UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MICHELLE DE LIMA RODRIGUES

MEDIDAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADE FAVORITA EM ARAUCÁRIA-PR

CURITIBA

2023

MICHELLE DE LIMA RODRIGUES

MEDIDAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADE FAVORITA EM ARAUCÁRIA-PR

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. André Luiz Tonso Fabiani

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Rodrigues, Michelle de Lima
Medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade favorita em Araucária-PR. / Michelle de Lima Rodrigues. – Curitiba, 2023.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos.
Coorientador: Prof. Dr. André Luiz Tonso Fabiani

1. Saneamento. 2. Drenagem. 3. Esgoto - Saneamento. I. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. II. Santos, Daniel Costa dos. III. Fabiani, André Luiz Tonso. IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MICHELLE DE LIMA RODRIGUES** intitulada: **Medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade Favorita em Araucária-PR**, sob orientação do Prof. Dr. DANIEL COSTA DOS SANTOS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 12 de Dezembro de 2023.

Assinatura Eletrônica
20/12/2023 12:46:23.0
DANIEL COSTA DOS SANTOS
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
15/12/2023 07:34:57.0
ANDRE LUIZ TONSO FABIANI
Coorientador(a)

Assinatura Eletrônica
15/12/2023 13:27:38.0
MIGUEL MANSUR AISSE
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
19/12/2023 14:33:55.0
CRISTINA DE ARAÚJO LIMA
Avaliador Externo ()

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 333034
Para autenticar este documento/assinatura, acesse https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp e insira o codigo 333034

Dedico esta dissertação à Comunidade Favorita.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter evidenciado o seu cuidado por mim nos pequenos detalhes e nas grandes coisas ao longo da minha jornada acadêmica e se manifestado de maneiras inusitadas quando as soluções se mostravam intangíveis.

Ao meu esposo, Jonatas, por me incentivar desde o processo seletivo do mestrado até o envio final da dissertação. Obrigada por ter suportado a distância e a ansiedade. Obrigada pelos doces, pelos monsters, pelo cuidado e pela escuta ativa.

Aos meus pais, Josué e Ester, que nunca colocaram empecilhos às minhas empreitadas e se dedicaram de coração ao meu sucesso profissional, pessoal, familiar e espiritual.

Ao meu irmão, Rodrigo, pelas dicas geotécnicas, pelas indicações radialísticas e pelas conversas encorajadoras.

A minha vó, Isortina, que, com sua abnegação, teve paciência com a minha pouca disponibilidade de tempo para auxiliá-la nestes últimos meses.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos, pela paciência e solidariedade frente às intercorrências pessoais que tive ao longo do mestrado, pela presteza em participar das visitas de campo, pela orientação e pelo suporte ofertado no desenvolvimento desta dissertação.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. André Luiz Tonso Fabiani, pela disponibilidade, pela assertividade nas nossas conversas e pelo conhecimento técnico transmitido desde a graduação.

Aos membros das bancas de qualificação e de defesa, Prof. Dr. Miguel Mansur Aisse, Prof. Dr. José Ricardo Vargas Faria e Profª. Drª. Cristina de Araújo Lima, pela disponibilidade e pelas contribuições feitas a este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa, por meio de bolsa de estudo.

Aos meus colegas de trabalho do Instituto Água e Terra pelos incentivos e suporte emocional ofertado ao longo do mestrado. Em especial à Valdelice, à Júlia e à Geovana: obrigada pela amizade e tantas coisas mais.

À minha chefia do Escritório Regional de Foz do Iguaçu, seu Carlos, e meu supervisor, Max, pela compreensão e flexibilização dos meus horários para que eu pudesse concluir esta dissertação.

Aos moradores da comunidade Favorita e à vice presidente da Associação dos Moradores pela atenção e prontidão em colaborar com esta pesquisa.

‘E o Senhor Deus tomou o homem e o colocou no jardim do Éden, para que o homem o cultivasse e guardasse.’

(BÍBLIA, 2013, p.2)

RESUMO

Os problemas técnicos, ambientais, sociais e políticos que afetam as comunidades urbanas em assentamentos irregulares abrangem diversas áreas e frentes de trabalho. Dentre esses desafios, a precariedade dos sistemas de saneamento destaca-se devido ao seu impacto significativo na qualidade de vida dos moradores e no meio ambiente. A comunidade Favorita, localizada em Araucária-PR, na Região Metropolitana de Curitiba, evidencia este cenário e é o objeto de pesquisa deste trabalho, que busca conceber medidas integradas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial que promovam a sustentabilidade na Favorita, considerando a participação da comunidade na concepção dessas medidas. Inicialmente, foram coletados dados primários e secundários para caracterizar as condições físicas, bióticas, socioeconômicas e sanitárias da comunidade. A partir dos dados levantados e do diagnóstico destes dados, realizou-se uma seleção técnica prévia das tecnologias de saneamento, excluindo aquelas que não apresentaram viabilidade técnica de aplicação na comunidade. Em seguida, as tecnologias selecionadas foram confrontadas com as demandas e expectativas da comunidade, por meio de consulta à representante local, resultando na seleção de medidas para construção de três grupos de medidas. Essa concepção culminou na proposição de um único grupo de medidas integradas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para a comunidade Favorita, que atendeu as perspectivas ambientais, políticas, culturais e geográficas da sustentabilidade. O grupo de medida proposto consistiu em: caixas de gordura a nível de lote; seis estações descentralizadas compostas por tanque séptico e filtro anaeróbio; transporte de águas residuárias por sistema separador absoluto e sistema único alternativo; transporte e disposição final de subprodutos por esvaziamento e transporte mecanizado do lodo, destinação de lodo para empresas especializadas e disposição de águas residuárias em corpo hídrico (Córrego Favorita); canaletas plantadas, arborização, pavimentos permeáveis e porosos, faixa gramada e intervenção em corpo hídrico no que tange às medidas de drenagem. Ademais, os passos metodológicos adotados na pesquisa foram compilados em diretrizes e em uma estrutura de ferramenta de apoio para a concepção de medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial em comunidades urbanas em assentamentos irregulares.

