

A taxa de crescimento geométrico anual da população total do município entre 2000 e 2010 foi de -0,45% ao ano, enquanto que a população urbana apresentou taxa de crescimento geométrico de 0,38% ao ano (Quadro 3).

O Quadro 3 apresenta os dados referentes a taxa de crescimento geométrico da população.

Quadro 3 – Taxa de crescimento geométrico da população.

Taxa de crescimento anual geométrico	
População Total	População Urbana
2000/2010	2000/2010
- 0,45%	+ 0,38%

Fonte: Autores.

Sendo assim, pode-se realizar a projeção populacional de Tenente Portela, apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Projeção populacional para Tenente Portela (2011 – 2035).

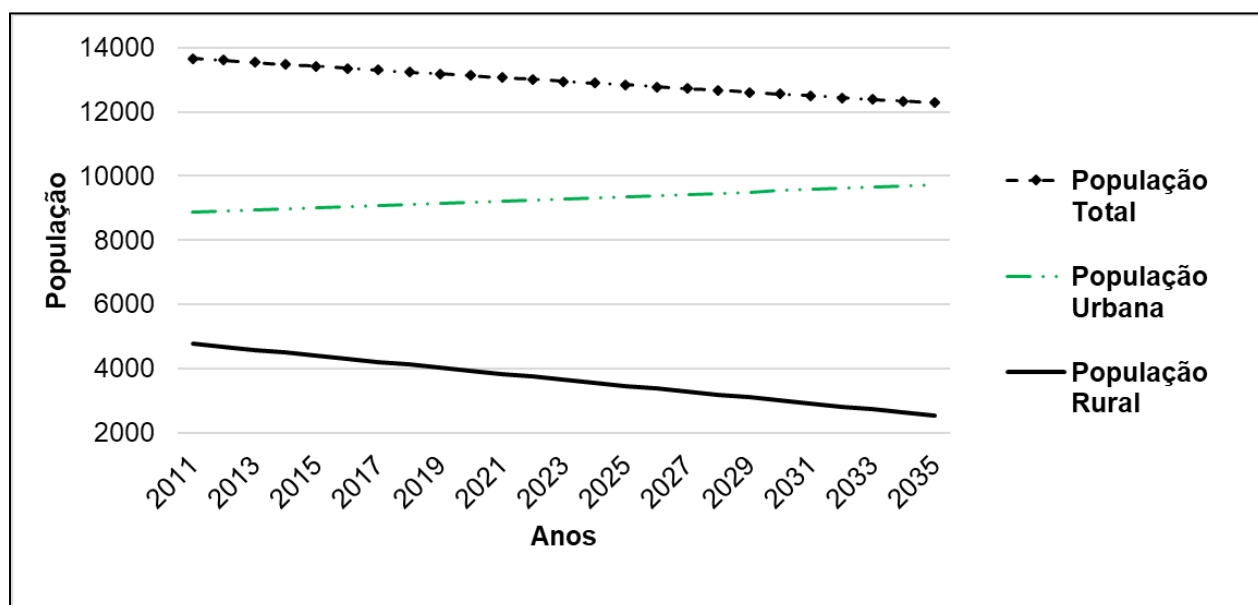
Ano	População Total	População Urbana	População Rural
2011	13658	8880	4778
2012	13597	8914	4684
2013	13537	8948	4590
2014	13477	8981	4496
2015	13417	9015	4402
2016	13358	9049	4309
2017	13298	9083	4215
2018	13239	9118	4122
2019	13181	9152	4029
2020	13122	9187	3936
2021	13064	9221	3843
2022	13006	9256	3750
2023	12948	9291	3657
2024	12891	9326	3565
2025	12834	9361	3472
2026	12777	9397	3380
2027	12720	9432	3288

2028	12663	9468	3196
2029	12607	9503	3104
2030	12551	9539	3012
2031	12496	9575	2920
2032	12440	9611	2829
2033	12385	9648	2737
2034	12330	9684	2646
2035	12275	9720	2555

Fonte: Autores (2019).

Na Figura 3 pode-se observar de forma gráfica os dados apresentados na Tabela 1, relacionados ao comportamento da projeção populacional geométrica total, urbana e rural.

Figura 3 – Projeção geométrica.



Fonte: Autores (2019).

3.2 HORIZONTE DO PLANO DE SANEAMENTO

A projeção do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município de Tenente Portela tem alcance de prospecção de vinte anos, a contar da atualização do ano de 2015 (Plano Antigo). Segundo a Lei nº 11.445/2007 deverão ser realizadas revisões periódicas considerando que o desenvolvimento populacional e ocupacional poderá variar em função, principalmente, das mudanças do cenário econômico.

4 PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

Neste tópico é proposta a alternativa para aprimoramento dos sistemas de abastecimento de Tenente Portela e universalização do acesso à água no âmbito municipal. Para a construção do cenário aplicado ao abastecimento de água foi considerado um período de 20 (vinte) anos, que corresponde aos anos de 2015 a 2035, ainda, foram utilizados parâmetros apresentados no Diagnóstico Técnico-Participativo.

4.1 CENÁRIOS APLICADOS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO (SAA)

O abastecimento de água no município de Tenente Portela é majoritariamente feito por mananciais subterrâneos. A captação, tratamento e distribuição de água para usos diversos na área central são celebrados por meio de convênio com a Companhia Riograndense de Saneamento/ CORSAN, a qual administra os poços utilizados para abastecimento somente da área urbana.

Conforme o último censo do IBGE, além da rede geral de distribuição de água na área urbana, os tipos de abastecimento de água em Tenente Portela podem ainda ser de poços, nascentes, rios, açudes, lagos, tanto na área rural quanto na área indígena.

Conforme dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo (SISAGUA, 2019), a população abastecida na área urbana pelo sistema de abastecimento da CORSAN é de 9584 habitantes, representando 70,80 % da população total do município sendo 3186 economias residenciais. O manancial subterrâneo utilizado para captação da água para abastecimento é o Aquífero Serra Geral.

4.1.1 Diretrizes para avaliação do padrão quantitativo e qualitativo do SAA

Como critérios para a avaliação do padrão quantitativo (dimensionamento) e qualitativo do SAA de Tenente Portela, serão tidos como satisfatórios ao atendimento à população os seguintes parâmetros, além dos complementares:

- a) Consumo médio per capita: 150 L/hab.dia;
- b) Pressões mínimas e máximas: 10 mca e 40 mca (parâmetro recomendado pela CORSAN);
- c) Reservação: 1/3 do volume do dia de maior consumo;
- d) Micromedição obrigatória, com renovação quinquenal dos hidrômetros instalados;
- e) Meta (ano 2035) para a perda máxima admissível no SAA: 20%;
- f) Cobertura do atendimento: 100% para água;
- g) NBR 12.211/92 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água, NBR 12.212/2006 - Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea, NBR 12.244/1992 - Construção de poço para captação de água subterrânea, NBR 12.214/1992 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público, NBR 12.215/1992 - Projeto de adutora de água para abastecimento público, NBR 12.217/94 - Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, NBR 12.218/94 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público;
- h) Decreto Estadual 52.035, de 19 de novembro de 2014 que regulamenta o gerenciamento e a conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul;
- i) Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde de 03 de outubro de 2017, que estabelece os procedimentos e responsabilidades

relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

4.1.2 Estimativa da demanda de água do SAA

Conforme já relatado, a prestação dos serviços de abastecimento de água no perímetro urbano do município é realizada pela Corsan. As avaliações das demandas de água e dos volumes de reservação para a Sede de Tenente Portela foram calculadas tendo como base informações constantes no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) e dados obtidos com a Corsan. Adotaram-se as seguintes variáveis para o cálculo da estimativa da demanda de água:

a) Consumo médio per capita de água (q)

O consumo médio per capita de água representa a quantidade média de água, em litros, consumida por cada habitante em um dia. Segundo dados constantes SNIS (2017) para o abastecimento de água na zona urbana do município, o consumo médio per capita de água (IN022) medido foi de 148,5 litros de água por habitante por dia.

b) Coeficientes do dia e hora de maior e menor consumo (k1, k2 e k3)

O consumo de água em uma localidade varia ao longo do dia (variações horárias), ao longo da semana (variações diárias) e ao longo do ano (variações sazonais). Conforme a prática corrente adotou-se os seguintes coeficientes de variação da vazão média de água:

- Coeficiente do dia de maior consumo $k1 = 1,2$
- Coeficiente da hora de maior consumo $k2 = 1,5$

- Coeficiente da hora de menor consumo $k3 = 0,5$

c) Vazão de projeto

O cálculo da vazão de projeto, considera a multiplicação do número de habitantes pelo consumo per capita estabelecido e pelo coeficiente do dia de maior consumo e divide-se o total por 86.400 (segundos em um dia) obtendo a demanda máxima em litros/segundo, conforme a equação:

$$Q_{proj} = \frac{P * q * k1 * Q_e}{86400} \quad (\text{eq. 2})$$

Em que:

Q_{proj} : Vazão de projeto (L/s);

Q_e : Consumo especial do Hospital (L/s), igual a 0,34 L/s;

P: População prevista para cada ano (total);

K_1 : 1,2.

A vazão de projeto é utilizada, principalmente, para o dimensionamento da captação, de elevatórias e de adutoras.

d) Demanda máxima

Para o cálculo da demanda máxima de água, considera-se o coeficiente da hora de maior consumo, conforme a equação:

$$Q_{proj} = \frac{P * q * k1 * k2 * Q_e}{86400} \quad (\text{eq. 3})$$

Em que:

Q_{max} : Demanda máxima diária de água (L/s);

Q_e : Consumo especial do Hospital (L/s), igual a 0,34 L/s;

P: População prevista para cada ano (total);

K_1 : 1,2;

K_2 : 1,5

Ademais, considerou-se para todo período o atendimento de 100% da população, de modo que, houvesse a possibilidade de cálculo da produção necessária considerando a universalização do acesso à água. A demanda máxima de água é utilizada para o dimensionamento da vazão de distribuição, dos reservatórios até a rede.

e) Perdas de água (p)

Segundo Heller e Pádua (2012), as perdas de água em um sistema de abastecimento correspondem aos volumes não contabilizados, incluindo os volumes não utilizados e os volumes não faturados. Tais volumes distribuem-se em perdas reais e perdas aparentes, sendo tal distribuição de fundamental importância para a definição e hierarquização das ações de combate às perdas e, também, para a construção de indicadores de desempenho.

As perdas físicas ou perdas reais, ocorrem através de vazamentos e extravasamentos no sistema, durante as etapas de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, assim como durante procedimentos operacionais, como lavagem de filtros e descargas na rede. As perdas não físicas ou perdas aparentes ocorrem através de ligações clandestinas (não cadastradas) e por by-pass irregular no ramal predial (popularmente “gato”), somada aos volumes não contabilizados devido a hidrômetros parados ou com submedição, fraudes de hidrômetros, erros de leituras e similares.

Segundo os dados constantes no SNIS (2013), o Índice de Perdas na Distribuição (IPD) (IN049) foi de 34,79 %, ou seja, um índice abaixo da média nacional de aproximadamente 36,7% (SNIS, 2017).

f) Produção necessária

A vazão de produção necessária deverá ser o resultado da soma da demanda máxima de água e da vazão perdida no sistema de distribuição. A vazão perdida no sistema é resultado do índice de perdas sobre a demanda máxima.

g) Capacidade instalada

A capacidade instalada de um sistema de abastecimento de água é avaliada considerando a vazão de captação. No caso do sistema de abastecimento de água de Tenente Portela, a capacidade instalada de captação corresponde a soma da vazão de captação oriunda dos pontos de captação da CORSAN. O somatório de vazão captada por dia no município é de 32,54 L/s, conforme o Quadro 22 em Diagnóstico.

h) Avaliação do saldo ou déficit de água

Para averiguar a capacidade sistema de abastecimento de água atualmente instalado no município de Tenente Portela de atender a demanda necessária, fora analisada a diferença entre a produção necessária e a capacidade instalada de captação, conferindo déficit ou saldo. Dessa forma, foi possível avaliar se o sistema conseguirá atender a demanda e, caso contrário, identificar se há necessidade de expansões.

i) Avaliação do volume de reserva disponível e necessário

Segundo informações levantadas na etapa de Diagnóstico, o sistema de abastecimento de água na sede de Tenente Portela conta com 4 reservatórios, totalizando a capacidade de armazenamento em 375 m³. Para o cálculo do volume de reservação necessário, foi adotada a recomendação da NBR 12.217/1994 que estipula um volume mínimo igual a um terço (1/3) do volume distribuído no dia de consumo máximo. Dessa forma, para avaliação do déficit ou saldo, subtraiu-se o volume de reservação necessário do volume de reservação disponível. No Quadro 4 foram sistematizados os valores adotados no sistema de abastecimento de água da sede para os principais parâmetros de projeto utilizados neste Prognóstico.

Quadro 4 – Principais valores adotados para realização do Prognóstico do SAA de Tenente Portela.

População total em 2010 (hab)	Consumo per capita (L/hab.dia)	Perdas físicas (%)	Capacidade de captação (L/s)	Volume de reservação disponível (m³)
8847	148,5	34,79	32,54	375

Fonte: (SNIS, 2017)

O Quadro 5 apresenta a avaliação da demanda de água e dos volumes de reservação para Tenente Portela para o período de horizonte do PMSB.

Quadro 5 - Avaliação das disponibilidades e necessidades para o SAA de Tenente Portela.

Ano	População urbana	Vazão de projeto	Perdas físicas	Produção necessária	Capacidade de captação	Saldo ou Déficit	Demanda máxima	Volume de reservação disponível	Volume de reservação necessário	Saldo ou déficit de reservação
	Habitantes	L/s	(%)	L/s	L/s	L/s	L/s	m³/dia	m³/dia	m³/dia
2019	9152	19,22	34,79	25,90	32,54	6,64	28,65	375	553,42	-178,42
2020	9187	19,29	34,79	26,00	32,54	6,54	28,76	375	555,50	-180,50
2021	9221	19,36	34,79	26,09	32,54	6,45	28,87	375	557,52	-182,52
2022	9256	19,43	34,79	26,19	32,54	6,35	28,98	375	559,60	-184,60
2023	9291	19,50	34,79	26,29	32,54	6,25	29,08	375	561,68	-186,68
2024	9326	19,57	34,79	26,38	32,54	6,16	29,19	375	563,76	-188,76
2025	9361	19,65	34,79	26,48	32,54	6,06	29,30	375	565,84	-190,84
2026	9397	19,72	34,79	26,58	32,54	5,96	29,41	375	567,97	-192,97
2027	9432	19,79	34,79	26,68	32,54	5,86	29,52	375	570,05	-195,05
2028	9468	19,87	34,79	26,78	32,54	5,76	29,63	375	572,19	-197,19
2029	9503	19,94	34,79	26,88	32,54	5,66	29,74	375	574,27	-199,27
2030	9539	20,01	34,79	26,98	32,54	5,56	29,85	375	576,41	-201,41
2031	9575	20,09	34,79	27,08	32,54	5,46	29,96	375	578,55	-203,55
2032	9611	20,16	34,79	27,18	32,54	5,36	30,07	375	580,69	-205,69
2033	9648	20,24	34,79	27,28	32,54	5,26	30,19	375	582,88	-207,88
2034	9684	20,31	34,79	27,38	32,54	5,16	30,30	375	585,02	-210,02
2035	9720	20,39	34,79	27,48	32,54	5,06	30,41	375	587,16	-212,16

Fonte: Autores (2019).

Observa-se na projeção um saldo positivo de produção de água, ou seja, a capacidade instalada de captação de água atende à demanda de água prevista para o horizonte do plano.

Todavia nota-se que o saldo de reservação de água é atualmente negativo, ou seja, o volume para armazenamento de água disponível é inferior ao volume necessário.

No Diagnóstico Técnico-Participativo, identificou-se previamente o problema de falta de abastecimento ocasionado pela atual capacidade de armazenamento para atender a área urbana do município, que é de 375 m³, sendo recomendados 540 m³, levando em consideração um consumo per capita de 148,5 L/hab.dia.

Os moradores relataram que há problemas de falta de água durante o verão, vinculado ao aumento no consumo, e ainda quando há interrupção do serviço de distribuição de energia elétrica. As projeções realizadas indicam para a necessidade de direcionar esforços a fim de melhorar a capacidade de armazenamento de água instalada.

Nesse sentido, a instalação de um novo reservatório de água possivelmente minimizaria os problemas de falta de água relatados. A Diretoria de Expansão da Corsan informa em seu prognóstico que o projeto de um reservatório elevado de 500 m³ está sendo elaborado e o término do projeto está previsto para final do ano de 2019.

4.2 CENÁRIOS APLICADOS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁREA RURAL E INDÍGENA (SAC/SAI/SACi)

De acordo com o cenário atual, os serviços de abastecimento de água na zona rural do município, são realizados pelas associações de água de cada localidade, já na área indígena são administradas pela Sesai.

As SAC's, SAI's e SACi's, em sua grande maioria, não possuem dados de população corretamente inscritos no SISAGUA, o que inviabiliza qualquer tipo de projeção de estrutura acerca do abastecimento nessas áreas.

No capítulo anterior estimou-se a projeção de abastecimento considerando a população rural de Tenente Portela, no entanto tal população tem seu abastecimento dividido entre inúmeras SAC's e SAI's, com diferentes características consumo, perdas no sistema de distribuição de água, e ainda sistemas de captação e reservação não coerentes com a demanda atual expressa na etapa de Diagnóstico deste estudo.

Indica-se que seja feita de forma emergencial a atualização de dados pela Vigilância Sanitária, de forma a atualizar a quantidade de economias abastecidas por sistemas alternativos, tornando viável a projeção futura com base em cenários fidedignos.

Para alcançar a melhoria na eficiência operacional, a universalização do abastecimento de água e a garantia de um fornecimento seguro de água à população, alguns aspectos importantes devem ser discutidos e analisados, principalmente no que se refere aos principais e mais recorrentes problemas: qualidade da água duvidosa para abastecimento, falta de água - principalmente em períodos de estiagem -, precariedade de tubulações e dificuldade na administração dos sistemas.

Afim superar os desafios é aconselhável um trabalho cooperativo entre os órgãos responsáveis e as associações/condomínios de água, com a finalidade desenvolver uma solução adequada para tal situação, tanto referente a qualidade da água como também a aspectos financeiros e operacionais dos sistemas. Uma vez que os custos de manutenção, reparos e instalação de novos poços são financeiramente inviáveis à população rural.

Neste cenário, há o intermédio do Comitê de Execução com Associações Informais de Água, o qual se responsabiliza pela gestão dos investimentos e ações a serem executadas conforme disposto no PMSB de Tenente Portela.

De forma geral, verifica-se a necessidade de organizar as análises de água realizadas pela Secretaria Municipal de Saúde, compondo um banco de dados em formato digital, de modo que facilite o acompanhamento da qualidade da água de cada poço, disponibilizando acesso prévio dos dados aos consumidores diretos, abrindo espaço para questionamentos e esclarecimentos.

Tal ação vem como auxílio na deliberação quanto a necessidade de tratamento da água, bem como na consolidação de uma rotina de análise de qualidade da água.

Cabe ressaltar, de acordo com Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05 de 03/10/2017, do Ministério da Saúde, a incumbência do município em inspecionar o controle da qualidade da água produzida e distribuída, e, as práticas operacionais adotadas no sistemas alternativos coletivos de abastecimento de água, notificando seus respectivos responsáveis de modo a corrigir irregularidade(s) identificada(s).

Tendo em vista da importância e obrigatoriedade do fornecimento de água potável e de qualidade à todos os habitantes e considerando as dificuldades para manter a sustentabilidade financeira do sistema, foram analisadas alternativas para o tratamento da água nessas localidades.