Palavras-chave: sistema de esgotamento sanitário; sistema de drenagem pluvial; assentamentos irregulares; concepção de saneamento.

ABSTRACT

The technical, environmental, social, and political problems affecting urban communities in irregular settlements encompass various areas and fronts of work. Among these challenges, the inadequacy of sanitation systems stands out due to its significant impact on residents' quality of life and the environment. The Favorita community, located in Araucária-PR, in the Metropolitan Region of Curitiba, highlights this scenario and is the subject of this research, which aims to conceive integrated measures for sanitation and stormwater drainage to promote sustainability in the Favorita community, considering the community's participation in the conception of these measures. At first, primary and secondary data were collected to characterize the physical, biotic, socioeconomic, and sanitary conditions of the community. Based on the gathered data and the diagnosis of these data, a preliminary technical selection of sanitation technologies was carried out, excluding those that did not demonstrate technical feasibility for application in the community. Subsequently, the selected technologies were compared with the community's demands and expectations through consultations with a local representative, resulting in the selection of measures for the construction of three groups of measures. This conception culminated in the proposal of a single set of integrated measures for sanitation and stormwater drainage for the Favorita community, addressing environmental, political, cultural, and geographical sustainability perspectives. The proposed set of measures consisted of: grease traps at the lot level; six decentralized stations composed of septic tanks and anaerobic filters; wastewater transport through separate sewer system and alternative combined sewer system; transport and final disposal of by-products through emptying and mechanized sludge transport, disposal of sludge to specialized companies, and disposal of wastewater into a water body (Favorita Stream); planted channels, tree planting, permeable and porous pavements, grassy strips, and intervention in water bodies for drainage measures. Additionally, the methodological steps adopted in the research were compiled into guidelines and a support tool structure for the design of sanitation and stormwater drainage measures in urban communities in irregular settlements.

Keywords: sewage system; stormwater drainage system; irregular settlements; sanitation design.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Estrutura do modelo UWU 36
FIGURA 2 - Fluxograma para escolha da tecnologia para tratamento de esgoto doméstico em comunidades isoladas 48
FIGURA 3 - Fluxograma para escolha da forma de disposição final do esgoto 49
FIGURA 4 - Fluxograma de alternativas de gerenciamento do lodo 50
FIGURA 5 - Etapas do método Benetti 51
FIGURA 6 - Posição dos ramais condominiais 59
FIGURA 7 - Ramais condominiais em assentamento irregular 59
FIGURA 8 - Esquema do banheiro a seco: a) abertura no chão; b) assento elevado. 63
FIGURA 9 - Banheiro com despejo de água 65
FIGURA 10 - Caixa de gordura para residência unifamiliar 66
FIGURA 11 - Funcionamento geral de tanque séptico 67
FIGURA 12 - Reator Anaeróbio Compartimentado 69
FIGURA 13 - Esquema de um biodigestor 70
FIGURA 14 - Esquema de uma fosse verde 72
FIGURA 15 - Esquema do reator UASB 73
FIGURA 16 - Esquema do vermifiltro 75
FIGURA 17 - Esquema de caixa sinfonada que gera aplicações do esgoto em pulsos 76
FIGURA 18 - Filtro Anaeróbio 77
FIGURA 19 - Sistema Alagado Construído de fluxo superficial horizontal 80
FIGURA 20 - Sistema Alagado Construído de fluxo subsuperficial horizontal 80
FIGURA 21 - Sistema Alagado Construído de fluxo subsuperficial vertical 80
FIGURA 22 - Esquema de filtro de areia 82
FIGURA 23 - Esquema de fossa seca 84
FIGURA 24 - Esquema do sumidouro 85
FIGURA 25 - Esquema da vala de infiltração 86
FIGURA 26 - Esquema do círculo de bananeiras 88
FIGURA 27 - Poço de infiltração preenchido com brita 93
FIGURA 28 - Trincheira de infiltração 94
FIGURA 29 – Modelos de faixa gramada 95

FIGURA 30 - Pavimentos porosos e permeáveis 98
FIGURA 31 - Bacia de retenção 99
FIGURA 32 - Bacia de detenção 101
FIGURA 33 - Microrreservatório em alvenaria 103
FIGURA 34 – Canaletas plantadas com barragem 105
FIGURA 35 - Drenos filtrantes 107
FIGURA 36 - Seção transversal de estrutura de gabiões vegetados 108
FIGURA 37 - Exemplos de enrocamento 109
FIGURA 38 – Etapas para concepção integrada medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade Favorita 110
FIGURA 39 – Localização de Araucária 123
FIGURA 40 - Localização Favorita 123
FIGURA 41 - Curvas de nível da comunidade 127
FIGURA 42 - Mapa hipsométrico da comunidade 127
FIGURA 43 – Mapa de declividade da comunidade 128
FIGURA 44 - Hidrografia do entorno 129
FIGURA 45 – Comparação do traçado do Córrego Favorita 130
FIGURA 46 - Detalhamento da área entre as Ruas do Juca e Rua Faisão 131
FIGURA 47 - Bacia de contribuição a jusante da comunidade 132
FIGURA 48 - Localização da ponte construída pela comunidade 134
FIGURA 49 – Dados de moradia: material e situação do terreno 138
FIGURA 50 - Problemas relacionados à infraestrutura apontados pelos moradores da Favorita 139
FIGURA 51 - Problemas que com potencial de mobilização dos moradores 140
FIGURA 52 - Lotes total e parcialmente vulneráveis 144
FIGURA 53 - Fornecimento de água 145
FIGURA 54 - Destinação dos esgotos sanitários 146
FIGURA 55 – Redes de esgotamento e drenagem pluvial existentes na comunidade 148
FIGURA 56 - Localização das áreas disponíveis 162
FIGURA 57 – Etapas para concepção integrada medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade Favorita 176

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas nos países desenvolvidos 26
QUADRO 2 - Dimensões da sustentabilidade....28
QUADRO 3 - Indicadores de sustentabilidade para sistemas de saneamento (Parte 1)....29
QUADRO 4 - Indicadores de sustentabilidade para sistemas de saneamento (Parte 2)....30
QUADRO 5 - Terminologia de abordagens sustentáveis 32
QUADRO 6 - Escala do *Effectiveness Index*....37
QUADRO 7 - Comparação dos aspectos da água urbana....38
QUADRO 8 – Municípios com políticas e planos relacionados ao saneamento básico 41
QUADRO 9 - Classificação ambiental de doenças transmitidas pela água 43
QUADRO 10 - Principais características das tecnologias para comunidades isoladas 47
QUADRO 11 – Lista de checagem das etapas do método Benetti (Parte 1) 52
QUADRO 12 - Lista de checagem das etapas do método Benetti (Parte 2) 53
QUADRO 13 - Dispositivos elencados no método para concepção de soluções em áreas fragilizadas....54
QUADRO 14 - Características da área necessárias para aplicação das matrizes de seleção técnica de infraestrutura de saneamento – Etapa 2 55
QUADRO 15 – Vantagens dos sistemas descentralizados de tratamento de esgotos 56
QUADRO 16 – Métodos e modelos utilizadas para proposição das etapas da pesquisa....111
QUADRO 17 - Dados levantados na caracterização do meio....113
QUADRO 18 - Medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial....115
QUADRO 19 – Análise da compatibilidade das medidas: profundidade do lençol freático 116
QUADRO 20 – Análise da compatibilidade das medidas: coeficiente de permeabilidade e solo predominante 117

QUADRO 21 – Análise da compatibilidade das medidas: existência de infraestrutura viária 117
QUADRO 22 – Análise da compatibilidade das medidas: espaços disponíveis 118
QUADRO 23 - Modelo de sistematização dos resultados da triagem 119
QUADRO 24 - Coeficiente de permeabilidade dos solos 126
QUADRO 25 - Dados climatológicos 135
QUADRO 26 - Situações a serem consideradas nas próximas etapas 150
QUADRO 27 – Análise de espaços disponíveis para implantação dos dispositivos na Favorita 153
QUADRO 28 - Resumo da triagem técnica para a comunidade 156
QUADRO 29 - Medidas selecionadas para concepção 160
QUADRO 30 - Grupos de medidas para saneamento na comunidade 161
QUADRO 31 - Largura das vias que terminam no córrego Favorita 162
QUADRO 32 – Medidas e dispositivos selecionados 169

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Áreas necessárias para instalação dos dispositivos de tratamento de esgoto 163
TABELA 2 - Áreas necessárias para atendimento de quantidade de lotes 164
TABELA 3 - Quantidade de lotes que cada área poderá atender (previsão) 164
TABELA 4 - Lotes atendidos pelas estações em conformidade com a rede de esgoto proposta 166

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	*Analytic Hierarchy Process*
APP	Área de Preservação Permanente
BET	Bacia de Evapotranspiração
BGI	*Blue-Green Infrastructure*
BMP	*Best Management Practice*
Cfa	Clima Subtropical
COHAB	Companhia Municipal de Habitação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAE	Departamento de água e esgoto
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
FA	Filtro anaeróbio
FMHIS	Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social
GCCG	Gaia Ciência Consultoria em Geociências
GI	*Green Infrastructure*
GM	Grupo de Medida
GWP	*Global Water Partnership*
I	Inviável
IAT	Instituto Água e Terra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	International Council for Local Environmental Initiatives
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IU	Interface com o Usuário
IUWM	*Integrated Urban Water Management*
IWRM	*Integrated Water Resource Management*
L	Lote
LID	*Low Impact Development*
LM	Loteamento
M	Macrodrenagem
MD	Medidas de Drenagem
NBR	Norma técnica brasileira
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
Plansab	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PR	Paraná
PVC	Policloreto de vinila

R	Restrita
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
RDO	Resíduos Sólidos Domiciliares
Reurb-S	Reurbanização de Interesse Social
S	Sul
SAC	Sistema Alagado Construído
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUDERHSA	Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
SUDS	*Sustainable Urban Drainage Systems*
TAR	Transporte de Águas Residuárias
TD	Transporte e Disposição final
TE	Tratamento de Esgoto
TETO	Organização não governamental internacional
TS	Tanque séptico
UASB	*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*
UNICEF	*United Nations Children's Fund*
UTM	*Urchin Tracking Module*
UWU	*Urban Water Use*
V	Viável
VF	Vala de filtração
Vs	Vias
WASH	*Water, Sanitation and Hygiene*
WHO	*World Health Organization*
WSUD	*Water Sensitive Urban Design*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 22
1.1 PROBLEMA E HIPÓTESE 23
1.2 JUSTIFICATIVA 24
1.3 OBJETIVOS 25
1.3.1 Objetivo geral 25
1.3.2 Objetivos específicos 25
2 REVISÃO DE LITERATURA 26
2.1 SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS 26
2.1.1 Green Infrastructure 31
2.1.2 Gestão integrada 33
2.1.3 Gestão das águas urbanas no Brasil 37
2.1.3.1 Legislação Brasileira 40
2.1.4 Saneamento e saúde pública 42
2.2 COMUNIDADES URBANAS EM ASSENTAMENTOS IRREGULARES 44
2.2.1 Métodos para concepção e escolha de tecnologias de saneamento 46
2.2.1.1 Comunidades isoladas 46
2.2.1.2 Revalorização de áreas fragilizadas 50
2.2.2 Descentralização 55
2.3 MEDIDAS E DISPOSITIVOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL 57
2.3.1 Transporte de águas residuárias 57
2.3.1.1 Ligação à rede pública 57
2.3.1.2 Sistema condominial de esgotamento sanitário 58
2.3.1.3 Sistema Separador Absoluto 61
2.3.1.4 Sistema Único Alternativo 62
2.3.2 Dispositivos de interface com o usuário 63
2.3.2.1 Banheiro a seco 63
2.3.2.2 Banheiro com despejo de água 64
2.3.3 Tratamento de esgoto 65
2.3.3.1 Caixa de gordura 65
2.3.3.2 Tanque séptico 66
2.3.3.3 Reator anaeróbio compartimentado 68