Recomenda-se o desenvolvimento de estudos de viabilidade para aquisição de uma estação de tratamento de água automatizada, destinadas à SAC's e SAI's na zona rural.

Estes são sistemas simples para tratamento de água com dosagens automáticas de produtos (cloro ou cloro + flúor). Prevendo funcionamento de fácil manutenção, baixo consumo de energético e de simples operação.

4.3 CENÁRIO FUTURO

Conforme o diagnóstico dos serviços de abastecimento de água no município de Tenente Portela é notório a necessidade de reestruturação e adequação do modelo do mesmo. Sendo assim, o cenário futuro considera como objetivos a melhoria na eficiência operacional visando o alcance da universalização do saneamento e, a garantia de um fornecimento de água potável à população. No Quadro 6 estão relacionados os objetivos e os cenários relativos ao abastecimento de água potável.

Quadro 6 - Objetivos para o Abastecimento de Água potável

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Carência e incoerência de informações das captações subterrâneas no SIAGAS	A-1	Regularizar as informações no SIAGAS, sendo possível obter laudos geológicos que facilitarão o monitoramento, estudos e tomadas de decisões
Carência e incoerência de informações das captações subterrâneas (SAC/SAI/SACi) no SISAGUA	A-2	Regularizar as informações no SISAGUA, sendo possível obter dados de monitoramento da captação e informações pertinentes a Vigilância Sanitária
Carência de estudos geofísicos para perfuração de novos poços	A-3	Avaliar a capacidade de recarga e disponibilidade de água do lençol freático por meio de estudos geofísicos capazes de identificar pontos favoráveis para perfuração de novas captações
Necessidade de ampliação e substituição da rede de abastecimento de água	A-4	Firmar convênio entre a Prefeitura e a CORSAN para substituição e melhoria da rede, conforme Metas da Diretoria de Operações
Déficit de reservação de água	A-5	Concluir projeto de reservatório elevado com capacidade de 500 m ³ , o qual já estava previsto pela Diretoria de Expansão da CORSAN
Carência de Georreferenciamento do Sistemas de Água de Abastecimento (Urbana, Rural e Indígena)	A-6	Realizar o Georreferenciamento dos sistemas, bem como a atualização do cadastro técnico operacional por meio de serviços de topografia, geoprocessamento e desenho técnico digital

Quadro 6 - Objetivos para o Abastecimento de Água potável (CONTINUAÇÃO).

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Hidrômetros acima da vida útil na área urbana	A-7	Promover substituição dos hidrômetros com vida útil acima do permitido pela Superintendência Comercial até 2035
Ausência do controle de medição na área rural e indígena	A-8	Promover instalação de hidrômetros na área rural e indígena para padronização de contribuição nas Associações de Água e também para o controle de perdas
Todas as Associações de Água da zona rural são informais	A-9	Definir, regulamentar e oficializar as Associações de Água na área rural, fazendo com que haja padronização de contribuição
População da zona rural/indígena não tem conhecimento acerca da importância de consumir água tratada	A-10	Elaborar campanhas periódicas, programas ou atividades com a participação da comunidade rural para adesão do consumo de água tratada
De todas as SAC's diagnosticadas, apenas 2 possuem sistema de desinfecção com cloro em funcionamento (Perpétuo Socorro e Daltro Filho)	A-11	Promover instalação de sistema de desinfecção por cloro em 100% das captações da área rural
Das 9 SACi's diagnosticadas a campo, apenas 3 possuem sistema de desinfecção com cloro em funcionamento. Sendo tais: Linha Esperança, ABC e Pedra Lisa (poço tubular)	A-12	Promover instalação de sistema de desinfecção por cloro em 100% das captações da área indígena
Grande parte das captações de água (SAC, SAI, SACi) não possuem infraestrutura adequada de proteção em torno da captação	A-13	Promover adequação e recuperação de infraestrutura de proteção em 100 % das captações de água da área rural e indígena
Não há uma rotina de monitoramento de qualidade da água nas captações de água (SAC, SAI, SACi)	A-14	Promover rotina de análises de água nas SAC, SAI e SACi, com número delimitado de análises por ano para um acompanhamento mais assertivo da qualidade da água, abrangendo 100% da área do município
Na Associação de Água Burro Magro há problemas com apressão na rede, ocasionando rompimento da tubulação e, por consequência interrupção no abastecimento	A-15	Promover estudo com a finalidade de tornar o sistema eficiente, considerando a posição do reservatório, realocação da tubulação, e monitoramento da pressão ao longo da tubulação.

Quadro 6 - Objetivos para o Abastecimento de Água potável (CONTINUAÇÃO).

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
As SAC's RS 330 Km 03 e Nossa Senhora da Saúde possuem atividades agrícolas próximas às áreas de captação	A-16	Monitorar a água no que diz respeito à uma possível contaminação por defensivos agrícolas
As SAC's Nossa Senhora da Saúde e Lajeado Fortuna Km 12 e a SAC em Linha Esperança estavam irregulares de recobrimento	A-17	Providenciar adequação de 100% das estruturas de proteção dos reservatórios para evitar possíveis contaminações
A SAC de Nossa Senhora da Saúde encontra-se próxima a um cemitério	A-18	Analisar possibilidade de contaminação por necrochorume
Não há rotina estabelecida de limpeza dos reservatórios	A-19	Definir periodicidade de manutenção preventiva e limpeza de 100% dos reservatórios tanto da área rural quanto indígena
As 3 captações de água do Km 10 (SACi) necessitam de manutenção tanto na infraestrutura de proteção da área como nas casas de bomba. Ambas com telhado quebrado	A-20	Promover readequação de infraestrutura em 100% das captações de água do Km 10
O acionamento do bombeamento da SACi Pedra Lisa é manual de acordo com a demanda.	A-21	Providenciar automação do sistema (chave-bóia, timer)
No Km 10 há um poço de captação construído, porém não está em funcionamento em virtude da falta de rede de energia adequada	A-22	Adequar a configuração de rede trifásica para atendimento da demanda para ativação do poço
Abastecimento atual por poços artesianos pode vir a não atender a demanda populacional	A-23	Certificar-se sobre a elaboração de estudo para implementação de Estação de Tratamento de Água junto à CORSAN. Caso não haja, analisar a viabilidade técnica-econômica.

Fonte: Autores (2019).

4.4 AVALIAÇÃO FINANCEIRA DO CENÁRIO

O sistema de abastecimento de água no município não tem a capacidade de atendimento à população em sua totalidade, ou seja, há disparidade entre o atendimento à demanda na área urbana e as áreas rural e indígena.

Com vistas a isso, se faz necessária a estruturação e planejamento financeiro acerca da adequação do sistema de abastecimento de água no município. Com base nos dados do SNIS, executou-se uma simulação simples de investimento considerando apenas do cenário na zona urbana, utilizando indicadores apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Informações sobre despesa e receitas consideradas

Código	Especificação	Unidade	Valor
AG002	Quantidade de ligações ativas de água	Ligações	9033,00
AG003	Quantidade de economias ativas de água	Economias	3233,00
AG011	Volume de água faturado	1000m ³ /ano	488,76
FN006	Arrecadação total	R\$/ano	3567268,12
FN017	Despesas totais com os serviços (DTS)	R\$/ano	3385779,16
IN003	Despesa total com os serviços por m ³ faturado	R\$/m ³	6,93
IN005	Tarifa média de água	R\$/m ³	7,32
IN022	Consumo médio per capita de água	l/hab./dia	148,5
IN053	Consumo médio de água por economia	m ³ /mês/econ	11,3

Fonte: SNIS (2017)

Para o cálculo da estimativa do volume medido multiplicou-se o número de habitantes pelo consumo per capita de água e por 365 (dias), obtendo a estimativa anual.

Por sua vez a receita foi calculada multiplicando o volume medido pela tarifa de água adotada. Já o cálculo das despesas foi realizado multiplicando o volume medido pela despesa total com os serviços por m³ faturado. O Quadro 8 apresenta a avaliação das receitas e despesas com os serviços de abastecimento de água na zona urbana de Tenente Portela.

Quadro 8 - Avaliação das receitas e despesas com os serviços de abastecimento de água na zona urbana.

Ano	População Urbana	Estimativa Volume medido	Receitas	Despesas	Saldo/déficit
	Habitantes	m³/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano
2019	9152	496061,28	3631168,57	3437704,67	193463,90
2020	9187	497958,37	3645055,25	3450851,49	194203,76
2021	9221	499801,25	3658545,17	3463622,68	194922,49
2022	9256	501698,34	3672431,85	3476769,50	195662,35
2023	9291	503595,43	3686318,53	3489916,31	196402,22
2024	9326	505492,52	3700205,21	3503063,13	197142,08
2025	9361	507389,60	3714091,89	3516209,95	197881,94
2026	9397	509340,89	3728375,33	3529732,39	198642,95
2027	9432	511237,98	3742262,01	3542879,20	199382,81
2028	9468	513189,27	3756545,46	3556401,64	200143,82
2029	9503	515086,36	3770432,14	3569548,46	200883,68
2030	9539	517037,65	3784715,58	3583070,90	201644,68
2031	9575	518988,94	3798999,02	3596593,34	202405,69
2032	9611	520940,23	3813282,47	3610115,78	203166,69
2033	9648	522945,72	3827962,67	3624013,84	203948,83
2034	9684	524897,01	3842246,11	3637536,28	204709,83
2035	9720	526848,30	3856529,56	3651058,72	205470,84

Fonte: Autores (2019).

É possível observar que os investimentos em abastecimento de água na zona urbana tendem a aumentar ao longo de um período de 16 anos, chegando a R\$ 3.581.568,40 em 2035. A conclusão em saldo positivo, demonstra que, caso seja mantido o mesmo sistema de abastecimento, sob os mesmos indicadores, há viabilidade econômica.

No entanto, caso haja necessidade de implantação de uma nova configuração de captação e tratamento de água de abastecimento, cabe a reavaliação de estudos de viabilidade econômica/financeira.

As projeções de receitas, despesas e investimentos no abastecimento de água das zonas rural e indígena não foram realizadas de dados consistentes, consequência da ausência de subsidiação para tratamento e distribuição da água nos locais. A problemática da área rural se dá por não haver padronização na taxa cobrada pelo consumo da água nas localidades. Cada sistema da área rural possui estrutura e características de consumo específicas.

A regularização das associações de água de cada sistema alternativo de consumo tornará viável a realização das projeções necessárias para melhoria ao atendimento das demandas.

Na área indígena, não há cobrança pelo consumo da água provinda das soluções alternativas de consumo, o que, de certa forma, é benéfico para tal população de baixa renda, em contraponto, acentua complicações vinculadas aos aportes de investimento nos sistemas.

Outra problemática identificada na área indígena é a falta de coerência das informações cadastradas no SISAGUA ou até mesmo na SESAI. Onde número de captações cadastradas não coincide com a realidade, dificultando qualquer projeção acerca de investimentos nesta área.

As Soluções de Abastecimento sem cadastro não recebem atendimento por parte da vigilância sanitária e, por consequência, não há monitoramento da qualidade da água captada.

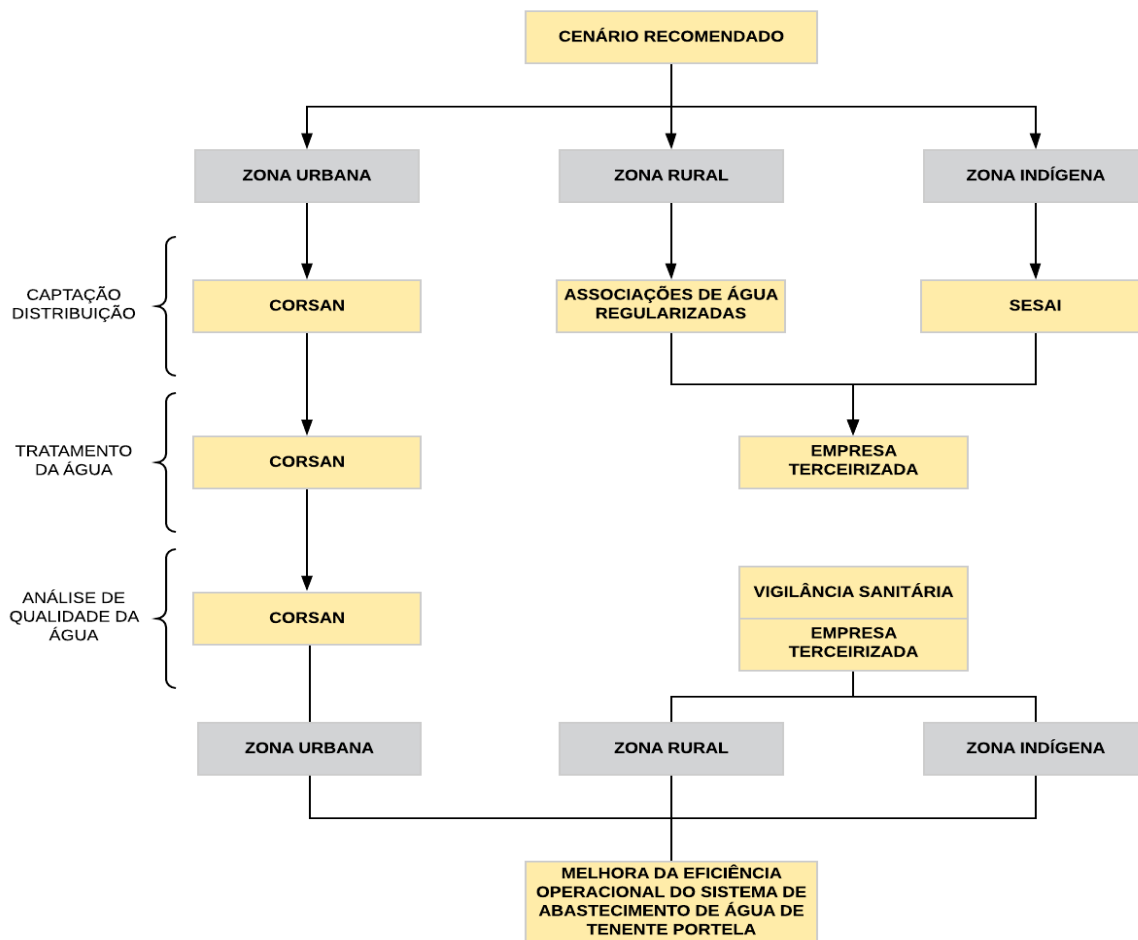
4.5 CENÁRIO RECOMENDADO PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os cenários culminam na resultante recomendação por parte da empresa contratada defronte ao Sistema de Abastecimento de Água de Tenente Portela.

A adoção do escopo abaixo auxiliará o município na tomada de decisões mais assertivas quanto ao modelo de gestão e as ações necessárias para garantir a sustentabilidade financeira, a qualidade dos serviços, a qualidade da água e a universalização do sistema de abastecimento de água, nas áreas urbana, rural e indígena,

A Figura 4 expressa a idealização de um modelo adequado para a demanda atual do município.

Figura 4 – Fluxograma esquemático do cenário recomendado para o SAA de Tenente Portela



Fonte: Autores (2019).

Conforme a Figura 4 é possível observar que são necessárias algumas ações para que haja a gestão adequada da água e sua rede de abastecimento no município.

A CORSAN tem o contrato celebrado para captação, tratamento, distribuição e análise periódica das águas de abastecimento apenas da zona urbana, o que faz com que outras zonas tenham que prover seu abastecimento de forma independente.

A SESAI é atualmente responsável por todas as etapas do sistema de abastecimento na zona indígena, há deficiência no tratamento da água nestes locais. Fato ocorrente também na zona rural, onde os sistemas de tratamento de água administrados pelos próprios moradores das localidades, acabam não aderindo às necessidades mínimas de potabilização previstas em lei.

No que se refere a recomendações nas áreas indígenas, indica-se a análise de viabilidade de contratação de empresas terceirizadas para implementação e manutenção dos sistemas, assim como adição da cloração. Direcionando a SESAI apenas a captação e distribuição.

Na área rural, recomenda-se a legalização das Associações de Água, para que então seja possível a validação da captação e a distribuição da água de forma igualitária. Após a regularização, recomenda-se a implementação e manutenção dos sistemas de tratamento com cloração por meio da contratação de empresa terceirizada.

Nas áreas indígenas e rurais, o monitoramento da qualidade da água de consumo provém de iniciativa independente, não contando com consistência de dados e periodicidade de análises.

A SESAI possui rotina estabelecida de monitoramento, no entanto não há integração informativa junto a Vigilância Sanitária, o que omite o conhecimento da gestão acerca da qualidade da água, defasando a responsabilidade do poder público para com a seguridade no fornecimento de água potável em comunidades indígenas.

A zona rural conta com análises inconsistente e em repetições aleatórias providas pela Vigilância Sanitária, sendo uma condição insuficiente para o monitoramento adequado da água, uma vez que o município possui mais de 30 sistemas de abastecimentos afastados da área urbana. O número de análises é pequeno em função do orçamento destinado à secretaria da saúde.

Para tal problemática envolvendo o monitoramento da qualidade da água, é sugerível a vinculação de terceirização com integração de análises periódicas da água, com responsabilidade de manutenção, e operação dos sistemas.

Tais recomendações preconizam o funcionamento conjunto de ações para o aperfeiçoamento operacional do sistema de abastecimento de água em todas as zonas do município de Tenente Portela.

5. PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O cenário proposto foi avaliado técnica e financeiramente, sendo discutidos em conjunto aos membros dos Comitês do PMSB de Tenente Portela. Sua avaliação permitirá ao município estabelecer a decisão quanto ao modelo de gestão e as ações necessárias para garantir o tratamento do esgoto na zona urbana, rural e comunidade indígena.

5.1 CENÁRIOS APLICADOS AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O município de Tenente Portela, apresenta coleta e tratamento de esgoto deficitários, não havendo um sistema coletivo, o que restringe o acesso de grande parte da população aos serviços do saneamento.

Até o presente momento, a maioria das residências contam com sistema individual de despejo dos efluentes domésticos, como fossas rudimentares e tanques sépticos. No entanto, as fossas rudimentares não são consideradas eficientes para o tratamento do esgoto doméstico, sendo há infiltração de dejetos no solo *in natura*.

A zona urbana é detentora do maior número de residências providas tanques sépticos. Entretanto, fossas rudimentares constituem a grande maioria das instalações tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais. O lançamento inadequado de águas residuárias em valas e cursos d'água é comumente encontrado na zona rural.

O lançamento de esgotos *in natura* em redes de microdrenagem pluvial é um dos problemas verificados na área urbana, em alguns pontos específicos da área central do município.

No panorama que o município de Tenente Portela se encontra atualmente, em vista a infraestrutura das vias, o dimensionamento de um sistema de coleta de esgotos deve contar com estudos de viabilidade econômico-financeira, assim como a construção de uma Estação de Tratamento de Esgoto.

Conforme previsto no já existente Plano Municipal de Saneamento Básico de Tenente Portela, o investimento estimado é superior R\$ 23 milhões, no entanto, não apresenta um estudo concreto de implantação do sistema.

Desse modo, a Companhia Riograndense de Saneamento solicitou a repactuação das metas pertinentes ao sistema de esgotamento sanitário, sugerindo o sistema descentralizado de tratamento como uma alternativa mais viável ao município.

O incentivo à constituição de sistemas residenciais individuais se apresenta como alternativa plausível para o atendimento ao tratamento dos esgotos. Contanto que seja executada a correta manutenção e instalação dos sistemas adotados, instituídos pela NBR 7.229/93 e NBR 13.969/97, principalmente a limpeza periódica do lodo.

Entidades representativas do Estado, como Ministério Público, Fepam, Famurs e Corsan, ao longo dos últimos anos, realizaram pesquisas e estudos na busca por alternativas que possam minimizar o déficit nos setores de saneamento nos municípios, principalmente em função da inviabilidade da construção de ETE's.