2.3.3.4 Biodigestor....69
2.3.3.5 Fossa verde ou bacia de evapotranspiração (BET)....71
2.3.3.6 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) compacto....73
2.3.3.7 Vermifiltro....74
2.3.3.8 Filtro anaeróbio....77
2.3.3.9 Sistemas Alagadas Construídos (Wetlands)....78
2.3.3.10 Filtro de areia e vala de filtração....81
2.3.4 Tratamento do lodo de esgoto....83
2.3.5 Transporte e disposição final dos subprodutos dos sistemas....83
2.3.5.1 Fossa seca....83
2.3.5.2 Sumidouro....84
2.3.5.3 Vala de infiltração....86
2.3.5.4 Círculo de bananeiras....87
2.3.5.5 Disposição em corpo hídrico....89
2.3.5.6 Destinação de lodo para empresas especializadas....90
2.3.5.7 Esvaziamento e transporte manual....90
2.3.5.8 Esvaziamento e transporte mecanizado....91
2.3.6 Medidas de drenagem pluvial....91
2.3.6.1 Poço de infiltração....92
2.3.6.2 Trincheira de infiltração....93
2.3.6.3 Faixa gramada....95
2.3.6.4 Pavimentos permeáveis ou porosos....96
2.3.6.5 Cisternas....98
2.3.6.6 Bacia de retenção....99
2.3.6.7 Bacias de detenção....100
2.3.6.8 Jardins de chuva....102
2.3.6.9 Microrreservatórios....102
2.3.6.10 Arborização....103
2.3.6.11 Canaletas plantadas....104
2.3.6.12 Drenos filtrantes....106
2.3.6.13 Intervenções em corpo hídrico....107
3 MATERIAL E MÉTODOS....110
3.1 MEDIDAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADE FAVORITA....110

3.1.1 A - Caracterização do meio 111
3.1.2 B -Triagem Técnica de Tecnologias 114
3.1.2.1 Abastecimento de água nas edificações 116
3.1.2.2 Profundidade do lençol freático 116
3.1.2.3 Coeficiente de permeabilidade e solo predominante 116
3.1.2.4 Existência de infraestrutura viária 117
3.1.2.5 Espaços disponíveis 117
3.1.2.6 Existência de infraestrutura adequada e consolidada 119
3.1.2.7 Sistematização 119
3.1.3 C – Seleção de tecnologias 119
3.1.4 D - Concepção de Grupos de Medidas 120
3.2 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES E ESTRUTURA DE FERRAMENTA DE APOIO PARA CONCEPÇÃO INTEGRADA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADES URBANAS EM ASSENTAMENTOS IRREGULARES 121
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 122
4.1 A – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO 122
4.1.1 Apresentação inicial 122
4.1.2 Meio físico 124
4.1.2.1 Geologia e geomorfologia 125
4.1.2.2 Recursos Hídricos 128
4.1.2.2.1 Recursos subterrâneos 131
4.1.2.2.2 Bacia de contribuição 132
4.1.2.2.3 Qualidade da água 133
4.1.2.2.4 Inundações, alagamentos e áreas úmidas 133
4.1.2.3 Clima 135
4.1.3 Meio biótico 136
4.1.4 Meio socioeconômico 136
4.1.4.1 Histórico 137
4.1.4.2 População 137
4.1.4.3 Problemas da comunidade 139
4.1.4.4 Energia elétrica e sistema viário 140
4.1.4.5 Planos, programas e legislações governamentais 141
4.1.4.6 Uso e ocupação do solo 142

4.1.4.7 Diversos....144
4.1.5 Situação sanitária....145
4.1.5.1 Abastecimento de água....145
4.1.5.2 Resíduos Sólidos....146
4.1.5.3 Esgotamento Sanitário e Drenagem Pluvial....146
4.1.6 Diagnóstico....149
4.2 B – TRIAGEM TÉCNICA DE TECNOLOGIAS....150
4.2.1 Abastecimento de água presente....150
4.2.2 Profundidade do lençol freático....150
4.2.3 Coeficiente de permeabilidade e solo predominante....151
4.2.4 Existência de infraestrutura viária....151
4.2.5 Espaços disponíveis....151
4.2.6 Existência de infraestrutura adequada e consolidada....154
4.2.7 Sistematização....155
4.3 C - SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS....157
4.3.1 Transporte de Águas Residuárias....157
4.3.2 Tratamento de Esgoto....157
4.3.3 Transporte e disposição final dos subprodutos dos sistemas....158
4.3.4 Medidas de drenagem pluvial....158
4.3.5 Medidas selecionadas....159
4.4 D - CONCEPÇÃO DE GRUPOS DE MEDIDAS....160
4.4.1 Organização de Grupos de Medidas....160
4.4.2 Concepção das estações de tratamento de esgoto....161
4.4.2.1 Caixa de Gordura....165
4.4.3 Concepção redes de esgotamento....165
4.4.4 Concepção medidas de drenagem – cenário atual....166
4.4.5 Concepção medidas de drenagem – cenário futuro....168
4.4.6 Concepção integrada de esgotamento sanitário e drenagem urbana proposta à Comunidade Favorita....169
4.5 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES E ESTRUTURA DE FERRAMENTA DE APOIO PARA CONCEPÇÃO INTEGRADA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADES URBANAS EM ASSENTAMENTOS IRREGULARES....170
4.5.1 Avaliação da concepção de medidas para Comunidade Favorita....170

4.5.2 Diretrizes para concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial em comunidades urbanas em assentamentos irregulares 173
4.5.2.1 Perspectivas de regularização 173
4.5.2.2 Redes e dispositivos existentes 174
4.5.2.3 Características do meio 174
4.5.2.4 Participação social 174
4.5.2.5 Viabilidade econômica 175
4.5.2.6 Legislação Ambiental 175
4.5.2.7 Planos governamentais 175
4.5.2.8 Sustentabilidade 176
4.5.3 Estrutura de ferramenta para concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial em comunidades urbanas em assentamentos irregulares 176
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 178
REFERÊNCIAS 181
ANEXO 1 – ÁREA ALAGÁVEL 193
APÊNDICE 1 - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA COMUNIDADE FAVORITA 194
APÊNDICE 2 - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE REDUZIDA (15 M) .. 195
APÊNDICE 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE 196
APÊNDICE 4 – FOTOGRAFIAS PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO 198
APÊNDICE 5 – OCUPAÇÃO DA COMUNIDADE AO LONGO DOS ANOS 203
APÊNDICE 6 – LOTEAMENTO E ARRUAMENTO DA COMUNIDADE FAVORITA 213
APÊNDICE 7 – MEMORIAL DE CÁLCULO DE CONCEPÇÃO INICIAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO 214
APÊNDICE 8 – REDE DE ESGOTAMENTO PROPOSTA 215
APÊNDICE 9 – MEDIDAS DE DRENAGEM PROPOSTAS 216

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, mais de 300 mil habitantes perderam definitivamente ou temporiamente suas moradias devido a eventos hidrológicos em 2021 (BRASIL, 2022a) e mais de 62 milhões moradores das áreas urbanas não são atendidos pela rede pública de esgotamento sanitário (BRASIL, 2022c). Desta população, os residentes de áreas em assentamentos irregulares são aqueles que mais vivenciam os efeitos desta desarmonia. Ferreira, Marques e Fusaro (2016) apresentam que estes assentamentos são caracterizados pela precariedade habitacional, ausência de infraestrutura e de ordenamento da ocupação, no entanto, os autores destacam que estes atributos não são exclusivos destas comunidades. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2019) apresenta que existem 13.151 assentamentos irregulares no Brasil, espalhados por 743 municípios.

Gomes (2009) apresenta que a urbanização desordenada, desigualdade na distribuição de renda e especulação imobiliária são fios condutores da ocupação ilegal em áreas com restrições ambientais e desprovidas de infraestrutura sanitária. O Instituto Trata Brasil (2022) salienta que a ausência de serviços públicos nestas áreas é suscitada pela ilegalidade da ocupação e falta de regularização fundiária e que, mediante a demanda por saneamento, a população residente recorre à formas precárias de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Souza (2019) ressalta que as medidas implantadas pelos habitantes, usualmente, se apresentam inadequadas do ponto de vista técnico, social e ambiental. Gomes (2009) apresenta que a pobreza da população nas periferias urbanas, em conjunto com a precariedade da infraestrutura sanitária, demanda o uso de tecnologias adequadas aos contextos locais. O autor apresenta que a adoção de tecnologias apropriadas deve ser guiadas pelas ações conjuntas entre setores, consideração de aspectos econômico-financeiros e proposição de ações de regularização das áreas. Tonetti *et al.* (2018) apresenta que soluções sustentáveis para comunidades que não possuem acesso ao sistema de saneamento devem respeitar a diversidade cultural e ambiental das comunidades, sendo necessária adoção de diferentes estratégias para as diferentes comunidades, não sendo possível adotar um mesmo sistema para áreas com características diferentes. Neste sentido, Paterson, Mara e Curtis (2007) elencam que o envolvimento da comunidade, em especial aquelas economicamente fragilizadas, em todas as etapas de implantação

de um sistema de saneamento resulta em uma maior porcentagem de conexões a este sistema e Souza (2016) expõe que a participação social na gestão do saneamento tem papel primordial para o sucesso das medidas implantadas.

Neste cenário, apresenta-se que o município de Curitiba segue a tendência de urbanização das grandes metrópoles brasileiras na urbanização, fomentando a ocupação irregular de moradias nos municípios anexos à metrópole (SOUZA; SAMORA, 2022). No município de Araucária, integrante da Região Metropolitana de Curitiba, destaca-se a comunidade Favorita, caracterizada como uma comunidade em área urbana instalada em um assentamento irregular.

A Favorita apresenta típicos atributos destas comunidades: precariedade habitacional; ausência de infraestrutura sanitária, ocupação de áreas com restrições ambientais (especificamente, Área de Preservação Permanente, com ocorrência de inundações); e presença de formas precárias saneamento instaladas pelos moradores. Existem perspectivas de regularização fundiária do assentamento, tendo em vista que existe um processo administrativo para reintegração de posse em trâmite. No entanto, a própria comunidade e seus representantes manifestam que a finalização do processo e a efetiva urbanização da área, com implantação de rede pública de esgoto e drenagem pluvial, não ocorrerá em um curto espaço de tempo. Portanto, entende-se que a proposição de medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial que considerem as demandas e anseios da comunidade e que melhorem a situação sanitária vigente no assentamento tem o potencial de amenizar os problemas socioambientais presentes na comunidade, impactando no bem-estar da população e promovendo sustentabilidade.