Com base nesses estudos se fez possível a projeção para concepção de uma Central de Recebimento de Lodo de Fossa Séptica, no município de Três Passos, que consiste em uma estação de tratamento de esgoto, com recebimento de dejetos centralizado com transporte através veículos especiais.

Atualmente, no município de Tenente Portela não são encontrados serviços de manutenção e limpeza de tanques sépticos, como os caminhões limpa-fossa.

No entanto, com a instalação da Central de recebimento dos resíduos de fossas no município vizinho, a prestação do serviço de limpezas das fossas compõe uma alternativa relevante para a universalização do tratamento dos esgotos domésticos gerados no município.

5.1.1 Projeção da vazão de esgotos para a Zona Urbana

O crescimento populacional, a previsão de população a ser atendida e os volumes de esgoto a serem coletados para o horizonte do PMSB na zona urbana, no período de 2019 a 2035, estão apresentadas no Quadro 9. Foram adotados os seguintes parâmetros para os cálculos necessários:

a) Vazão média de esgotos produzida

A produção de esgotos corresponde aproximadamente à vazão de água efetivamente consumida. Entende-se por consumo efetivo aquele registrado na micromedição da rede de distribuição de água, descartando-se, portanto, as perdas do sistema de abastecimento. Parte do volume efetivo não chega aos coletores de esgoto, pois conforme a natureza de consumo há perdas por evaporação, incorporação à rede pluvial ou escoamento superficial (ex.: irrigação de jardins e parques, lavagem de carros, instalações não conectadas à rede etc.).

Dessa forma, para estimar a fração da água que adentra à rede de esgotos, aplica-se o coeficiente de retorno (R), que é a relação média entre o volume de esgoto produzido e a água efetivamente consumida. O coeficiente de retorno pode variar de 40% a 100%, sendo que usualmente adota-se o valor de 80% (VON SPERLING, 2005).

A produção estimada de esgoto da população urbana de Tenente Portela foi calculada conforme a Equação abaixo:

$$Q = 365 * P * q * R$$

Em que:

P = população prevista para cada ano;

q = consumo médio de água per capita ($m^3/hab.dia$)

R = coeficiente de retorno: 0,80

A produção estimada considera um consumo médio per capita de água de 150 litros de água por habitante ao dia, valor adotado geralmente pela CORSAN nos cálculos de projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES). Para realização do prognóstico a demanda calculada considerou o atendimento de 100% da população

do município, considerando a universalização do acesso ao tratamento de esgoto na área urbana.

A vazão média estimada de esgoto é calculada a partir da equação abaixo, sendo considerado o consumo médio de água per capita de 150 litros de água por habitante ao dia, conforme dados constantes SNIS (2013), para o município.

$$Q_{méd} = \frac{P * q * R}{86400}$$

Em que:

P = população prevista para cada ano;

q = consumo médio de água per capita (L/hab.dia):

R = coeficiente de retorno: 0,80

Quadro 9 – Projeção da vazão de esgoto para o horizonte do PMSB.

Ano	População Urbana	Produção Estimada de Esgoto	Vazão média estimada de Esgoto	Carga DBO ₅	Carga SST
	Habitantes	m ³ /ano	L/s	kg/dia	kg/dia
2019	9152	400.858,3	12,71	494,21	549,12
2020	9187	402.370,9	12,76	496,07	551,19
2021	9221	403.889,2	12,81	497,95	553,27
2022	9256	405.413,2	12,86	499,82	555,36
2023	9291	406.942,9	12,90	501,71	557,46
2024	9326	408.478,4	12,95	503,60	559,56
2025	9361	410.019,8	13,00	505,50	561,67
2026	9397	411.566,9	13,05	507,41	563,79
2027	9432	413.119,9	13,10	509,33	565,92
2028	9468	414.678,7	13,15	511,25	568,05
2029	9503	416.243,4	13,20	513,18	570,20
2030	9539	417.814,0	13,25	515,11	572,35
2031	9575	419.390,6	13,30	517,06	574,51
2032	9611	420.973,0	13,35	519,01	576,68
2033	9648	422.561,5	13,40	520,97	578,85
2034	9684	424.156,0	13,45	522,93	581,04
2035	9720	425.756,4	13,50	524,91	583,23

Fonte: Autores (2019).

A carga orgânica gerada também foi calculada com base na literatura. Segundo Von Sperling (1996), a DBO média de um esgoto doméstico é de 300 mg/L e a carga per capita, que representa a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo é de 0,054 Kg/hab.dia de DBO. Assim como a concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST), recomendada como 0,06 Kg/hab.dia, para critérios de cálculos.

5.1.2 Projeção da vazão de esgoto para a Zona Rural

Para a avaliação das demandas por tratamento de esgoto para zona rural de Tenente Portela, adotou-se os seguintes parâmetros:

a) Carga orgânica gerada

Para avaliar a carga orgânica associada ao esgoto sanitário, gerada e lançada nos cursos d'água que entrecortam o município de Tenente Portela, trabalhou-se com as seguintes informações: número total de habitantes da zona rural do município e, a contribuição de cada indivíduo em matéria orgânica presente nos esgotos domésticos. Considerando o valor determinado por Von Sperling (2005) (equivalente a 0,054 Kg DBO/hab.d), a carga orgânica gerada foi calculada multiplicando-se a sua população (em nº de habitantes) pela carga per capita.

b) Vazão média de esgotos produzida

Para estimar a vazão média de esgotos produzida pela população da zona rural, foi considerado um consumo per capita de água equivalente a 150 L/hab.dia e um coeficiente de retorno de 80%. A vazão média de esgotos da população rural de Tenente Portela foi calculada para o período compreendido entre 2019 e 2035 (horizonte de planejamento do PMSB), conforme a Equação:

$$Q_{méd} = \frac{P * q * R}{86400}$$

Em que:

P = população prevista para cada ano (total);

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

R = coeficiente de retorno: 0,80

O Quadro 10 apresenta a avaliação da carga orgânica gerada e da demanda por tratamento de esgoto para a zona rural.

Quadro 10 - Avaliação da carga orgânica e da demanda por tratamento para a zona rural.

Ano	População Rural	Produção Estimada de Esgoto	Vazão média estimada de Esgoto	Carga DBO5	Carga SST
	Habitantes	m ³ /ano	L/s	kg/dia	kg/dia
2019	4029	176.453,9	5,60	217,55	241,72
2020	3936	172.379,2	5,47	212,52	236,14
2021	3843	168.310,1	5,34	207,51	230,56
2022	3750	164.246,6	5,21	202,50	225,00
2023	3657	160.188,6	5,08	197,49	219,44
2024	3565	156.136,0	4,95	192,50	213,88
2025	3472	152.088,9	4,82	187,51	208,34
2026	3380	148.047,0	4,69	182,52	202,80
2027	3288	144.010,4	4,57	177,55	197,27
2028	3196	139.978,9	4,44	172,58	191,75
2029	3104	135.952,6	4,31	167,61	186,24
2030	3012	131.931,2	4,18	162,65	180,73
2031	2920	127.914,8	4,06	157,70	175,23
2032	2829	123.903,3	3,93	152,76	169,73
2033	2737	119.896,6	3,80	147,82	164,24
2034	2646	115.894,7	3,67	142,88	158,76
2035	2555	111.897,4	3,55	137,96	153,28

Fonte: Autores (2019).

Os resultados sugerem a necessidade de implementação de soluções que viabilizem o tratamento do esgoto doméstico antes de seu lançamento, de modo a prevenir a contaminação do solo e recursos hídricos, expondo a população rural a sérios riscos de doenças relacionadas a saneamento inadequado.

5.2 CENÁRIO FUTURO

Parte das residências do município possuem soluções individuais de tratamento de efluentes, no entanto, há uma série de irregularidades associadas às mesmas, podendo ocasionar contaminação tanto do lençol freático quanto de corpos hídricos urbanos.

A criação de cenários futuros para a situação do esgotamento sanitário no município é uma ferramenta importante para planejar e decidir ações coesas no que diz respeito a adequação das condições do saneamento básico.

Com isso, o objetivo se dá por orientar o dimensionamento, promover a análise e viabilidade de implementação das alternativas, considerando fatores certos e incertos do cenário atual. Nesse contexto, é imprescindível o atendimento às demandas da sociedade, os aspectos demográficos e de habitação, as características socioambientais, etc.

A possibilidade de universalização dos serviços de saneamento básico está vinculada à capacidade econômico-financeira do município e de seus prestadores de serviços, bem como as condições socioeconômicas da população, principalmente no que diz respeito aos sistemas individuais.

A caracterização referente ao pilar de esgotamento sanitário é fundamentada considerando o cenário atual diagnosticado e os objetivos propostos para melhorias no serviço. O Quadro 11 apresenta os cenários atuais e futuros.

Em residências localizadas na zona urbana, recomenda-se a implantação de soluções individuais de tratamento como medida mínima, tidas como sistema primário de tratamento, estabelecidos na NBR 7229/93 e tratamentos complementares, segundo a NBR 13.969/97.

Quadro 11 – Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da zona urbana.

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Déficit legislativo municipal para regulamentação do sistema individual de tratamento.	ESU -1	Alteração da Lei Municipal nº 2.232, de 02/10/2014 – que dispõe sobre o código de edificações, incluindo a obrigatoriedade de sistemas individuais de tratamentos adequados, seguindo a NBR 7.229/93 e NBR 13.969/97. Incumbindo ao município a exigência da instalação adequada de solução individual de tratamento e destinação final dos esgotos domésticos, nos domicílios.
Presença de fossas rudimentares em cerca de 80% das residências.	ESU - 2	Promover o incentivo a adequações, em substituição das fossas rudimentares por sistemas de tratamento de esgoto doméstico adequado. Partindo do poder público a exigência de comercialização de sistemas de tratamento corretamente dimensionados. Promoção de atividades de educação ambiental junto à população.
Não há identificação das residências com tanques sépticos corretamente instalados e com manutenção periódica.	ESU – 3	Promover a realização de cadastros de residências com soluções individuais, por meio de levantamento de informações do Habite-se, quanto por parte da fiscalização. Promover a fiscalização sobre a construção, instalação e manutenção dos sistemas individuais.
Lançamento de esgoto sem tratamento e rede de microdrenagem pluvial.	ESU – 4	Promover a exigência de tratamento de efluentes domésticos, prevendo instalação, funcionamento e despejo adequados.

Quadro 11. Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da zona urbana (CONTINUA).

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Problemas de manutenção de fossas sépticas	ESU – 5	Exigir assiduidade de serviços de limpeza e manutenção dos sistemas de tratamento, prevendo responsabilidade do proprietário e da Companhia responsável por atender a demanda dos domicílios.
Ausência de Central de recebimento dos efluentes a serem tratados	ESU – 6	Vincular a demanda à Central Exclusiva de Recebimento de Resíduos de Fossas Sépticas, ou a destinatários devidamente licenciados.
Precariedade em sistemas de tratamento de efluentes no Bairro Mutirão	ESU – 7	Viabilizar uma estação de tratamento de esgoto para atender aos moradores do Bairro Mutirão, conforme previsto no Plano Plurianual municipal.

Fonte: Autores (2019).

Na zona rural, a alternativa de correção para destinação incorreta de efluentes domésticos se dá pela implantação de tratamento descentralizado, por meio de sistemas individuais. O Quadro 12 elenca os principais objetivos a serem seguidos no Plano:

Quadro 12 - Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da zona rural.

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Déficit legislativo municipal para regulamentação do sistema individual de tratamento.	ESR – 1	Alteração da Lei Municipal nº 2.232, de 02/10/2014 – que dispõe sobre o código de edificações, incluindo a obrigatoriedade de sistemas individuais de tratamentos adequados, seguindo a NBR 7.229/93 e NBR 13.969/97. Incumbindo ao município a exigência da instalação adequada de solução individual de tratamento e destinação final dos esgotos domésticos, nos domicílios.

Quadro 12 - Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da zona rural (CONTINUA).

Lançamentos clandestinos de esgotos domésticos diretamente em cursos d'água.	ESR – 2	Conforme apontado no Diagnóstico Técnico-Participativo, é necessário prover a exigência de implantação de sistemas de tratamento adequados de acordo com as normativas previstas.
Aproximadamente 22% das residências fazem contagem com despejo irregular do esgoto doméstico (valas, esgoto a céu aberto, etc.).	ESR – 3	Incentivar e exigir a implantação de sistemas individuais de tratamento dos esgotos adequados.
Presença de tanques sépticos apenas em 22% das residências	ESR – 4	Oferecer subsídios operacionais e técnicos para alcançar índices de no mínimo 80% das residências com sistemas individuais condizentes à NBR 7229/93 e NBR 13969/97.

Fonte: Autores (2019).

A situação em áreas indígenas se encontra em estado extremamente precário, tendo em vista principalmente a não existência de sanitários nas residências. No Quadro 13 são apresentados os objetivos quanto ao esgotamento sanitário na área indígena

Quadro 13 - Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da área indígena.

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Desprovimento banheiros privados e públicos.	ESI - 1	Identificar residências que não possuem banheiros próprios.
Predominância de fossas rudimentares.	ESI – 2	Substituir fossas rudimentares por tratamento de esgoto doméstico adequado.
Lançamentos de esgotos domésticos diretamente em cursos d'água, valas, etc.	ESI – 3	Fiscalização com irregularidades, e viabilização de implantação de sistemas individuais de tratamento.

Quadro 13 - Objetivos para o Sistema de Esgotamento Sanitário da área indígena (CONTINUA).

Ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica (DVH), entre a população indígena.	ESI – 4	Instalação de sistemas completos de tratamento residencial convencional ou alternativos. Estruturação dos sistemas de escoamento de efluentes.
Ausência de serviços de instalação e manutenção de fossas sépticas.	ESI – 5	Oferecer subsídios operacionais e técnicos para alcançar índices de 100% das residências com sistemas regulares conforme a NBR 7.229/93 e NBR 13.969/97 ou Sistemas Ecológicos de tratamento.

Fonte: Autores (2019).

5.3 PADRÃO DE LANÇAMENTO PARA EFLUENTE FINAL

As características qualitativas do esgoto doméstico são dadas por parâmetros químicos, físicos e biológicos. Tais parâmetros devem obedecer a critérios de lançamento em cursos d'água, que são instituídos por legislação nacional, estadual e municipal.

Aos critérios da Resolução CONAMA 430/ 2011, os padrões de lançamento para o efluente final em corpo receptor são apresentados na Quadro abaixo:

Quadro 14 - Valores de concentração máxima para efluentes domésticos.

DBO5 (mgO2/L)		pH	SSed * (mg/L)	Temperatura
Concentração	Eficiência			(°C)
120	60%	5 - 9	1 mg/L	Máxima de 40

Fonte: Resolução CONAMA 430/2011.

* SSed (Sólidos Sedimentáveis): 1 mg/L em teste de 1 hora em cone Imhoff.

Os padrões de emissão exigidos pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental) para o efluente final de sistemas de tratamento de esgotos são regrados pela Resolução CONSEMA N° 355/2017, dispondo sobre o lançamento de esgoto em águas superficiais.

Nos Quadros 15 e Quadro 16, são apresentados os padrões de lançamento para efluentes líquidos domésticos.

Quadro 15 - Concentração máxima para efluentes domésticos de acordo com vazão.

Faixa de Vazão (m ³ /d)	DBO5 (mgO2/L)	DQO (mgO2/L)	SST (mg/L)	Coliformes Termo tolerantes	
				Concentração (NMP/100 mL)	Eficiência (%)
Q < 200	120	330	140	-	-
200 ≤ Q < 500	100	300	100	106	90
500 ≤ Q < 1000	80	260	80	105	95
1000 ≤ Q < 2000	70	200	70	105	95
2000 ≤ Q < 10000	60	180	60	104	95
10.000 ≤ Q	40	150	50	103	95

Fonte: CONSEMA 355/2017.

Segundo artigo 18 (Resolução CONSEMA 355/2017), podem ser estabelecidos critérios mais restritivos, pelo órgão ambiental competente, para a fixação dos padrões de emissão levando em consideração os seguintes aspectos: características físicas, químicas e biológicas; características hidrológicas; usos da água e enquadramento legal, desde que apresentada fundamentação técnica que os justifique.

Para efluentes sanitários, o órgão ambiental competente poderá exigir padrões de parâmetros fósforo e nitrogênio amoniacal em corpos receptores com registro de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público. Nestes casos, devem ser atendidos os valores de concentração estabelecidos ou eficiência mínima fixada.

Quadro 16 - Concentração e eficiência de remoção do parâmetro Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal em função da faixa de vazão.

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

Fonte: Resolução CONSEMA 355/2017.

Para o estabelecimento de padrões de lançamento pós tratamento individual dos esgotos domésticos, a NBR 13.969/97 estabelece eficiências de remoção conforme o tratamento preliminar, em conjunto com tanques sépticos, como mostra o Quadro 17.

Quadro 17 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico (em %).

Parâmetros	Filtro Anaeróbio Submerso	Filtro Aeróbio	Filtro de Areia	Vala de Infiltração	LAB	Lagoa com Plantas
DBO* _{5,20}	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO*	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
SSed *	≥ 70	≥ 90	100	100	90 a 100	100
N*	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
CF*	-	-	≥ 99	≥ 99,5	-	-

Fonte: NBR 13.969/97 (ABNT).

SSed * = Sólidos Sedimentáveis; N* = Nitrogênio amoniacal; CF* = Coliformes Fecais.

DQO* = Demanda Química de Oxigênio; DBO* = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

SNF* = Sólidos Não Filtráveis.

Efluentes provindos de sistemas tratamento podem ser lançados em galerias de águas pluviais, desde que sejam atendidos requisitos exigidos na NBR 13.969/97, como os parâmetros mínimos de lançamento prescritos no Quadro 18.

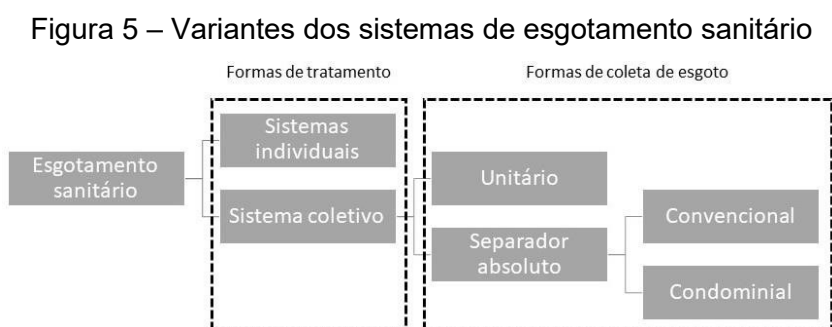
Quadro 18 - Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais.

Parâmetro	Valor
DBO _{5,20}	< 60 mg/L
DQO	< 150 mg/L
Oxigênio Dissolvido	> 1,0 mg/L
pH	Entre 6,0 e 9,0
Temperatura	< 40 °C
Sólidos sedimentáveis	< 0,5 mg/L
Sólidos não filtráveis totais	< 50 mg/L
Coliformes fecais	< 1000 NMP/100 mL
Óleos e graxas	< 50 mg/L

Fonte: NBR 13.969/97 (ABNT).

5.4 SUGESTÕES DE SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA A PROBLEMÁTICA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A necessidade de análise de alternativas para a escolha de técnicas de coleta e o tratamento de efluentes se deve ao grande número de tecnologias e sistemas disponíveis. A Figura 5 apresenta as variantes dos sistemas de esgotamento sanitário, contendo as formas de tratamento e de coleta.



Fonte: Adaptado de WARTCHOW (2018).