1.1 PROBLEMA E HIPÓTESE

A pergunta desta pesquisa é: quais medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial promoveriam a sustentabilidade na comunidade Favorita?

A hipótese desta pesquisa é que a concepção integrada, com participação social no processo, viabilizam a proposição de medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial que promovem sustentabilidade na comunidade.

1.2 JUSTIFICATIVA

No contexto mundial, a Organização das Nações Unidas (ONU) apresenta entre seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) metas para alcançar até 2030 o acesso universal à água potável, ao saneamento e à higiene, bem como a eliminação da defecação à céu aberto (ONU, 2015). No entanto, o engajamento para incrementar a cobertura da rede e do tratamento de esgotos domésticos nas últimas décadas não apresenta resultados marcantes no Brasil (FERREIRA *et al*., 2021; BRASIL, 2021 e 2022c).

Ademais, observa-se o aumento no número de comunidades em assentamentos irregulares ao longo do tempo: entre 2010 e 2019, o número de assentamentos irregulares no Brasil duplicou (IBGE, 2010; IBGE, 2019). Nascimento (2004) apresenta que as comunidades em assentamento irregulares, devido à sua inserção geográfica em regiões menos adequadas à ocupação urbana e as condições de habitação, são maiormente expostas à agentes patogênicos e doenças. Neste contexto, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017 registra que a existência e a adequação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são essenciais para redução da incidência das doenças transmitidas pela água (IBGE, 2020).

Portanto, tanto a problemática socioambiental decorrente da ocupação de áreas inadequadas quanto as dificuldades vivenciadas pelas comunidades carecem atenção no contexto nacional, não somente político, mas acadêmico também.

Neste cenário, os sistemas de esgotamento sanitário podem destacar-se pela sua precariedade, pelos impactos negativos que podem gerar, ou pelos benefícios advindos de um sistema adequado e sustentável. Os sistemas de drenagem pluvial se mostram igualmente importantes, especialmente nos assentamentos situados em áreas de inundação e margens de rios.

Na comunidade Favorita, é perceptível a similaridade com a conjuntura apresentada para os assentamentos irregulares, tendo em vista a precariedade dos sistemas de esgotamento sanitário, a ausência de dispositivos de drenagem pluvial que coletem as águas pluviais incidentes na comunidade e as inundações recorrentes no entorno do corpo hídrico que permeia a comunidade. Portanto, a problemática da pesquisa se insere na busca por alternativas sustentáveis que mitiguem os impactos socioambientais existentes nas referidas comunidades.

Outrossim, há uma motivação pessoal da condutora da pesquisa no que concerne a melhoria da qualidade de vida da população e promoção de uma vida digna para as comunidades que vivem em áreas irregulares e não tem acesso aos sistemas básicos de saneamento. A autora conta com participações em projetos de extensão dedicados ao saneamento em comunidades urbanas em assentamentos irregulares, tendo, inclusive, desenvolvido em seu Trabalho Final de Curso uma análise e proposição de medidas de drenagem em uma destas comunidades.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Conceber medidas integradas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade Favorita, em Araucária-PR, que promovam a sustentabilidade.

1.3.2 Objetivos específicos

a) Desenvolver um diagnóstico sobre as condições socioambientais da Comunidade Favorita, em especial sobre a sua realidade sanitária;
b) Promover participação de atores sociais da Comunidade na concepção das medidas de saneamento;
c) Propor diretrizes e estrutura de ferramenta de apoio para a concepção de medidas integradas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidades urbanas em assentamentos irregulares.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No presente capítulo, para melhor entendimento do cenário de saneamento no Brasil, em especial nas comunidades urbanas em assentamentos irregulares no Brasil, apresenta-se os tópicos: sustentabilidade na gestão de águas urbanas e comunidades urbanas em assentamentos irregulares. Em seguida, são apresentados dispositivos e medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial que possuem potencial de aplicação nestas áreas.

2.1 SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

Ao longo do tempo, a gestão das águas urbanas transpassou diferentes fases, (QUADRO 1): pré-higienista, higienista, corretiva e desenvolvimento sustentável (TUCCI, 2008b).

QUADRO 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas nos países desenvolvidos

Abordagem	Fase	Características	Consequências
Convencional	Pré-higienista: até o início do século XX	Esgoto lançados em fossas ou nas redes de drenagem, sem coleta adequada e tratamento. Água captada da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
	Higienista: antes de 1970	Abastecimento de água sem tratamento de esgoto; tratamento de esgoto realizado distante das pessoas. Transferência para jusante do escoamento pluvial por canalização.	Mais rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
	Corretiva: entre 1970 e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial. Amortecimento do escoamento das águas pluviais.	Recuperação dos rios, restando poluição difusa. Obras hidráulicas e seus impactos ambientais.
Sustentável	Desenvolvimento Sustentável: depois de 1990	Planejamento da ocupação do espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento; controle dos micro poluentes e da poluição difusa; desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial por meio da recuperação da infiltração; conservação dos sistemas naturais.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

FONTE: Adaptado de Tucci (2008a, 2008b) e Benetti (2015).

Quanto à fase de desenvolvimento sustentável, em 1988, foi popularizada a definição de desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

No entanto, Fortunato (2014) apresenta que o conceito de desenvolvimento sustentável é atrelado fortemente ao aspecto técnico, enquanto a sustentabilidade contempla também questões ambientais, sociais e econômicas que implicam na preocupação com: habitação, saneamento, alimentação, mobilidade, emprego e produtividade, governança, segurança e inclusão social.

Souza e Abdala (2020) por sua vez, reúnem as definições de diversos autores, dentre os quais existe aqueles que defendem que o desenvolvimento sustentável é a maneira de atingir a sustentabilidade. Os autores também apresentam que o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade contemplam diversas dimensões, dentre as quais aquelas apresentadas no QUADRO 2.

QUADRO 2 - Dimensões da sustentabilidade

Dimensão	Caracterização
Ambiental	- Manutenção da integridade ecológica por meio da prevenção das várias formas de poluição, da prudência na utilização dos recursos naturais, da preservação da diversidade da vida e do respeito à capacidade de carga dos ecossistemas.
Ecológica	- Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas. - Prudência no uso de recursos naturais não renováveis. - Prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis. - Redução do consumo de energia e aumento da sua conservação. - Tecnologias e processos produtivos de baixo índice de resíduos.
Social	- Viabilização de uma maior equidade de riquezas e de oportunidades, combatendo as práticas de exclusão, discriminação e reprodução da pobreza e respeitando-se a diversidade em todas as suas formas de expressão. - Criação de postos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada (à melhor condição de vida; à maior qualificação profissional). - Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais
Econômica	- Realização do potencial econômico que contemple prioritariamente a distribuição de riqueza e renda associada a uma redução das externalidades socioambientais, buscando-se resultados macrossociais positivos. - Fluxo permanente de investimentos públicos e privados (estes últimos com especial destaque para o cooperativismo). - Manejo eficiente dos recursos. - Absorção, pelas empresas produtoras, dos custos ambientais. - Endogeneização: contar com suas próprias forças.
Política	- Criação de mecanismos que incrementem a participação da sociedade nas tomadas de decisões, reconhecendo e respeitando os direitos de todos, superando as práticas e políticas de exclusão e que promovam o desenvolvimento da cidadania ativa.
Cultural	- Promoção da diversidade e identidade cultural em todas as suas formas de expressão e representação, especialmente daquelas que identifiquem as raízes endógenas, propiciando também a conservação do patrimônio urbanístico, paisagístico e ambiental, que referenciem a história e a memória das comunidades. - Soluções adaptadas a cada ecossistema. - Respeito à formação cultural comunitária.
Geográfica/ espacial	- Procurar uma configuração rural-urbana mais adequada para proteger a diversidade biológica. - Desconcentração espacial (de atividades; de população). - Desconcentração/democratização do poder local e regional. - Relação cidade-campo equilibrada (benefícios centrípetos).

FONTE: Adaptado de SILVA (2000 *apud* SOUZA; ABDALA, 2020); VAN BELLEN (2005, *apud* SOUZA; ABDALA, 2020); Montibeller (1999, *apud* SOUZA; ABDALA, 2020).

Quanto à avaliação de sustentabilidade, Butler *et al.* (2018, cap. 24) apresentam que a maneira mais difundida de avaliar alternativas sustentáveis de saneamento é por meio de indicadores de sustentabilidade. Philippi Junior, Malheiros e Aguiar (2018) enunciam que um dos maiores desafios dos indicadores de sustentabilidade é simplificar a gestão dos espaços naturais e antrópicos, traduzindo tópicos complexos em conceitos e ferramentas descomplicadas e acessíveis, possibilitando uma melhor compreensão da situação por parte dos tomadores de decisão e partes interessadas.

Chambers, Sheridan e Cook (2022) reúnem indicadores de sustentabilidade para avaliar a sustentabilidade e resiliência de sistemas de saneamento em diferentes categorias; o QUADRO 3 e QUADRO 4 apresentam alguns destes indicadores.

QUADRO 3 - Indicadores de sustentabilidade para sistemas de saneamento (Parte 1)

Categoria	Métrica
Aceitabilidade	Aceitabilidade (escala)
	Porcentagem da comunidade que manifesta aceitação
	Método de limpeza
	Adequação ao contexto local
	Potencial de geração de odor
	Presença de sistemas de prevenção de insetos e odores
	Sistema direcionado para a necessidade dos usuários
	Geração de ruído
	Porcentagem da comunidade que percebe o sistema como adequado quanto a estética
	Número de moradores afetados negativamente dentro de raio de 1 km
	Aparência
	Mudança na paisagem
	Área utilizada (Unidade de área por unidade de volume tratado)
	Existência de espaços abertos
	Porcentagem de usuários que utilizam o sistema
Adaptabilidade	Flexibilidade
Acessibilidade	Custos per capita do sistema
	Porcentagem de salário mínimo que é utilizado para pagar o sistema
	Custos por volume tratado
	Porcentagem de moradias que reportam que podem pagar
	Custos anuais per capita com o sistema
Custos anuais	Custos de manutenção e operação
	Custos de manutenção e operação por tempo
	Custos de manutenção e operação por tempo por unidade de volume tratado
	Custos anuais por moradia
	Custo de energia por unidade de volume tratado
	Custos com manejo de lodo versus custo integral do sistema
	Custos com manejo de lodo
	Custo com água
Custos de capital	Custo de capital (por unidade de área ou por unidade de tempo ou per capita ou por volume tratado)
	Custos de investimento
	Custos de investimento por unidade de tempo ou per capita
	Custo de construção per capita
Uso de produtos químicos	Ácidos e bases consumidos por unidade de volume tratado
Cobertura	Porcentagem de população atendida
	Porcentagem de esgoto coletado
	Capacidade máxima do sistema (pessoas)
Durabilidade	Vida útil prevista
Uso de energia	Energia (per capita por unidade de tempo ou por unidade de volume tratado)
	Porcentagem de energia renovável utilizada

FONTE: Adaptado de Chambers, Sheridan e Cook (2022).