Os sistemas individuais são sistemas onde as fontes geradoras de esgoto, seu tratamento e disposição final apresentam proximidade entre si. Já em sistemas coletivos as estações de tratamento têm sua concepção normalmente em regiões descentralizadas das cidades, e contam com redes de tubulações interconectadas, estações de bombeamento entre outros artifícios para o deslocamento dos efluentes.

A remoção dos poluentes no tratamento prevê padrões de qualidade, conforme Von Sperling (2005), os mesmos estão associados aos conceitos de nível de tratamento e eficiência do tratamento. Usualmente, os tratamentos de esgotos são classificados através dos níveis apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 - Níveis de tratamento.

Nível de Tratamento	Descrição	Tipo de remoção
Preliminar	Remoção de constituintes dos esgotos como galhos, objetos flutuantes, areia e gordura que possam causar dificuldades operacionais ou de conservação nos processos ou operações unitárias de tratamento.	Mecanismos Físicos

Primário	Remoção dos sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica	
Secundário	Remoção da matéria orgânica e eventualmente nutriente (nitrogênio e fósforo)	Mecanismos Biológicos
Terciário	Remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos. Raramente usados no Brasil.	-

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1995.

5.4.1 Sistema coletivo

A implantação de um sistema coletivo de coleta e tratamento de esgoto doméstico do município de Tenente Portela foi elencado como meta no Plano Municipal de Saneamento Básico elaborado em 2015. No entanto, com a falta de estudos de viabilidade técnica e econômica, a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) sugeriu alternativas como o sistema individual de tratamento.

Exceto a isso, o Bairro Mutirão, que foi apontado no Plano Plurianual do triênio 2018-2021 para o município, se apresenta com alvo da iniciativa, viabilizando a construção de uma Estação de Tratamento de Efluentes, com reestruturação do sistema de esgotamento sanitário na área, por meio de recursos da CORSAN e do Governo Federal.

Diante de tal meta já instituída pelo município, serão abordadas possíveis configurações de Estações de Tratamento de esgoto tidas como possíveis soluções para atendimento das demandas do Bairro Mutirão, compostas por sistemas coletivos.

Uma estação de tratamento prevê várias unidades com diferentes níveis de tratamento. Normalmente, uma estação apresenta:

- Tratamento preliminar, realizado através de gradeamento e desarenação,
- Medidor de vazão;
- Tratamento primário, realizado através de um decantador, e;
- Tratamento secundário, que apresenta uma grande variedade de alternativas.

As formas de tratamento secundário mais utilizadas estão descritas brevemente nos quadros que seguem. Nos Quadros 20, 21, 22, 23 e 24 pode-se observar informações sobre diferentes alternativas de tratamento de esgoto.

Quadro 20 – Tipos de Lagoas de estabilização.

Tipo	Descrição
Lagoa Facultativa	A DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada com a presença de oxigênio por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através de fotossíntese.
Lagoa Anaeróbica + lagoa facultativa	A DBO é em torno de 50% estabilizada na lagoa anaeróbia (sem oxigênio; mais profunda e com menor volume), enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma lagoa facultativa.
Lagoa Aerada Facultativa	Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa é também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimenta, sendo decomposta anaerobiamente no fundo.
Lagoa aerada de mistura completa + lagoa de decantação	A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A grande concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, os efluentes contêm elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. A lagoa de decantação a jusante proporciona condições para essa remoção. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1995.

Quadro 21 – Lodos ativados e suas variantes

Tipo	Descrição
Lodos ativados convencional	Os sólidos (lodo) são recirculados do fundo da unidade de decantação, por meio de bombeamento, para a unidade de aeração. No tanque de aeração, devido à entrada contínua de alimento, na forma de DBO dos efluentes, as bactérias crescem e se reproduzem continuamente. Para manter o sistema em equilíbrio é necessário que se retire aproximadamente a mesma quantidade de biomassa que é aumentada por reprodução. O lodo permanece no sistema de 4 a 10 dias.
Lodos ativados com aeração prolongada	Se difere do sistema convencional devido o tempo em que o lodo permanece no sistema (20 a 30 dias). Para que a biomassa permaneça mais tempo, é necessário que o reator seja maior. Visto que a disponibilidade de alimento para as bactérias é menor que a da convencional, as bactérias, para sobreviver, passam a utilizar nos seus processos metabólicos a própria matéria orgânica, estabilizando o lodo no sistema. Normalmente não apresentam decantadores primários.
Lodos ativados com fluxo intermitente (batelada)	O processo consiste em um reator de mistura completa onde ocorrem todas as etapas do tratamento, através do estabelecimento de ciclos de operação com durações definidas. Não é necessário decantadores separados. Os ciclos de tratamento são: enchimento (entrada de esgoto bruto ou decantado no reator); reação (aeração/mistura da massa líquida contida no reator); sedimentação (sedimentação e separação dos sólidos em suspensão do esgoto tratado); esvaziamento (retirada do esgoto tratado do reator); repouso (ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente)

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1995.

Quadro 22 - Sistemas aeróbios com biofilmes.

Tipo	Descrição
Filtro de baixa carga	A DBO é estabilizada aerobiamente por bactérias que crescem aderidas a um suporte (comumente pedras). O esgoto é aplicado na superfície do tanque através de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque, saindo pelo fundo, ao passo que a matéria orgânica fica retida pelas bactérias. Os espaços livres são vazios, o que permite a circulação de ar. No sistema de baixa carga, há pouca disponibilidade de DBO para as bactérias, o que faz com que as mesmas sofram autodigestão, sendo estabilizadas pelo sistema. O sistema necessita de decantação primária.
Filtro de alta carga	Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a carga de DBO aplicada é maior. As bactérias (lodo excedente) necessitam de estabilização no tratamento do lodo. O efluente do decantador secundário é recirculado para o filtro, de modo a diluir o afluente e garantir uma carga hidráulica homogênea.

Biodisco	Em biodiscos a biomassa cresce aderida a um meio suporte, assim como em filtros biológicos. Este meio é provido por discos providos de rotação, ora com exposição da superfície ao líquido, ora ao ar.
----------	--

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1995.

Quadro 23 - Sistemas anaeróbios

Tipo	Descrição
Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB)	A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa, e o mesmo sai estabilizado.
Filtro anaeróbio	A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e em fluxo ascendente. O sistema requer decantação primária (frequentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1995.

Quadro 24 - Tipos de disposição no solo

Tipo	Descrição
Infiltração lenta	Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo, e a maior parte é absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são baixas. O líquido pode ser aplicado segundo os métodos da aspersão, do alagamento e da crista e vala.
Infiltração rápida	Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso e percola pelo solo. A perda pela evaporação é menor, face às maiores taxas de aplicação. A aplicação intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo. Os tipos mais comuns são: percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem subsuperficial e recuperação por poços freáticos.
Infiltração sub-superficial	O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre o tratamento. Os tipos mais comuns são as valas de infiltração e os sumidouros.
Escoamento superficial	Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente, os tipos de aplicação são: aspersores de alta pressão,

	aspersores de baixa pressão e tubulações ou canais de distribuição com aberturas intervaladas.
--	--

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1995)

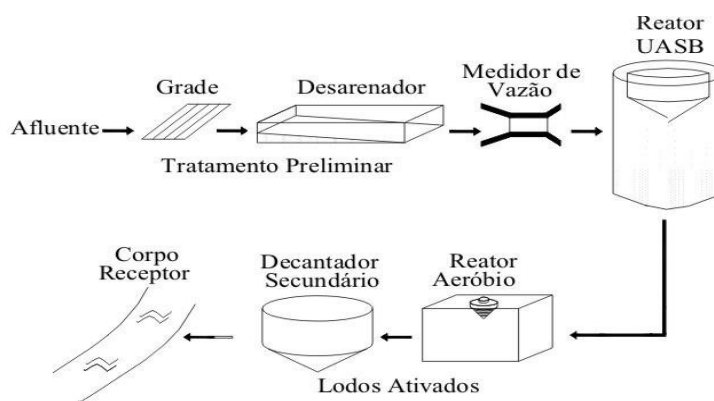
De acordo com Von Sperling (2006), a decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento dos efluentes deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa

A seguir, são apresentadas as principais características dos sistemas e unidades de tratamento utilizadas no modelo. Destaca-se que o conceito utilizado por Oliveira (2004) para a seleção dos tipos de estação de tratamento, prevendo a associação de sistemas anaeróbios seguidos de aeróbios.

5.4.1.1. Sistema 1 - UASB + Lodos Ativados

Este sistema possui a melhor estimativa de remoção de DBO do afluente, no entanto possui operação complexa. Von Sperling (2006), elenca as seguintes vantagens para o sistema de UASB seguido de lodos ativados: maior independência das condições climáticas; reduzidas possibilidades de maus odores; menor área dentre todos os sistemas; satisfatória resistência a variações de cargas. As desvantagens são: introdução de equipamentos; aumento do nível de sofisticação; requisitos de energia relativamente elevados; e necessária remoção contínua ou periódica de lodo. O fluxograma deste sistema pode ser visualizado na Figura 6 abaixo.

Figura 6 - UASB + Lodos Ativados.



Fonte: Von Sperling, 2006; apud última versão do modelo ETE_x (OLIVEIRA, 2004; LEONETI, 2009)

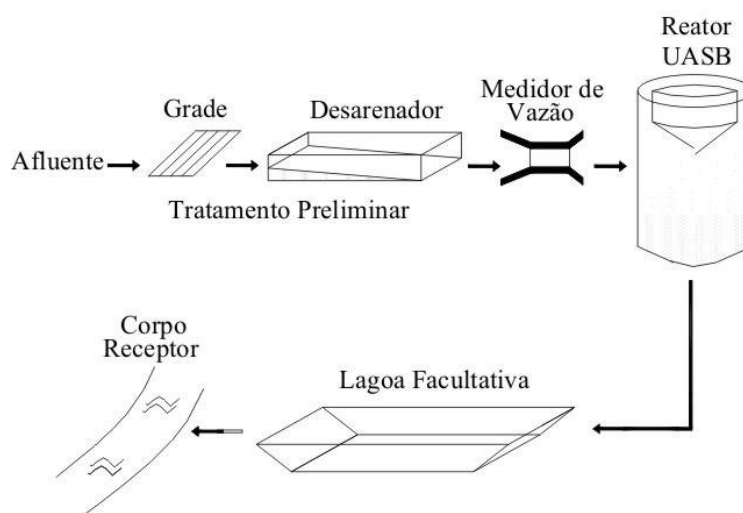
5.4.1.2 Sistema 2 - UASB + Lagoa facultativa

Este sistema, possui um reator em seu processo de tratamento, geralmente exige um tempo de detenção hidráulica relativamente alto, podendo ser considerado adequado para locais com pouco terreno disponível.

Segundo Von Sperling (2006), as principais vantagens do sistema de UASB seguido de lagoa facultativa são: maior eficiência na remoção de DBO; menores requisitos de área; baixos custos de implementação e operação; tolerância a afluentes concentrados; reduzido consumo de energia; possibilidade de uso energético do biogás; e baixíssima produção de lodo.

As desvantagens são: baixa eficiência na remoção de coliformes; possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável; e relativamente sensível a variações de cargas e compostos tóxicos. O fluxograma deste sistema pode ser visualizado na Figura 7 abaixo.

Figura 7 - UASB + Lagoa facultativa



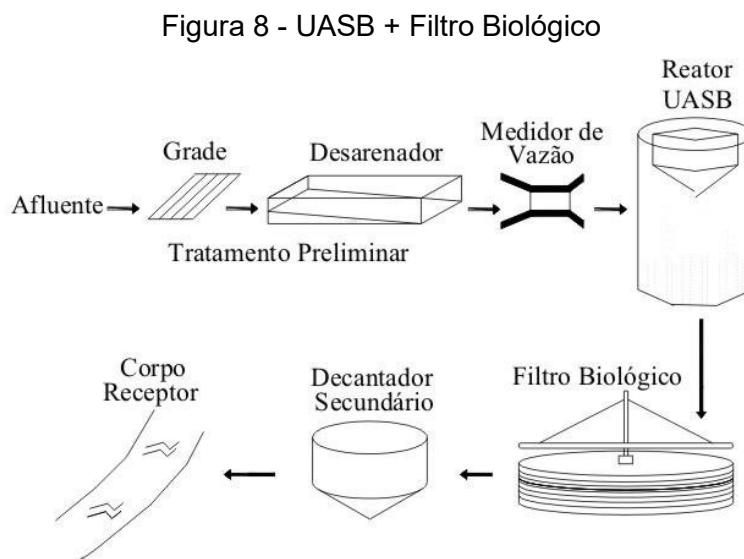
Fonte: Von Sperling (2006) apud última versão do modelo ETE_x (OLIVEIRA, 2004; LEONETI, 2009).

5.4.1.3 Sistema 3 - UASB + Filtro Biológico

Tal arranjo de sistema de tratamento possui uma das melhores estimativas de DBO efluente. Von Sperling (2006), elenca as seguintes vantagens para o sistema de UASB seguido de filtro biológico: maior independência das condições climáticas;

reduzidas possibilidades de maus odores; menor área dentre todos os sistemas; e satisfatória resistência a variações de cargas.

As desvantagens são: introdução de equipamentos; aumento do nível de sofisticação; requisitos de energia relativamente elevados; e necessária remoção contínua ou periódica de lodo. O fluxograma deste sistema pode ser visualizado na Figura 8 abaixo.



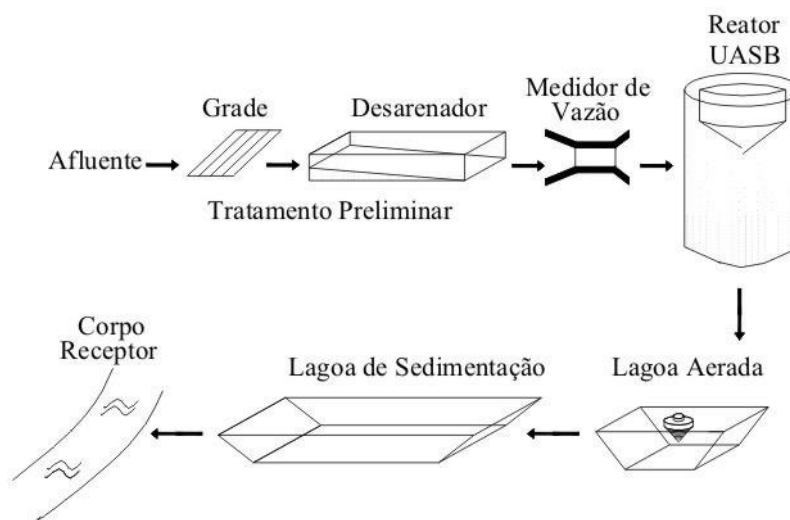
Fonte: Von Sperling (2006) apud última versão do modelo ETE_x (OLIVEIRA, 2004; LEONETI, 2009).

5.4.1.4 Sistema 4 - UASB + Lagoa aerada e de decantação

Este sistema possui semelhanças com o sistema composto por UASB seguido de lodos ativados, porém com redução do consumo de concreto e com efluente final de baixa concentração de DBO. Von Sperling (2006), elenca as seguintes vantagens para o sistema de UASB seguido de lagoa aerada e de decantação: maior independência das condições climáticas; reduzidas possibilidades de maus odores; menor área dentre todos os sistemas; e satisfatória resistência a variações de cargas.

As desvantagens são: introdução de equipamentos; aumento do nível de sofisticação; requisitos de energia relativamente elevados; e necessária remoção contínua ou periódica de lodo. O fluxograma deste sistema pode ser visualizado na Figura 9 abaixo.

Figura 9 - UASB + Lagoa aerada e de decantação



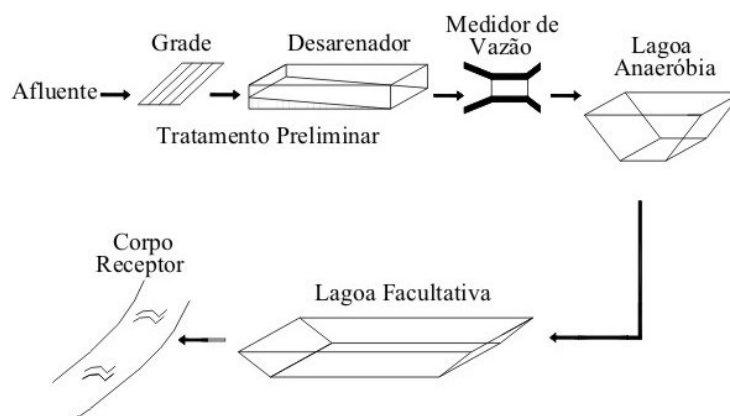
Fonte: Von Sperling (2006) apud última versão do modelo ETE_x (OLIVEIRA, 2004; LEONETI, 2009)

5.4.1.5 Sistema 5 - Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa

Também conhecido como sistema australiano, este arranjo de sistema de apesar de apresentar eficiência satisfatória, necessita de grande área para implantação. Segundo Von Sperling (2006), as principais vantagens do sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa são: construção, operação e manutenção simples; ausência de equipamentos mecânicos e contratação de técnicos especialistas; eficiência de 20 anos; e requisitos energéticos praticamente nulos.

Como desvantagens o autor cita: elevados requisitos de área; possibilidade de maus odores; dificuldade em satisfazer padrões de lançamento restritivos; eficiência variável conforme as condições climáticas; necessidade de afastamento mínimo de 600m de residências circunvizinhas. O fluxograma deste sistema pode ser visualizado na Figura 10 abaixo.

Figura 10 - Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa



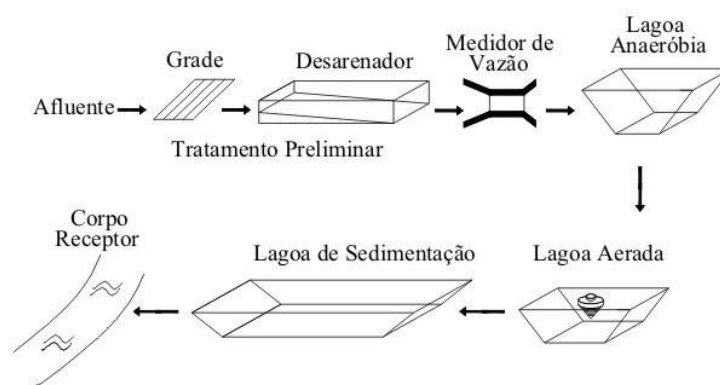
Fonte: Von Sperling (2006) apud última versão do modelo ETE_x (OLIVEIRA, 2004; LEONETI, 2009).

5.4.1.6 Sistema 6 - Lagoa anaeróbia + Lagoa aerada e de decantação

Este sistema é uma adaptação do sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa e tem como objetivo reduzir a área de implantação, via introdução de aeração. Von Sperling (2006), elenca as seguintes vantagens para o sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa aerada e de decantação: maior independência das condições climáticas; reduzidas possibilidades de maus odores; e satisfatória resistência a variações de cargas.

As desvantagens são: introdução de equipamentos; aumento do nível de sofisticação; requisitos de energia relativamente elevados; e necessária remoção contínua ou periódica de lodo. O fluxograma deste sistema pode ser visualizado na Figura 11 abaixo.

Figura 11 - Lagoa anaeróbia + Lagoa aerada e de decantação.



Fonte: Von Sperling (2006) apud última versão do modelo ETE_x (OLIVEIRA, 2004; LEONETI, 2009).

5.4.2 Sistema individual

Os sistemas individuais foram indicados através de estudos técnicos realizados por diversas instituições em parceria com a CORSAN, visando a solução para o esgotamento sanitário no município de Tenente Portela.

As vantagens de sistemas individuais quando comparados a sistemas coletivos se dão especialmente em cunho econômico-financeiro, levando em conta a viabilização de implantação em locais de baixa densidade demográfica e a resposta imediata aos problemas atuais do sistema de esgotamento sanitário.

Nesse contexto, a implantação de sistemas individuais como tanques sépticos, seguindo a NBR 7.229/1993, tendem a atender a demanda por uma solução adequada com vistas à universalização do serviço de esgotamento.

As soluções individuais, segundo a Lei 11.445/2007, não são tratadas como serviço público, sendo que os mesmos referentes a tratamento de efluentes abordam disposição final dos esgotos sanitários e dos lodos originários da operação de unidades de tratamento coletivas ou individuais, inclusive fossas sépticas.

O Ministério Público de Rio Grande do Sul, por meio de um Grupo de Trabalho realizado com os principais órgãos do saneamento do estado, e secretarias de obras, com objetivo de buscar avanços, no âmbito do projeto Ressanear, atendendo a Política Nacional de Saneamento, propôs diretrizes aos municípios para sistematizar e regulamentar o funcionamento efetivo do sistema individual de tratamento do esgoto sanitário.

Tendo por acordo responsabilidades do poder público a regulamentação por via legal, promovendo na ausência de serviço de coleta de esgotamento sanitário, a implantação de soluções individuais de tratamento, estabelecendo condições de instalação e limpeza, assim como o procedimento de cadastro das residências e rotina de fiscalização.

Ainda, é salientada a obrigatoriedade de avaliação da forma de prestação de serviços de remoção e transporte do lodo, estabelecendo a metodologia, de natureza pública ou privada e o local de disposição.

As adequações a serem efetuadas pelas residências do município de Tenente Portela, deverão seguir os critérios de projeto e construção da NBR 7.229/1993 e unidade de tratamento complementar e disposição final segundo a NBR 13.969/1997.

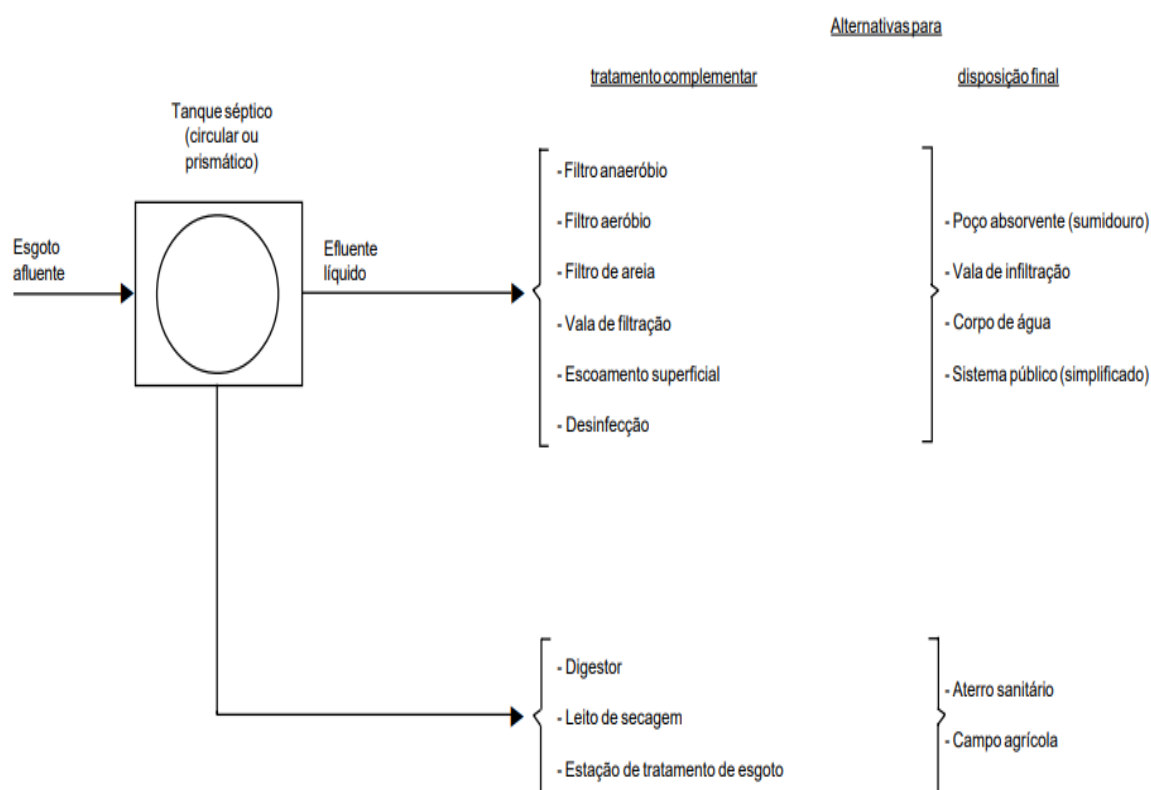
O sistema de limpeza das fossas é concomitante a demanda do usuário, já regulamentado pela AGERGS RN 042/2018, ou sob limpeza programada, ainda em processo de regulamentação pela AGERGS.

A limpeza de acordo com demanda será tarifada com valores referentes a vistoria, limpeza da fossa, tratamento e deslocamento.

Cada unidade de tratamento individual tem características peculiares de efluente, solo, nível do aquífero, condições climáticas do local, etc. Portanto, todos os projetos devem possuir Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e utilização mediante vistoria do Habite-se da edificação.

As principais configurações para sistemas com tanques sépticos são apresentadas na Figura 12 abaixo.

Figura 12 – Esquema geral de sistemas de tanques sépticos.



Fonte: NBR 7.229 (1993).

A seguir, são apresentadas as principais características dos sistemas e unidades de tratamento descritas na NBR 13.969/1997, complementares ao tanque séptico, que deverão ser implantadas nas residências do município de Tenente Portela.

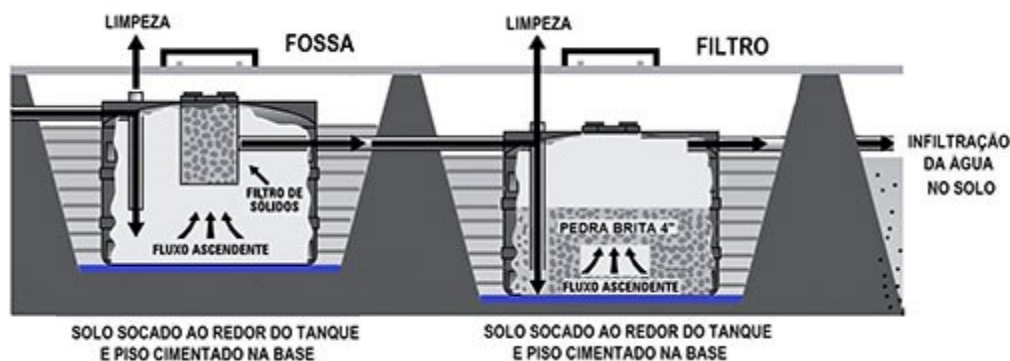
As alternativas citadas devem ser selecionadas de acordo com as necessidades e condições locais para implantação do sistema de tratamento, não havendo restrições quanto à capacidade de tratamento das unidades.

Em conformidade às necessidades locais, as alternativas citadas podem ser utilizadas complementarmente entre si, de modo a atender de forma legal e efetiva a proteção de mananciais hídricos, a critério do órgão fiscalizador competente.

5.4.2.1 Filtro anaeróbio

O filtro anaeróbio consiste em um reator biológico onde o efluente é depurado por meio de microrganismos não aeróbios, dispersos no reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Este é utilizado mais como retenção dos sólidos. Os materiais filtrantes de um filtro anaeróbio podem ser constituídos de brita, peças plásticas (em anéis ou estruturados) ou ainda outros materiais resistentes ao meio agressivo (NBR 13.969, 1997). A Figura 13 mostra a configuração tanque séptico + filtro anaeróbio.

Figura 13 – Configuração de tanque séptico + filtro anaeróbio.



Fonte: NaturalTec (2019)

5.4.2.2 Filtro aeróbio submerso

Segundo a NBR 13.969 (1993) o filtro aeróbio submerso é o processo de tratamento de esgoto que utiliza meio de fixação de microrganismos, imerso no reator, sendo o oxigênio necessário fornecido através de aeração, introduzida por dispersores de ar. Sua principal característica se dá na capacidade de fixar grandes quantidades de microrganismos nas superfícies do meio, reduzindo o volume do

reator biológico, permitindo depuração em nível avançado de esgoto, sem necessidade de recirculação de lodo, como ocorrem em lodos ativados.

5.4.2.3 Valas de filtração e filtros de areia

São processos clássicos de tratamento, que consistem na filtração do esgoto através de uma camada de areia, onde se processa a depuração por meio físico (retenção), e/ou bioquímico (oxidação), devido à fixação de microrganismos nas superfícies dos grãos de areia, tendo operação e manutenção complexas.

O sistema de vala de filtração se diferencia de um filtro de areia por não possuir área superficial exposta, sendo construído no próprio solo, podendo ter paredes impermeáveis.

O sistema de filtração se caracteriza por permitir nível elevado de remoção de poluentes, com operação intermitente, podendo ser utilizado nos seguintes casos:

- a) Havendo inviabilidade de características de solo e/ou condições climáticas do local para implementação vala de infiltração ou canteiro de infiltração/evapotranspiração, ou ainda não havendo área disponível;
- b) Exigência legal sobre disposição em corpos receptores de alta remoção de poluentes dos efluentes do tanque séptico;

5.4.2.4 Lodo ativado por batelada (LAB)

Processo de tratamento que consiste na retenção de esgoto em tanque reator, onde ocorre depuração e formação de flocos de microrganismos basicamente aeróbios, cujo oxigênio necessário é fornecido através de ar injetado por dispersores. Os flocos são separados do líquido tratado na fase de sedimentação no mesmo reator, drenando-se o efluente.

5.4.2.5 Lagoa com plantas aquáticas (Wetlands)

Lagoas onde é operação concomitante de amortização e proliferação de plantas, recomendada para locais com temperatura média anual inferior a 15°C, com baixa taxa de incidência solar ou com alta ocorrência de neblinas e névoas que possam reduzir a incidência solar direta.

Constitui baixo custo construtivo em relação à lagoas de estabilização; operacionalmente simples, com boa remoção de carga orgânica e de nutrientes.

5.4.2.6 Cloração

A cloração faz parte de uma série de alternativas para desinfecção de efluentes. Todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reuso, devem passar por processo de desinfecção. Sua aplicação deve ser efetuada de forma criteriosa, compatível com a qualidade do corpo receptor e segundo as diretrizes do órgão ambiental.

5.4.2.7 Disposição final dos efluentes de tanque séptico

A disposição final dos efluentes provindos de tanques sépticos podem ser complementares às técnicas de tratamento de efluente citadas acima. Sendo alternativas que resultam, ainda, na emissão do efluente tratado a serem dispostos em corpo receptor, elencados abaixo. É válido ressaltar o fato de que cada alternativa de disposição final deve ser avaliada quanto as características do solo, distância do aquífero, legislação nacional, estadual ou municipal (se existir), etc.

a) Vala de infiltração

Processo de tratamento/disposição final de efluente que consiste na percolação do mesmo no solo, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação). Por utilizar o solo como meio filtrante, o desempenho depende diretamente das características mesmo, assim como do seu grau de saturação.

Valas de infiltração podem ser utilizadas para disposição final de efluente líquido provindo de tanques sépticos domésticos, em locais com boa disponibilidade de área e, remota possibilidade de contaminação do aquífero. Não é recomendado o uso de vala de infiltração onde há elevada saturação de solo.

b) Canteiro de infiltração e de evapotranspiração

Processo que consiste na disposição final de efluente, tanto pelo processo de evapotranspiração, através de folhas de vegetação, quanto pelo processo de infiltração no solo.

O canteiro de infiltração e de evapotranspiração pode ser empregado em locais não propícios à simples infiltração. Este sistema permite também a evapotranspiração do líquido, reduzindo o volume final do esgoto.

O mesmo deve ser coberto de vegetação com raízes pouco profundas, com a finalidade de proteção para a estrutura canteiro e para acelerar a evapotranspiração.

A área do canteiro não deve ser arborizada e, se possível, o canteiro deve ser instalado em local aberto, com boa ventilação e insolação.

c) Sumidouro

O sumidouro é a unidade de percolação de disposição final do efluente proveniente normalmente de tanque séptico verticalizado. Devido tal característica, seu uso é favorável somente em áreas onde há profundidade considerável do aquífero, e, onde possa garantir a distância mínima de 1,50 m (exceto areia) entre o seu fundo e o nível máximo do aquífero.

Os critérios e as considerações principais seguem aquelas relativas às valas de infiltração, exceto no que tange ao processo aeróbio, uma vez que é difícil manter tal condição no interior do poço.

d) Galeria de águas pluviais

O efluente do sistema local de tratamento de esgoto pode ser lançado em galerias de águas pluviais, desde que satisfaça aos seguintes requisitos:

- a) possuir padrões de características físico-químicas e biológicas de lançamento ao corpo receptor.
- b) o padrão mínimo de lançamento na galeria deve ter características conforme o determinado em normas técnicas.
- c) todos os efluentes lançados em galerias de águas pluviais devem sofrer desinfecção.

d) deve ser dada autorização pelo órgão local competente para o lançamento do efluente tratado na galeria de águas pluviais.

e) Águas superficiais

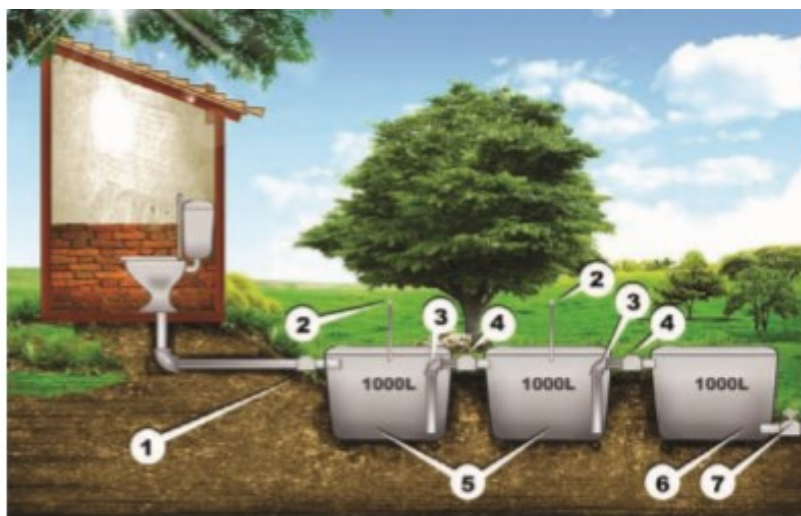
Os efluentes do sistema local de tratamento de esgotos, após tratados, podem ser lançados diretamente em águas superficiais, tais como rios, lagos, mares etc., observando os seguintes aspectos: qualidade do efluente, sendo tal que atenda aos parâmetros de lançamento ao corpo receptor, fixados na legislação federal, estadual ou municipal; Dispositivos de lançamento, devendo ser previstas proteções adequadas para o lançamento do efluente no corpo receptor, de modo a não causar erosão em margens e/ou obstrução no fluxo da água ou trânsito das pessoas.

5.4.2.8 Fossas biodigestoras

Fossas sépticas são sistemas simples desenvolvidos para o tratamento de efluentes sanitários, principalmente em residências rurais com até sete pessoas. Sendo um processo simples onde o efluente é disposto em um conjunto de três caixas interligadas incitando o processo de biodigestão, o qual reduz a carga de agentes biológicos nocivos à saúde humana.

Sendo o resultado acumulado na terceira caixa podendo ser utilizado como biofertilizante. Há facilidade de adaptação deste tipo de sistema em áreas rurais e indígenas, onde existe demanda por biofertilizantes. A Figura 14 apresenta a estrutura de uma fossa séptica biodigestor.

Figura 14 - Estrutura da fossa séptica biodigestora.



Fonte: Novaes, 2001

- 1 – Válvula de retenção
- 2 – Chaminé de alívio (suspiro)
- 3 – Curva de 90°
- 4 – "T" de inspeção
- 5 e 6 – Caixas de 1.000 ml
- 7 – Registro

Fonte: Embrapa, 2010.

5.5 ANÁLISE FINANCEIRA DAS PROPOSTAS

5.5.1 Sistemas individuais: Tanque séptico e sumidouro

Os sistemas individuais compostos por tanque séptico e sumidouro podem ser uma opção viável, do ponto de vista técnico e econômico tanto para a zona urbana quanto para a zona rural e indígena, tendo em vista aspectos já apresentados.

No âmbito técnico, para o projeto, construção e operação dos sistemas simplificados é imprescindível seguir determinadas normas da ABNT:

- NBR 13.969/97: Tanques sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação
- NBR 7.229/93: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos

O cálculo do volume útil do tanque séptico padrão a ser adotado para domicílios com até 3 ocupantes foram realizados com base na NBR 7.229/1993, resultando em um tanque com um volume mínimo de 1585 litros. De acordo com censo do IBGE

(2010), o número médio de habitantes permanentes por domicílios em Tenente Portela é de 3,16. O Quadro 25 apresenta os valores utilizados para o dimensionamento do tanque, considerando uma média de 3 ocupantes permanentes em residências da área urbana, rural e indígena.

Quadro 25 - Dimensionamento do tanque séptico padrão para a área rural.

Número de pessoas (N)	3	peças
Contribuição de despejos (C)	130	Litros/pessoa
Período de detenção (T)	1	dias
taxa de acumulação de lodo (K)	65	
taxa de acumulação de lodo (Lf)	1	Litros/pessoa.dia
Volume do tanque séptico (V)	1585	Litros

Fonte: TED FUNASA (2018)

5.5.1.1 Cálculo do volume do tanque séptico

A NBR 7.229/1993 estabelece condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado. Para o dimensionamento do tanque séptico a norma utiliza a equação abaixo:

$$V = 1000 + N * (C * T + K * Lf)$$

Onde:

V é o volume do tanque séptico;

N é o número de pessoas ou unidades de contribuição

C é a contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (ver Tabela 2)

T é o período de detenção, em dias (ver Tabela 3)

K é a taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (ver Tabela 4)

Lf é a contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (ver Tabela 1)

Nas Tabelas 2, 3 e 4 pode-se observar dados presentes na NBR 7.229/1993 que servem como critérios para estudos e dimensionamento de sistemas individuais de esgotamento sanitário.

Tabela 2 – Contribuição diária de esgoto (C) e lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e ocupante.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
		Unid.: L	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Fonte: NBR 7.229/1993.

Tabelas 3 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: NBR 7.229/93.

Tabela 4 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: NBR 7.229/93.

6 PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO A DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No presente capítulo desenvolveu-se uma prospecção, na qual são considerados aspectos de ordem técnica e ambiental. O cenário visa expor a relevância do planejamento e dimensionamento de galerias pluviais conforme critérios hidrológicos e urbanos. O desenvolvimento aplicado à drenagem e ao manejo de águas pluviais, objetiva atender os princípios de precaução e prevenção, contra problemas vinculados à falta de regulação, planejamento e implantação de um sistema de drenagem pluvial segundo diretrizes recomendadas nas normas técnicas, manuais, e diretrizes hidráulicas e hidrológicas.

6.1 CENÁRIO APLICADO A DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Conforme relatado no Capítulo 9 do Produto C - Diagnóstico Técnico-Participativo, o manejo das águas pluviais urbanas do município é de responsabilidade da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos – SMSU, a qual executa obras e melhorias do sistema de drenagem, tendo seus projetos elaborados pelo Departamento de Engenharia do Município de Tenente Portela.

O município não possui Plano Diretor que englobe Drenagem e Manejo de águas pluviais, tampouco cadastro e/ou mapeamento dos sistemas de drenagem existentes.

Segundo dados do SNIS, o município apresentou 4 enxurradas nos últimos 5 anos, tornando relevante o controle aprimorado acerca da gestão e manejo de águas pluviais, bem como a identificação e zoneamento de áreas de risco e com déficit de sistemas de drenagem.

A gestão de drenagem e manejo de águas pluviais requer monitoramento de áreas de impermeabilização, visto que a urbanização altera características de infiltração natural do solo, provoca diminuição da cobertura vegetal e conseqüentemente propicia o aumento do escoamento superficial.

A regulação, através de dispositivos legais no município, pode ser realizada, além da elaboração e seguimento de um plano diretos, em forma de manual de

drenagem pluvial simplificado e/ou através do incentivo a adoção de medidas estruturais como o uso de tecnologias de baixo impacto.

Fatores como a ocupação do solo, e o controle de erosão devem ser realizados seguindo critérios de impacto mínimo, prevendo desde a construção do projeto, métodos que propiciem a infiltração da água da chuva no próprio terreno.

Com base nos dados da Quadro 26, pode-se analisar os diferentes valores adotados para os coeficientes de escoamento superficial de acordo com o tipo de área e superfície.

Quadro 26 - Coeficientes de runoff para distintos tipos de áreas.

Descrição da área	Coefficiente de runoff
Área comercial central	0,70 a 0,95
Área comercial em bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
Residências isoladas	0,35 a 0,50
Unidades múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
Unidades Múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
Lotes com 2.000 m ² ou mais	0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área industrial leve	0,50 a 0,80
Área industrial pesada	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Áreas sem melhoramentos	0,00 a 0,30
Ruas com pavimento asfáltico	0,70 a 0,95
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
Média declividade (2% a 7%)	0,10 a 0,15
Forte declividade (7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (solos pesados)	
Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
Média declividade (2% a 7%)	0,20 a 0,25
Forte declividade (7%)	0,25 a 0,30

Fonte: TED FUNASA (2018)

Com base nos dados de intensidade pluviométrica, coeficiente de escoamento superficial e de área de contribuição das microbacias urbanas, é possível calcular a vazão de escoamento segundo a fórmula racional apresentada abaixo:

$$Q = 2,78 * C * I * A$$

Em que:

Q = vazão em L/S;

C = coeficiente de escoamento superficial (runoff);

I = intensidade pluviométrica em mm/hora;

A = área em hectares (a área urbana perfaz aproximadamente 7785,6 hectares).

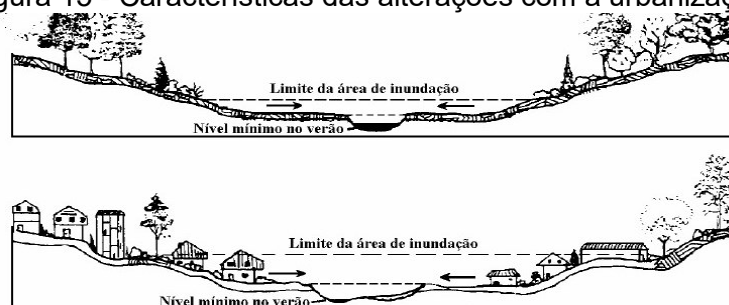
Os valores referentes a variáveis de intensidade pluviométrica, coeficiente de escoamento, área de contribuição e vazão de escoamento condizente a cada microbacia urbana do município, servem como base para o direcionamento correto na elaboração do manejo das águas pluviais e drenagem urbana local.

6.1.1 Diretrizes para o tratamento de fundos de vale e zoneamento

Fundos de vale é o ponto mais baixo de um relevo acidentado, onde são direcionados naturalmente os escoamentos das águas das chuvas. Neste ponto, forma-se uma calha natural com contribuição pluvial proveniente de todo seu entorno, com o auxílio de calhas secundárias.

Conforme Porto Alegre (2005), as inundações ocorrem, principalmente quando um curso d'água ocupa o seu maior leito, consequência de eventos chuvosos extremos. Este tipo de inundação é decorrência do processo natural do ciclo hidrológico. Os impactos sobre a população são causados principalmente pela ocupação inadequada do espaço urbano.

Figura 15 - Características das alterações com a urbanização.



Fonte: PORTO ALEGRE, 2005.

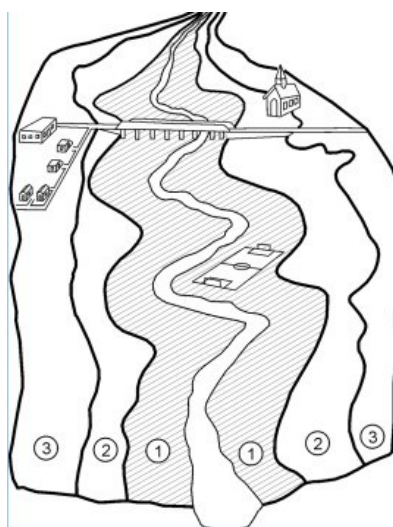
Com a finalidade de redução da ocupação de áreas ribeirinhas, sugere-se o regramento de ocupação por parcelamento de solo, onde, em anexo ao plano diretor, o objetivo, se dá por direcionar os usos do solo a áreas seguramente habitáveis, visando minimizar possíveis impactos associados à fenômenos naturais.

A metodologia consiste em definir faixas onde são definidos condicionantes desta ocupação, sinalizando principalmente áreas de risco.

CrITÉrios de ocupação são introduzidos ao Plano Diretor urbano, ou em legislação de diretrizes urbanas. Para elaboração do mesmo é indispensável a elaboração de estudos que preconizam a caracterização da área levando em conta topografia e os níveis recorrentes de inundações na cidade.

As faixas utilizadas são, conforme a Figura 16 a zona de passagem da inundação (1), a zona com restrição (2) e a zona de baixo risco (3).

Figura 16 – Faixas de ocupação.



Fonte: TED FUNASA (2018)

A primeira zona possui função hidráulica, sendo esta considerada área de preservação permanente e não deve ser ocupada. A zona com restrições tende a ficar inundadas, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribuem muito para a drenagem da enchente, tendo como uso: parques e atividades recreativas; agrícola; industrial e comercial, como áreas de carregamento, de estacionamento e de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou não sujeitos a danos de cheia.

O parcelamento de solo, deve seguir a modelagem exigida pelo Ministério Público, devendo incluir as áreas comerciais, urbanas, industriais, fundos de vale, áreas de alagamento potencial (próximo à rios, riachos, etc - chamadas áreas de risco), e APP's existentes, etc. O mesmo possibilita ao município identificar, com antecedência, áreas de risco que possam ser preservadas ou mesmo adquiridas.

6.2 CENÁRIO FUTURO

Para se alcançar a melhoria na eficiência operacional dos serviços de drenagem pluvial urbana, o Quadro 27 traz o cenário atual e os objetivos para o alcance do cenário futuro ao município de Tenente Portela.

Quadro 27 - Objetivos para Drenagem e Manejo de Águas Pluviais

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Carência de um plano específico de manutenção de Drenagem Urbana. Assoreamento de rios e córregos urbanos e rurais. (Ex: Córrego urbano Felpudo, Rio Filisbino). Falta de manutenção da drenagem rural e indígena (valas e escoamento de vias e estradas).	D-1	Elaboração de um Plano de manutenção corretiva e preventiva dos sistemas de drenagem
Ausência de Plano Diretor de Drenagem Urbana. Falta de mapeamento das estruturas na microdrenagem urbana. Necessidade de desenvolvimento de projetos de microdrenagem urbana. Informações escassas sobre microbacias hidrológicas urbanas. Falta de Monitoramento hidrológico de microbacias hidrográficas urbanas.	D-2	Elaboração de Plano Diretor de Drenagem Urbana
Descarte irregular de resíduos sólidos, acumulados em sistemas de drenagem.	D-3	Educação e sensibilização ambiental em relação ao descarte irregular de resíduos sólidos em vias e despejo clandestino de esgoto sanitário na drenagem.

Fonte: Autores (2019).

7 PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO APLICADO A LIMPEZA URBANA E AO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O desenvolvimento do prognóstico referente aos resíduos sólidos e da limpeza urbana tem como objetivo dar o suporte à gestão municipal, quanto a sustentabilidade do modelo de gestão a ser adotado.

7.1 PROJEÇÃO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Considerando os dados disponibilizados pelo CIGRES, apontando a evolução da geração de resíduos sólidos urbanos de Tenente Portela nos últimos anos, (Tabela 5) e da massa e percentual de material retido em 2018 (ver diagnóstico técnico-participativo), foi possível realizar a Projeção da Geração Total de RSU e da massa de resíduos triados e reciclados conforme horizonte do PMSB (Figura 17).

Tabela 5. Geração de RSU Tenente Portela (2010 - 2018)

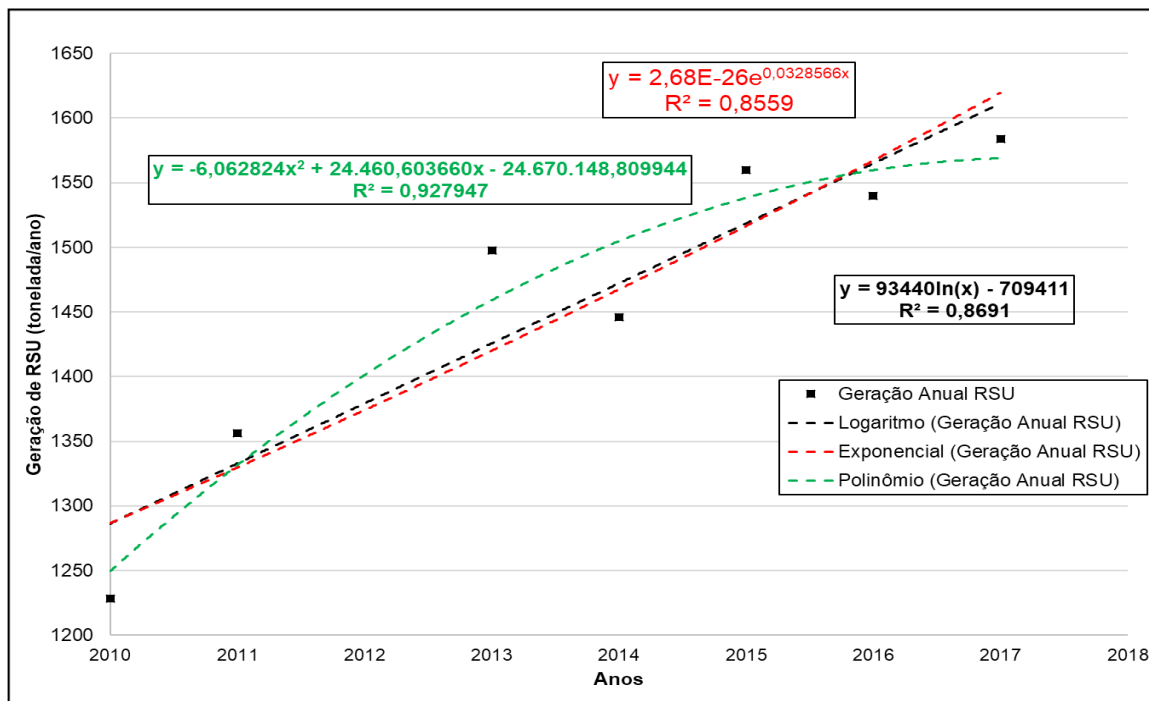
Ano	Tonetadas (RSU)
2010	1228,35
2011	1356,45
2013	1497,35
2014	1446,15
2015	1559,82
2016	1540,08
2017	1583,98
2018	1472,95

Fonte: Autores (2019).

Para realizar a projeção da geração dos resíduos sólidos adotou-se, de forma comparativa, 3 linhas tendenciais: polinomial, exponencial e tendência logarítmica (Figura 17 e 18).

A Figura 17 mostra uma comparação entre as Curvas de Calibração da Geração de Resíduos para o município de Tenente Portela através dos métodos polinomial, exponencial e logarítmico. Esses métodos servem para entender e estimar o comportamento da geração dos resíduos sólidos ao longo do horizonte de planejamento.

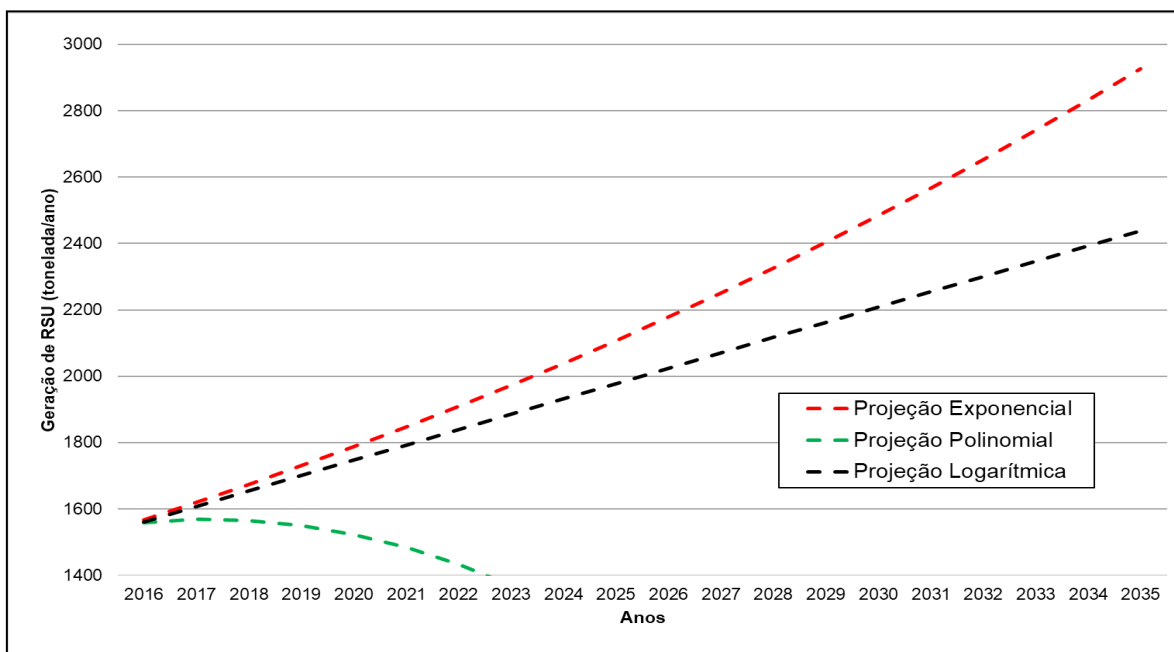
Figura 17. Gráfico Curva de Calibração da Projeção de Geração RSU – Tenente Portela.



Fonte: Autores (2019).

A Figura 18 mostra as linhas de projeção da geração de resíduos ao longo do horizonte de planejamento (2015 – 2035).

Figura 18. Métodos de projeção de RSU aplicados para o município de Tenente Portela.



Fonte: Autores (2019).

Com a utilização do software Excel, se fez possível a comparação das curvas de tendência por meio do índice de correlação entre os pontos (R^2) e identificar qual método tem maior coerência com a realidade aplicada aos resíduos.

Observando a Figura 15, pode-se observar que o método polinomial apresentou melhor resultado de correlação ($\cong 1$) entre os pontos ($R^2=0,927$), seguido do logarítmico ($R^2=0,869$) e do exponencial ($R^2=0,855$), no entanto, é possível observar na Figura 16, que a projeção polinomial não condiz com a realidade, no que diz respeito a geração de resíduos sólidos, apresentado declínio até a geração igual a zero logo no início da projeção.

Devido a tal fato, adotou-se o método logarítmico, o qual apresentou coeficiente de correlação satisfatório ($R^2=0,869$) e comportamento aplicado a realidade da geração de resíduos sólidos.

Tendo em vista que tanto município quanto o CIGRES não apresenta, controle e monitoramento regular da composição gravimetria dos resíduos gerados, adotou-se, com base no Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS, 2014), a composição gravimétrica dos RSU para municípios de até 50.000 habitantes, sendo 65% matéria orgânica, 20% de material seco reciclável e 15% de rejeito.

De acordo com o exposto no Plano Estadual de Resíduos Sólidos/RS (2014), é possível estimar o potencial de geração de RSD, de Tenente Portela, por tipologia, conforme horizonte do PMSB, tendo em vista a segregação eficiente dos resíduos (Quadro 29), e comparar ao atual percentual de material triado e reciclado (Quadro 28).

O comparativo entre os quadros 28 e 29, demonstra a ineficiência do programa de coleta seletiva dos resíduos, como já mencionado no Diagnóstico Técnico-Participativo do atual plano.

O coeficiente de triagem de resíduos se apresenta em 11%, sendo que município é dotado de potencial para atingir 20%. Os Quadros 30 e 31, apresentam a estimativa de geração de resíduos oriundos de logística reversa, resíduos de construção civil, volumosos, e de serviços de saúde.

A estimativa de geração, de acordo com o horizonte do plano, foi realizada com base nos dados representados no Guia para elaboração dos Planos de Gestão de

Resíduos Sólidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011). Considerando as seguintes taxas de geração:

Taxas de geração segundo Ministério do Meio Ambiente (2011):

Pilhas: 4,34 pilhas/hab. Ano;

Pneus: 2,9 kg/hab. Ano;

Baterias: 0,09 baterias/hab. Ano;

Lâmpadas fluorescentes: 4 unid. /Domicílio. Ano;

Eletroeletrônicos: 2,6 kg/ano per capita;

Resíduos Volumosos: 30,0 kg anuais per capita;

Resíduos de Construção Civil: 520 kg/hab. Ano;

Resíduos de Serviços de Saúde: 5 kg diários para cada 1000 habitantes;

Nos Quadros 28, 29, 30 e 31, pode-se observar a previsão de geração de RSU por tipologia, o potencial de geração de RSU por tipologia, a estimativa de geração de resíduos de logística reversa, de resíduos de construção civil, de resíduos de serviços de saúde e de resíduos volumosos.

Quadro 28 - Previsão de geração de RSU por tipologia conforme horizonte do PMSB.

Ano	Geração RSU			Resíduos Recicláveis											
	Total	Urbano	Rural	Total				Urbana				Rural			
				Plástico	Papel	Vidro	Metal	Plástico	Papel	Vidro	Metal	Plástico	Papel	Vidro	Metal
	tonelada/ano			tonelada/ano				tonelada/ano				tonelada/ano			
2018	1472,95	949,9	523,1	77,6	74,2	28,3	21,0	50,0	47,9	18,3	13,6	27,5	26,4	10,1	7,5
2019	1700,82	1096,8	604,0	79,7	76,3	29,1	21,6	51,4	49,2	18,8	13,9	28,3	27,1	10,3	7,7
2020	1747,08	1126,7	620,4	81,8	78,3	29,9	22,2	52,7	50,5	19,3	14,3	29,0	27,8	10,6	7,9
2021	1793,33	1156,5	636,8	83,9	80,3	30,6	22,8	54,1	51,8	19,8	14,7	29,8	28,5	10,9	8,1
2022	1839,55	1186,3	653,2	86,0	82,3	31,4	23,3	55,5	53,1	20,3	15,0	30,5	29,2	11,2	8,3
2023	1885,75	1216,1	669,6	88,1	84,3	32,2	23,9	56,8	54,4	20,8	15,4	31,3	29,9	11,4	8,5
2024	1931,93	1245,9	686,0	90,2	86,3	33,0	24,5	58,2	55,7	21,3	15,8	32,0	30,7	11,7	8,7
2025	1978,09	1275,6	702,4	92,3	88,4	33,7	25,0	59,5	57,0	21,7	16,1	32,8	31,4	12,0	8,9
2026	2024,22	1305,4	718,8	94,4	90,4	34,5	25,6	60,9	58,3	22,2	16,5	33,5	32,1	12,2	9,1
2027	2070,33	1335,1	735,2	96,5	92,4	35,3	26,2	62,2	59,6	22,7	16,9	34,3	32,8	12,5	9,3
2028	2116,41	1364,9	751,6	98,6	94,4	36,0	26,7	63,6	60,9	23,2	17,3	35,0	33,5	12,8	9,5
2029	2162,48	1394,6	767,9	100,7	96,4	36,8	27,3	65,0	62,2	23,7	17,6	35,8	34,2	13,1	9,7
2030	2208,52	1424,3	784,3	102,8	98,4	37,6	27,9	66,3	63,5	24,2	18,0	36,5	34,9	13,3	9,9
2031	2254,54	1453,9	800,6	104,9	100,4	38,3	28,5	67,7	64,8	24,7	18,4	37,3	35,7	13,6	10,1
2032	2300,53	1483,6	816,9	107,0	102,4	39,1	29,0	69,0	66,0	25,2	18,7	38,0	36,4	13,9	10,3
2033	2346,50	1513,2	833,3	109,1	104,4	39,9	29,6	70,4	67,3	25,7	19,1	38,7	37,1	14,2	10,5
2034	2392,45	1542,9	849,6	111,2	106,4	40,6	30,2	71,7	68,6	26,2	19,5	39,5	37,8	14,4	10,7
2035	2438,38	1572,5	865,9	77,6	74,2	28,3	21,0	50,0	47,9	18,3	13,6	27,5	26,4	10,1	7,5

Fonte: Autores (2019).

Quadro 29 - Potencial de geração de RSU por tipologia conforme horizonte do PMSB, se a coleta seletiva fosse eficiente.

Ano	Geração RSU			Rejeito	Resíduo Orgânico	Resíduos Recicláveis											
	Total	Urb.	Rur.			Urb.	Total				Urbana				Rural		
				Plástico	Papel		Vidro	Metal	Plástico	Papel	Vidro	Metal	Plástico	Papel	Vidro	Metal	
	tonelada/ano			tonelada/ano		tonelada/ano				tonelada/ano				tonelada/ano			
2018	1472,95	949,9	523,1	142,5	617,4	122,1	116,9	44,6	33,1	78,8	75,4	28,8	21,4	43,4	41,5	15,8	11,8
2019	1700,82	1096,8	604,0	164,5	712,9	141,0	135,0	51,5	38,3	91,0	87,0	33,2	24,7	50,1	47,9	18,3	13,6
2020	1747,08	1126,7	620,4	169,0	732,4	144,9	138,6	52,9	39,3	93,4	89,4	34,1	25,3	51,4	49,2	18,8	14,0
2021	1793,33	1156,5	636,8	173,5	751,7	148,7	142,3	54,3	40,3	95,9	91,8	35,0	26,0	52,8	50,5	19,3	14,3
2022	1839,55	1186,3	653,2	177,9	771,1	152,5	146,0	55,7	41,4	98,4	94,1	35,9	26,7	54,2	51,8	19,8	14,7
2023	1885,75	1216,1	669,6	182,4	790,5	156,4	149,7	57,1	42,4	100,8	96,5	36,8	27,4	55,5	53,1	20,3	15,1
2024	1931,93	1245,9	686,0	186,9	809,8	160,2	153,3	58,5	43,4	103,3	98,9	37,7	28,0	56,9	54,4	20,8	15,4
2025	1978,09	1275,6	702,4	191,3	829,1	164,0	157,0	59,9	44,5	105,8	101,2	38,6	28,7	58,3	55,7	21,3	15,8
2026	2024,22	1305,4	718,8	195,8	848,5	167,9	160,6	61,3	45,5	108,3	103,6	39,5	29,4	59,6	57,0	21,8	16,2
2027	2070,33	1335,1	735,2	200,3	867,8	171,7	164,3	62,7	46,6	110,7	106,0	40,4	30,0	61,0	58,3	22,3	16,5
2028	2116,41	1364,9	751,6	204,7	887,2	175,5	168,0	64,1	47,6	113,2	108,3	41,3	30,7	62,3	59,6	22,8	16,9
2029	2162,48	1394,6	767,9	209,2	906,5	179,3	171,6	65,5	48,6	115,6	110,7	42,2	31,4	63,7	60,9	23,3	17,3
2030	2208,52	1424,3	784,3	213,6	925,8	183,1	175,3	66,9	49,7	118,1	113,0	43,1	32,0	65,0	62,2	23,8	17,6
2031	2254,54	1453,9	800,6	218,1	945,0	187,0	178,9	68,3	50,7	120,6	115,4	44,0	32,7	66,4	63,5	24,3	18,0
2032	2300,53	1483,6	816,9	222,5	964,3	190,8	182,6	69,7	51,7	123,0	117,7	44,9	33,4	67,7	64,8	24,7	18,4
2033	2346,50	1513,2	833,3	227,0	983,6	194,6	186,2	71,1	52,8	125,5	120,1	45,8	34,0	69,1	66,1	25,2	18,7
2034	2392,45	1542,9	849,6	231,4	1002,9	198,4	189,9	72,5	53,8	127,9	122,4	46,7	34,7	70,5	67,4	25,7	19,1
2035	2438,38	1572,5	865,9	235,9	1022,1	202,2	193,5	73,9	54,8	130,4	124,8	47,6	35,4	71,8	68,7	26,2	19,5

Fonte: Autores (2019).

Quadro 30 - Estimativa da geração de Resíduos de Logística Reversa conforme horizonte do PMSB.

Ano	Pop. Total	Pilhas		Baterias		Lâmpadas fluorescentes			Eletroeletrônicos		Pneus	
		Taxa per capita de consumo	Geração Total estimada	Taxa per capita de consumo	Geração Total estimada	Taxa per capita de consumo	Número de domicílios	Geração Total estimada	Taxa per capita de consumo	Geração Total estimada	Taxa per capita de consumo	Geração Total estimada
	Hab.	(unid./ano)		(unid./ano)		(unid./domicílio.ano)	(dom./ano)	(unid./ano)	(kg/hab.ano)	(kg/ano)	(kg/hab.ano)	(kg/ano)
2018	13239	4,34	57459	0,09	1192	4,00	4190	16759	2,60	34422	2,90	38394
2019	13181	4,34	57204	0,09	1186	4,00	4171	16684	2,60	34270	2,90	38224
2020	13122	4,34	56950	0,09	1181	4,00	4153	16610	2,60	34118	2,90	38054
2021	13064	4,34	56697	0,09	1176	4,00	4134	16537	2,60	33966	2,90	37885
2022	13006	4,34	56446	0,09	1171	4,00	4116	16463	2,60	33815	2,90	37717
2023	12948	4,34	56195	0,09	1165	4,00	4098	16390	2,60	33665	2,90	37550
2024	12891	4,34	55946	0,09	1160	4,00	4079	16317	2,60	33516	2,90	37383
2025	12834	4,34	55698	0,09	1155	4,00	4061	16245	2,60	33367	2,90	37217
2026	12777	4,34	55450	0,09	1150	4,00	4043	16173	2,60	33219	2,90	37052
2027	12720	4,34	55204	0,09	1145	4,00	4025	16101	2,60	33072	2,90	36888
2028	12663	4,34	54959	0,09	1140	4,00	4007	16030	2,60	32925	2,90	36724
2029	12607	4,34	54715	0,09	1135	4,00	3990	15958	2,60	32779	2,90	36561
2030	12551	4,34	54472	0,09	1130	4,00	3972	15888	2,60	32633	2,90	36399
2031	12496	4,34	54231	0,09	1125	4,00	3954	15817	2,60	32488	2,90	36237
2032	12440	4,34	53990	0,09	1120	4,00	3937	15747	2,60	32344	2,90	36076
2033	12385	4,34	53750	0,09	1115	4,00	3919	15677	2,60	32201	2,90	35916
2034	12330	4,34	53512	0,09	1110	4,00	3902	15607	2,60	32058	2,90	35757
2035	12275	4,34	53274	0,09	1105	4,00	3885	15538	2,60	31916	2,90	35598

Fonte: Autores (2019).

Quadro 31- Estimativa da geração de RCC, Volumosos e RSS conforme horizonte do PMSB.

Ano	População Total	Resíduos de Construção Civil		Resíduos Volumosos		Resíduos de Serviços de Saúde	
		Geração per capta	Geração estimada	Geração per capta	Geração estimada	Geração per capta	Geração estimada
	Habitantes	(ton./hab.ano)	(ton./ano)	(kg/hab.ano)	(ton./ano)	(kg/1000 hab.d)	(ton./ano)
2018	13239	0,52	6884	30	397	5	24,16
2019	13181	0,52	6854	30	395	5	24,05
2020	13122	0,52	6824	30	394	5	23,95
2021	13064	0,52	6793	30	392	5	23,84
2022	13006	0,52	6763	30	390	5	23,74
2023	12948	0,52	6733	30	388	5	23,63
2024	12891	0,52	6703	30	387	5	23,53
2025	12834	0,52	6673	30	385	5	23,42
2026	12777	0,52	6644	30	383	5	23,32
2027	12720	0,52	6614	30	382	5	23,21
2028	12663	0,52	6585	30	380	5	23,11
2029	12607	0,52	6556	30	378	5	23,01
2030	12551	0,52	6527	30	377	5	22,91
2031	12496	0,52	6498	30	375	5	22,80
2032	12440	0,52	6469	30	373	5	22,70
2033	12385	0,52	6440	30	372	5	22,60
2034	12330	0,52	6412	30	370	5	22,50
2035	12275	0,52	6383	30	368	5	22,40

Fonte: Autores (2019).

Os valores apresentados nos quadros acima, são estimativas para fins de projeção para demandas de serviços e manejo de resíduos sólidos, porém é de responsabilidade do município elaborar, ao longo do horizonte, o planejamento, estruturação, melhoria e a sistematização dos dados de geração dos tipos de resíduos gerados, afim de estabelecer suas próprias taxas e indicadores de monitoramento.

7.2 CENÁRIO ATUAL E FUTURO PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (RSD) NA ÁREA URBANA

Na área urbana do município de Tenente Portela, em relação aos resíduos sólidos domiciliares, o município não possui controle da quantidade e distribuição de coletoras (mapeamento), o que dificulta o gerenciamento dos resíduos e aumenta a probabilidade de disposição inadequadas dos mesmos.

Apesar da frequência de coleta na área urbana ser diária (dias alternados de coleta entre resíduos recicláveis e orgânicos), a coleta seletiva não apresenta eficiência. Resíduos orgânicos representam maior custo para o município para destinação ao CIGRES, em virtude de representar o maior percentual em massa destinada.

É essencial que haja maior implantação de campanhas, projetos e ações de educação e conscientização ambiental para a correta separação e destinação dos resíduos sólidos, salientando a importância da coleta seletiva e a implementação de técnicas como a compostagem (ver síntese das necessidades e problemas no Diagnóstico Técnico-Participativo).

No Quadro 32, é possível observar a situação contextual do município, bem como a proposição de um cenário futuro com vistas à melhorias na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares na área urbana.

Quadro 32 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos RSD na área urbana.

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Baixa Eficiência de Programas de Coleta Seletiva.	RS – 1	Criação de incentivos e estratégias para a ampliação da participação da população na coleta seletiva, e na utilização de compostagem doméstica.
	RS – 2	Orientar comunidades sobre a segregação e destinação dos resíduos domésticos
	RS – 3	Promover projetos, oficinas e ações de educação ambiental em comunidades indígenas e rurais, e conscientizar as comunidades sobre a segregação de resíduos.

Ausência de Associação de Catadores no município.	RS - 7	Promover ações de inclusão ao apoio da formação de cooperativas ou associação de catadores no município.
	RS - 8	Promover um programa de registro de catadores no município.
Ausência do mapeamento e planejamento de rotas de coleta dos resíduos sólidos na zona urbana.	RS - 10	Identificar regiões não atendidas pelos serviços de coleta, promovendo melhorias nas rotas de coletas, na área urbana.
Ausência de mapeamento e controle da quantidade e distribuição das coletoras (lixeiros).	RS - 13	Promover o melhor gerenciamento das estruturas de acondicionamento de resíduos sólidos na área urbana.
Ausência de estudo detalhado sobre o atendimento ou não da demanda de RSD gerados pelas estruturas de acondicionamento atuais da zona urbana.		
Necessidade de identificação de localidades em que ocorre a disposição inadequada e o acúmulo de resíduos sólidos no meio urbano.	RS - 14	Mapear e realizar o isolamento e limpeza de áreas com acúmulo e disposição inadequada resíduos sólidos, bem como a recuperação e tratamento das áreas, caso necessário.
Ineficiência do controle sobre a característica da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados no município.	RS - 15	Acompanhar, no decorrer do plano, a evolução dos percentuais de resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos gerados no município e reduzir o custo anual com a destinação e disposição final dos RSU ao CIGRES.
Alto custo anual para a destinação e disposição final dos RSU ao CIGRES.		
Necessidade de maior controle sobre a geração e o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em estabelecimentos como: Restaurantes, Padaria e Lancherias.	RS - 16	Garantir a gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados nos estabelecimentos como Padarias, Lancherias e Restaurantes, frisando principalmente o destino correto do óleo de cozinha usado.

Fonte: Autores (2019).

7.3 CENÁRIO ATUAL E FUTURO PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (RSD) NA ÁREA RURAL

Na área rural do município de Tenente Portela, a frequência da coleta dos resíduos ocorre mensalmente, considerada insuficiente, fato que pode estar intensificando a prática da queima, enterro e a disposição inadequada dos resíduos sólidos principalmente na zona rural, problemas fortemente diagnosticados no meio rural.

A elaboração de oficinas, campanhas e ações, estratégicas, em conjunto com a EMATER, visando a educação ambiental frente a importância da separação e destinação adequada dos resíduos domiciliares, bem com o incentivo ao uso da compostagem doméstica como destino aos resíduos orgânicos gerados em zonas rurais são algumas das demandas para as melhorias do cenário atual (ver síntese das necessidades e problemas no Diagnóstico Técnico-Participativo). No Quadro 33, pode-se observar o cenário atual vivenciando no município de Tenente Portela, bem como o cenário futuro proposto para que ocorra as melhorias na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares na área rural.

Quadro 33 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos RSD na área rural.

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Ocorrência da destinação inadequada dos resíduos sólidos por meio da queima, enterro e disposição em terrenos baldios.	RS – 3	Promover projetos, oficinas e ações de educação ambiental nas comunidades indígenas e rurais, e conscientizar as comunidades sobre a segregação dos resíduos.
Baixa frequência na coleta de resíduos (mensal).	RS – 9	Aumentar a frequência de coleta de resíduos sólidos no meio rural.
Ausência do mapeamento das rotas de coleta dos resíduos sólidos na zona rural.	RS – 10	Identificar regiões não atendidas com os serviços de coleta, e promover melhorias nas rotas de coletas, na área rural
Ausência de análise ou estudo referente a necessidade da implantação/adequação de novas estruturas para o acondicionamento de resíduos em regiões estratégicas da zona rural.	RS – 12	Promover o aumento/adequação das estruturas de acondicionamento de resíduos na área rural.

Necessidade de identificação de localidades em que ocorre a disposição inadequada e o acúmulo de resíduos sólidos no meio rural.	RS – 14	Mapear e realizar o isolamento de áreas com acúmulo e disposição inadequada resíduos sólidos, bem como a recuperação das áreas, caso necessário.
--	---------	--

Fonte: Autores (2019).

7.4 CENÁRIO ATUAL E FUTURO PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (RSD) NA ÁREA INDÍGENA

Na área indígena do município de Tenente Portela, a frequência da coleta dos resíduos ocorre mensalmente, sendo considerada insuficiente. Há deficiência em estruturas para o acondicionamento dos resíduos e de programas e ações de educação ambiental. Tais fatos são intensificadores de práticas da queima, enterro e a disposição inadequada dos resíduos sólidos, ao quais são problemas fortemente diagnosticados na área indígena.

A elaboração de oficinas, campanhas e ações estratégicas, em conjunto com o SESAI, visando a educação ambiental frente a importância da separação e destinação adequada dos resíduos domiciliares, bem com o incentivo ao uso da compostagem doméstica para destinação de resíduos orgânicos gerados são sugestões a serem consideradas para efetuar melhorias no sistema de funcionamento atual (ver síntese das necessidades e problemas no Diagnóstico Técnico-Participativo).

No Quadro 34, pode-se observar o cenário atual vivenciado no município de, bem como o cenário futuro proposto para gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares na área rural.

Quadro 34 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos RSD na área indígena.

CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO FUTURO	
	CÓDIGO	OBJETIVO
Ocorrência da destinação inadequada dos resíduos sólidos por meio da queima, enterro e disposição em terrenos baldios.	RS – 3	Promover projetos, oficinas e ações de educação ambiental nas comunidades indígenas e rurais, e conscientizar as comunidades sobre a segregação dos resíduos.
	RS – 4	Fortalecer a implementação da coleta seletiva nas comunidades indígenas e rurais.

Baixa frequência na coleta de resíduos (mensal).	RS – 9	Aumentar a frequência de coleta de resíduos sólidos no meio rural.
Déficit de estruturas para o acondicionamento temporário de resíduos nos setores/comunidades indígenas.	RS – 11	Promover o acréscimo e melhoria das estruturas de acondicionamento de resíduos na área indígena.
Necessidade de identificação de localidades em que ocorre a disposição inadequada e o acúmulo de resíduos sólidos na área indígena.	RS – 14	Mapear e realizar o isolamento de áreas com acúmulo e disposição inadequada resíduos sólidos, bem como a recuperação das áreas, caso necessário.

Fonte: Autores (2019).

7.5 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS DE LOGÍSTICA REVERSA

Os cenários devem prever a promoção da logística reversa no município. De acordo com a Lei nº 12.305/2010, há obrigatoriedade em estruturar e implementar sistemas de logística reversa, consistida no retorno de subprodutos gerados pelo consumidor, independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, direcionado aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

- a) Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso;
- b) Pilhas e baterias;
- c) Pneus;
- d) Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- e) Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- f) Produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

No Quadro 35, pode-se observar o cenário atual dos resíduos de logística reversa no município de Tenente Portela, bem como o cenário futuro proposto para melhorias.

Quadro 35 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos de Logística Reversa.

CENÁRIO ATUAL	CÓDIGO	CENÁRIO FUTURO
		OBJETIVO
Inexistência de Ecopontos para os resíduos de logística reversa (pilhas, baterias, lâmpadas, óleos Lubrificantes, pneus e eletroeletrônicos).	RS - 6	Sensibilizar e orientar a população, comerciantes e distribuidores de materiais que se enquadram na logística reversa, quando as responsabilidades de cada um no gerenciamento dos mesmos. Assim como prever a instalação de Ecopontos para alocação de tais resíduos.
Necessidade de maior fiscalização sobre a Logística Reversa das Embalagens de Agrotóxicos.	RS - 21	Garantir a Logística Reversa de materiais passíveis a logística reversa, como um todo.
Necessidade de maior fiscalização sobre a Logística Reversa dos pneumáticos.		

Fonte: Autores (2019).

7.6 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Ao considerar resíduos da construção civil (RCC), cabe ao geradores objetivar a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada. Os RCC, conforme Resolução CONAMA 307/2002 e com modificações dadas pela Resolução CONAMA 348/2004, 448/2012 e 469/2015, são classificados em:

Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;

Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde

No Quadro 36, pode-se observar o cenário atual dos resíduos de construção civil no município de Tenente Portela, bem como o cenário futuro proposto para melhorias.

Quadro 36 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos de Construção Civil.

CENÁRIO ATUAL	CÓDIGO	CENÁRIO FUTURO
		OBJETIVO
Ineficiência no controle e fiscalização sobre a coleta, transporte e destinação final dos resíduos de construção civil nas obras.	RS – 17	Garantir o gerenciamento adequado dos resíduos de construção civil, de modo a suprir as necessidades existentes no contexto municipal.
Inexistência de iniciativas para o reaproveitamento e redução dos resíduos de construção civil.		
Ineficácia no controle sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil.		

Fonte: Autores (2019).

7.7 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE

Quanto à gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde, o instrumento primordial para o seu regramento é o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS, estabelecido pelas Resoluções RDC N° 306/2004 e RDC N° 222/2018. De

acordo com as resoluções, todo gerador deve prever a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS, baseado nas características dos resíduos gerados e na sua classificação, estabelecendo as diretrizes de manejo dos RSS.

No Quadro 37, pode-se observar o cenário atual sobre o manejo dos Resíduos de Serviços de Saúde no município de Tenente Portela, bem como o cenário futuro proposto para melhorias.

Quadro 37 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos de Serviços de Saúde.

CENÁRIO ATUAL	CÓDIGO	CENÁRIO FUTURO
		OBJETIVO
Insuficiência na cobrança de PGRSS nos Postos/Unidades de Saúde e demais empreendimentos geradores de resíduos de serviços de saúde.	RS – 18	Garantir por vias eficientes o gerenciamento adequado dos resíduos de serviços de saúde.
Falta de controle de dados para melhoria da gestão dos resíduos de serviços de saúde (RSS).		

Fonte: Autores (2019).

7.8 CENÁRIO FUTURO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS

O município de Tenente Portela, apresenta como principais geradores de resíduos agrossilvopastoris as atividades de suinocultura, avicultura e bovinocultura. Após o tratamento em esterqueiras e/ou biodigestores, os resíduos das atividades de suinocultura e bovinocultura são destinados ao solo agrícola como fonte de adubação.

No Quadro 38, está proposto algumas estratégias/objetivos para incentivar o correto tratamento dos dejetos animais, e o seu aproveitamento energético.

Quadro 38 – Cenário Atual e Cenário Futuro proposto aos Resíduos Agrossilvopastoris.

CENÁRIO ATUAL	CÓDIGO	CENÁRIO FUTURO
		OBJETIVO
O uso de biodigestores para o tratamento dos dejetos, principalmente da atividade de suinocultura, ainda é pouco representativo em relação às demais formas de tratamento.	RS - 19	Reduzir e controlar os impactos causados pelo manejo incorreto de dejetos de suínos, aves e bovinos confinados.
Necessidade de maior controle sobre o manejo dos resíduos agrossilvopastoris.		

Fonte: Autores (2019).

7.9 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E REGRAS PARA TRANSPORTE

Geradores de resíduos sólidos, definidos no Artigo 20 da Lei 12.305/2010, sejam eles pessoas físicas ou jurídicas, são responsáveis pela implementação e operacionalização integral do plano de gerenciamento de resíduos sólidos aprovado pelo órgão competente, sendo este, parte integrante do processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade. Os conteúdos mínimos do plano de gerenciamento são definidos no Artigo 21 da Lei 10.305/2010. Estão sujeitos a elaboração do plano os geradores de resíduos sólidos:

- a) Dos serviços públicos de saneamento básico, como exemplo, pode-se citar resíduos das estações de tratamento de água e de esgoto;
- b) Industriais: gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- c) Serviços de saúde: gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e do SNVS (Sistema Nacional da Vigilância Sanitária);
- d) De mineração: gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

Também deverão prever a elaboração do plano de gerenciamento os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que:

a) Caracterizem geração resíduos perigosos;

b) Possam gerar resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;

Além das empresas de construção civil, conforme regulamento ou normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelo órgão competente do Sisnama, do SNVS ou do Suasa.

Ao se tratar de regras para o transporte dos resíduos, é importante considerar as seguintes normativas que versam sobre o tópico:

ABNT NBR 7500 – Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos;

ABNT NBR 7501 – Transporte terrestre de produtos perigosos – Terminologia;

ABNT NBR 13.463/95 – Coleta de resíduos sólidos – Classificação;

ABNT NBR 12.807/93 - Resíduos de serviços de saúde – Terminologia;

Resolução CONAMA Nº 05/1993 – Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.

Resolução CONAMA Nº 358/2005 - Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

No âmbito estadual, a Portaria emitida pela FEPAM (Nº 033/2018) aprova o Sistema de Manifesto de Transporte de Resíduos – Sistema MTR Online, tornando-o obrigatório, no transporte terrestre.

7.10 ANÁLISE FINANCEIRA DO CENÁRIO

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) apresenta um método simplificado para cálculo da taxa de manejo de resíduos sólidos urbanos, o qual serve como suporte para a sustentabilidade econômica na prestação de serviços que envolvem resíduos sólidos (BRASIL, 2013).

O MMA disponibiliza tabelas automáticas em formato Excel, onde é possível o realizar o preenchimento e a atualização de informações e, garantir a cobrança de taxas que assegurem a sustentabilidade econômica do sistema ao longo do tempo. O acesso da tabela para o cálculo da taxa se encontra disponível para download no link: <https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Exemplo-Planilha-Calculo-TAXA-RSU.xls>. Um exemplo da tabela e da metodologia passo a passo para o cálculo, se é demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Cálculo da taxa de manejo de resíduos sólidos urbanos.

A	População	hab	15.000,00
B	Economias	-	3.000,00
C	Geração de resíduos domésticos	kg/hab.dia	0,90
D	Geração da cidade	ton/mês	405,00
E	Investimento - coleta convencional	R\$	520.000,00
F	Investimento - coleta seletiva e tratamento	R\$	600.000,00
G	Investimento - disposição final	R\$	1.000.000,00
H	Repasse não oneroso da União ou Estado para resíduos sólidos	R\$	1.200.000,00
I	Valor total do investimento	R\$	920.000,00
J	Operação da coleta convencional	R\$/mês	16.000,00
K	Operação da coleta seletiva e tratamento	R\$/mês	2.000,00
L	Operação da disposição final	R\$/mês	25.000,00
M	Resíduos da coleta convencional	%	90%
N	Resíduos da coleta seletiva	%	10%
O	Operação da coleta convencional	R\$/ton	43,90
P	Operação da coleta seletiva e tratamento	R\$/ton	49,38
Q	Operação da disposição final	R\$/ton	68,59
R	Custo operacional total	R\$/mês	43.000,00
S	Prazo de pagamento	anos	15,00
T	Taxa de financiamento dos investimentos	mensal-%	0,9%
U	Pagamento do financiamento - investimentos	R\$/mês	10.341,44
V	Valor da taxa	RS/economia.mês	17,78
X	Faturamento	R\$/mês	53.341,44

Fonte: BRASIL (2013).

A metodologia utilizada na Tabela acima segue os seguintes passos:

Passo 1: levantamento de dados básicos do município.

- A - População: número de habitantes;
- B - Economias: Conforme cadastro do IPTU: somar residências, comércios e indústrias; e
- C - Geração de resíduos sólidos domésticos: massa por pessoa por dia.
- D – Geração da Cidade.

Equação realizada pela tabela:

$$D = A * C * \frac{30}{1000}$$

Passo 2: definição do valor presente dos investimentos (obras e equipamentos).

- E - Coleta Convencional: veículos coletores, garagem etc;
- F - Coleta Seletiva e tratamento: veículos, PEV Central etc;
- G - Disposição Final: projetos, licenças, obras e equipamentos do Aterro Sanitário;
- H - Repasses não onerosos da União ou Estado.
- I – Valor total do investimento.

Equação realizada pela tabela:

$$I = E + F + G - H$$

Passo 3: definição dos Custos Operacionais mensais considerando a contratação direta ou indireta (concessão).

- J - Coleta Convencional: combustíveis, mão-de-obra, EPIs etc;
- K - Coleta Seletiva e tratamento: combustíveis, mão-de-obra, EPIs, materiais etc;
- L - Disposição Final: combustíveis, mão-de-obra, EPIs, energia elétrica, materiais, análises laboratoriais etc.
- M – Porcentagem Resíduos na Coleta Convencional;
- N - Porcentagem Resíduos na Coleta Seletiva;
- O – Operação da Coleta Convencional;
- P – Operação da Coleta Seletiva e Tratamento;
- Q – Operação da Disposição Final;
- R – Custo operacional total.

Equações realizadas pela tabela:

$$O = \frac{J}{D * M} \quad P = \frac{K}{D * N} \quad Q = \frac{L}{D * M} \quad R = J + K + L$$

Passo 4 e 5: parâmetros para financiamento e cálculo da Taxa.

S - Prazo de pagamento;

T - Taxa de financiamento dos investimentos (inclui juros e inflação);

U - Pagamento do financiamento – investimento;

V – Valor da Taxa;

X – Faturamento.

Equações realizadas pela tabela:

$$U = \frac{I \times T}{1 - \frac{1}{1 + T^{12 * S}}}$$

$$V = \frac{R + U}{B}$$

$$X = V * B$$

8 PREVISÃO DE EVENTOS DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA

Exigida entre os itens mínimos necessários em um Plano de Saneamento Básico, a previsão de eventos de emergência e contingência consta citada nos quatro eixos do saneamento.

As ações de emergência e contingência permitem prever ações necessárias com a finalidade de minimizar possíveis impactos provocados em situações de falhas e problemáticas relacionados aos serviços.

Este item busca definir possíveis eventos de emergência e, consequentes ações visando amenizar e/ou solucionar o problema. Os Quadros 39, 40, 41, 42, 43 e 44 a seguir, apresentam a relação destes eventos e possíveis ações adotadas para os quadros eixos do saneamento básico.

Quadro 39 – Ações de emergências e contingências para o setor de abastecimento de água.

ALTERNATIVAS PARA EVITAR PARALISAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Falta de água generalizada	Inundação das captações de água com danificação de equipamentos eletromecânicos / estruturas	Reparo imediato das instalações danificadas
	Deslizamento de encostas / movimentação do solo / solapamento de apoios de estruturas com arrebentamento da adução de água bruta	Reparo imediato das instalações danificadas
		Comunicação à população / instituições / autoridades / Defesa Civil
	Interrupção prolongada no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água	Comunicação à Operadora em exercício de energia elétrica
		Comunicação à população / instituições / autoridades / Defesa Civil
		Controle da água disponível em reservatórios
		Implementação de rodízio de abastecimento
	Vazamento de cloro nas instalações de tratamento de água	Deslocamento de caminhões tanque
Verificação e adequação de plano de ação às características da ocorrência		
Qualidade inadequada da água dos poços	Verificação e adequação de plano de ação às características da ocorrência	
Ações de vandalismo	Comunicação à Polícia	
Falta de água parcial ou localizada	Precariedades em água de poços em períodos de estiagem	Comunicação à população / instituições / autoridades
		Controle da água disponível em reservatórios
		Implementação de rodízio de abastecimento
		Deslocamento de caminhões tanque

ALTERNATIVAS PARA EVITAR PARALISAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Falta de água parcial ou localizada	Interrupção temporária no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água	Comunicação à Operadora em exercício de energia elétrica
		Comunicação à população / instituições / autoridades
	Interrupção no fornecimento de energia elétrica em setores de distribuição	Comunicação à Operadora em exercício de energia elétrica
		Comunicação à população / instituições / autoridades
		Transferência de água entre setores de abastecimento
	Danificação de estruturas de reservatórios	Reparo imediato das instalações danificadas
	Rompimento de redes e linhas adutoras de água tratada	Reparo imediato das instalações danificadas
	Ações de vandalismo	Comunicação à Polícia

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico – Tenente Portela (2015).

Quadro 40 – Ações de emergências e contingências para o setor esgotamento sanitário.

ALTERNATIVAS PARA EVITAR PARALISAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas de sistemas individuais	Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto por ineficiência de fossas.	Promover o isolamento da área e contenção do efluente com o objetivo de evitar a contaminação provocada pelo incidente,
		Conter vazamento e promover a limpeza da área, encaminhando o material para a estação de tratamento de esgoto.
		Exigir a substituição das “fossas negras” por tanques sépticas e sumidouros, ou ligação do esgoto residencial à rede pública nas áreas há sistema de tratamento unificado.
	Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	Implantar programa de orientação quanto a necessidade de adoção de tanques sépticos em substituição às “fossas negras” e fiscalizar se a substituição está acontecendo nos prazos exigidos.
	Inexistência ou ineficiência do monitoramento.	Ampliar o monitoramento e fiscalização destes equipamentos na área urbana e na zona rural, principalmente nas fossas localizadas próximas aos cursos hídricos e pontos de captação subterrânea de água para consumo humano.

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico – Tenente Portela (2015).

Quadro 41 – Ações de emergências e contingências para o setor de esgotamento sanitário.

ALTERNATIVAS PARA EVITAR PARALISAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Extravasamento de esgoto em ETE por paralisação do funcionamento desta unidade de tratamento	Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações de bombeamento	Comunicar sobre a interrupção de energia à empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica
		Acionar gerador alternativo de energia
		Instalar tanque de acumulação do esgoto extravasado com o objetivo de evitar contaminação do solo e água
	Danificação de equipamentos eletromecânicos ou estruturas Instalar equipamento reserva	Comunicar aos órgãos de controle ambiental os problemas com os equipamentos e a possibilidade de ineficiência e paralisação das unidades de tratamento
		Instalar equipamento reserva
	Ações de vandalismo	Comunicar o ato de vandalismo à Polícia local
Executar reparo das instalações danificadas com urgência.		
Extravasamento de esgoto em estações elevatórias.	Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações de bombeamento	Comunicar sobre a interrupção de energia à empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica
		Acionar gerador alternativo de energia
		Instalar tanque de acumulação do esgoto extravasado com o objetivo de evitar contaminação do solo e água
	Danificação de equipamentos eletromecânicos ou estruturas	Comunicar aos órgãos de controle ambiental os problemas com os equipamentos e a possibilidade de ineficiência e paralisação das unidades de tratamento
		Instalar equipamento reserva
	Ações de vandalismo	Comunicar o ato de vandalismo à Polícia local
Executar reparo das instalações danificadas com urgência		

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico – Tenente Portela (2015).

Quadro 42 – Ações de emergências e contingências para o setor de esgotamento sanitário.

ALTERNATIVAS PARA EVITAR PARALISAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Rompimento de coletores, interceptores e emissários.	Desmoronamento de taludes ou paredes de canais	Executar reparo da área danificada com urgência
		Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes
	Erosões de fundo de vale	Executar reparo da área danificada com urgência
		Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes
		Comunicar aos órgãos de controle ambiental sobre o rompimento em alguma parte do sistema de coleta de esgoto
Ocorrência de retorno de esgoto nos imóveis.	Obstrução em coletores de esgoto	Isolar o trecho danificado do restante da rede com o objetivo de manter o atendimento das áreas não afetadas pelo rompimento
		Executar reparo imediato das instalações danificadas com urgência
	Lançamento indevido de águas pluviais na rede coletora de esgoto	Executar trabalhos de limpeza e desobstrução
		Executar reparo das instalações danificadas
		Comunicar à Vigilância Sanitária
		Ampliar a fiscalização e o monitoramento das redes de esgoto e de captação de águas pluviais, com o objetivo de identificar ligações clandestinas, regularizar a situação e implantar sistema de cobrança de multa e punição para reincidentes

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico – Tenente Portela (2015).

Quadro 43 – Ações de emergências e contingências para o setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS	
OCORRÊNCIAS	AÇÕES
Inexistência ou ineficiência da rede de drenagem urbana.	Verificar o uso do solo previsto para região. Comunicar a Secretaria de Obras e Serviços a necessidade de ampliação ou correção da rede de drenagem.
Presença de esgoto ou lixo nas galerias de águas pluviais.	Comunicar ao setor de fiscalização sobre a presença de mau cheiro ou lixo. Aumentar o trabalho de conscientização da população sobre a utilização dos canais de drenagem.
Presença de materiais de grande porte, como carcaças de eletrodomésticos, móveis ou pedras.	Comunicar a Secretaria de Obras e Serviços sobre a ocorrência. Aumentar o trabalho de conscientização da população sobre a utilização dos canais de drenagem.
Situações de alagamento, problemas relacionados à microdrenagem.	Deve-se mobilizar os órgãos competentes para realização da manutenção da microdrenagem. Acionar a autoridade de trânsito para que sejam traçadas rotas alternativas a fim de evitar o agravamento do problema. Acionar um técnico responsável designado para verificar a existência de risco a população (danos a edificações, vias, risco de propagação de doenças, etc.). Propor soluções para resolução do problema, com a participação da população e informando a mesma sobre a importância de se preservar o sistema de drenagem.
Inundações, enchentes provocadas pelo transbordamento de rios, córregos ou canais de drenagem.	O sistema de monitoramento deve identificar a intensidade da enchente e acionar o sistema de alerta respectivo. Comunicar o setor responsável (Secretaria de Infraestrutura e/ou Defesa Civil) para verificação de danos e riscos à população. Comunicar o setor de assistência social para que sejam mobilizadas as equipes necessárias e a formação dos abrigos.

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico – Tenente Portela (2015).

Quadro 44 – Ações de emergências e contingências para o setor de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos.

EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS	
OCORRÊNCIAS	AÇÕES
<p>VARRIÇÃO Paralisação do Sistema de Varrição</p>	Acionar servidores da Prefeitura Municipal para efetuação da limpeza dos pontos mais críticos e centrais da cidade.
<p>COLETA DE RESÍDUOS Paralisação do Serviço de Coleta Domiciliar</p>	Empresas e veículos previamente cadastrados deverão ser acionados para assumirem emergencialmente a coleta nos roteiros programados, dando continuidade aos trabalhos. Contratação de empresa especializada em caráter de emergencial.
Paralisação das Coletas Seletiva e de Resíduos de Serviço de Saúde	Celebrar contrato emergencial com empresa especializada na coleta de resíduos.
<p>DESTINAÇÃO FINAL Paralisação total do Aterro Sanitário</p>	Os resíduos deverão ser transportados e dispostos em cidades vizinhas, com a devida autorização da FEPAM.
Paralisação parcial do Aterro, no caso de incêndio, explosão e/ou vazamento tóxico	Evacuação da área cumprindo os procedimentos internos de segurança. Acionamento do Corpo de Bombeiros.
<p>PODAS, SUPRESSÕES DE VEGETAÇÃO DE PORTE ARBÓREO Tombamento de árvores</p>	Mobilização de equipe de plantão e equipamentos. Acionamento da Concessionária de Energia Elétrica. Acionamento do Corpo de Bombeiros e Defesa Civil.
<p>CAPINA E ROÇAGEM Paralisação do serviço de capina e roçada</p>	Acionar equipe operacional da Secretaria de Obras e Serviços para cobertura e continuidade do serviço.

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico – Tenente Portela (2015).

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7229: Projeto, Construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993. ABNT – Associação.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. PRESIDENCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Disponível em: < <http://www2.planalto.gov.br/acervo/legislacao>> Acesso em: 21 /09/2019.

BOF, P. H. Recuperação de Rios Urbanos: O caso do Arroio Dilúvio. 2014. 93 f. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em setembro de 2019.

CONSEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 355 de 19 de julho de 2017**. Critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Acessado em setembro de 2019.

OTENIO, MARCELO HENRIQUE et al. **Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

LEONETI, A. B. **Avaliação de modelo de tomada de decisão para escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2009. 154f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Material Técnico: Planilha de Cálculo para Taxa de Resíduos Sólidos**. Cidades Sustentáveis. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Exemplo-Planilha-Calculo-TAXA-RSU.xls>>. Acesso em: 10 de out. 2019.

NATURALTEC. **Sistema Fossa – Filtro**. 2019. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/sistema-fossa-filtro/>>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

OLIVEIRA, S.V.W.B. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2004. 293 f. Tese (Doutorado em Administração). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. Portal Eletrônico. Brasília: Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: 12 de out. 2019.

TUCCI, Carlos E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e concepção. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p.5-12, 1997.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte:

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. 240 p. 1 v.