QUADRO 4 - Indicadores de sustentabilidade para sistemas de saneamento (Parte 2)

Comprometimento	Porcentagem da população envolvida no planejamento, projeto e/ou construção
	Porcentagem do sistema sob responsabilidade da comunidade
	Presença de ONG's
Impactos ambientais	Volume de água contaminada gerada
	Carga de poluentes liberados para a terra, corpo de água e/ou ar
	Melhora da qualidade da água
	Volume de '*stormwater overflow*' (sistemas únicos)
	Distância de locais para destinação de lodo
	Infraestrutura de transporte disponível para acesso ao sistema
Equidade	Possibilidade de evitar conflitos entre diferentes grupos da comunidade
Financiamento	Porcentagem de moradias com acesso a mecanismos de financiamento
	Possibilidade de custos compartilhados
Benefícios financeiros	Número de pessoas contratadas na comunidade local
	Número de empregos criados
	Incremento de valor nos terrenos devido à presença do sistema
Benefícios para a saúde	Risco de infecção ou exposição a vetores e doenças
Apoio institucional	Concordância com políticas e requisitos legais
	Existência de operações manuais
	Conflitos interpessoais
Custos do ciclo de vida	Custos tais per capita por unidade de tempo
	Custos por unidade de tempo
	Custo por unidade de vazão tratada
Requisitos de operação e manutenção	Facilidade de construção, monitoramento, operação e/ ou manutenção
	Percepção do usuário sobre a facilidade de uso
	Potencial de uso de mão de obra local para construção e operação e manutenção
	Disponibilidade de material local
	Número de trabalhadores requeridos
Redundância	Volume armazenado no local
Recuperação de recursos	Nutrientes utilizados na agricultura (massa per capita por unidade de tempo)
	Água reutilizada (vazão)
	Potencial para reúso de água
Robustez	Profundidade de inundação máxima
	Vulnerabilidade à falta de energia
Compatibilidade do local	Densidade populacional
	Compatibilidade com sistemas existentes
	Permeabilidade
	Tecnologia apropriada para o local
	Distância de lençol freático
Produção do lodo	Lodo produzido (peso por volume tratado)
	Lodo produzido (peso por unidade de tempo)
	Lodo produzido (volume per capita por unidade de tempo)
Desempenho do tratamento	Eficiência de remoção de nutrientes, N, P, DBO, sólidos, patógenos
	Carga de poluentes no volume tratado
Uso de água	Consumo de água no processo
Disposição para pagar	Disposição do usuário para pagar pelo serviço
	Porcentagem de moradias que reportam o saneamento como uma prioridade

FONTE: Adaptado de Chambers, Sheridan e Cook (2022).

Butler *et al.* (2018, cap. 24), por sua vez, apresentam indicadores de sustentabilidade para situações de comparação entre alternativas de sistemas em quatro tipologias:

a) Indicadores ambientais: uso de recursos, prestação de serviços, impacto ambiental;
b) Indicadores sociais: Impacto no risco à saúde humana, acessibilidade aos *stakeholders*, participação e responsabilidade, conscientização e responsabilidade pública, inclusão social;
c) Indicadores econômicos: Custos do ciclo de vida, disposição para pagar, acessibilidade, exposição ao risco financeiro;
d) Indicadores técnicos: Performance do sistema, confiabilidade, durabilidade, flexibilidade e adaptabilidade.

2.1.1 Green Infrastructure

Internacionalmente, os sistemas de drenagem urbana são foco de diversas abordagens que se preocupam com a sustentabilidade destes sistemas, como as BMPs (*Best Management Practices*) e SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*), conforme apresentado no QUADRO 5. Alguns conceitos são mais amplos e incluem a gestão das águas nos ambientes urbanos como um todo; dentre estes, destaca-se o conceito “*Green Infrastructure*”.

QUADRO 5 - Terminologia de abordagens sustentáveis

Terminologia da abordagem	Descrição e especificidade		Regiões comumente utilizada
Best management practices (BMPs)	Busca remover, reduzir, retardar ou prevenir que os poluentes e contaminantes das águas pluviais cheguem ao corpo hídrico receptor, por meio de dispositivos, práticas ou métodos.	Técnicas Drenagem Urbana	EUA, Canadá
Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)	Busca replicar os processos naturais de drenagem de uma área, normalmente por meio de intervenções baseadas na vegetação que aumentam a infiltração localizada, atenuam e/ou detêm a água pluvial, como valas, telhados verdes e jardins de chuva.	Conceitos de Drenagem Urbana	Reino Unido
Low Impact Development (LIDs)	Busca reduzir o estresse nas infraestruturas de drenagem pluvial em áreas urbanas e/ou prover resiliência para as mudanças climáticas. Faz uso de infiltração e evapotranspiração, buscando incorporar características naturais para o projeto.	Princípio da Gestão de Águas Urbanas	EUA, Nova Zelândia
Water Sensitive Urban Design (WSUD)	Busca gerenciar o equilíbrio hídrico, manter e melhorar a qualidade da água, incentivar a conservação da água e manter as oportunidades ambientais e recreativas relacionadas à água.	Princípio da Gestão de Águas Urbanas	Australia
Green Infrastructure (GI)	Busca criar uma rede de áreas naturais e seminaturais, que melhoram a saúde e resiliência do ecossistema, contribuem para conservação da biodiversidade e beneficiam as populações humanas.	Princípio da Gestão de Águas Urbanas	EUA, Reino Unido
Nature-based solution	Busca auxiliar as sociedades a enfrentar uma variedade de desafios ambientais, sociais e econômicos de maneira sustentável. As ações são inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza, utilizando e aprimorando soluções existentes ou soluções inovadoras.	Princípio da Gestão de Águas Urbanas	Europa
Blue-Green Infrastructure (BGI)	Busca fornecer uma gama de serviços, que incluem: abastecimento de água, regulação do clima, controle de poluição, serviços culturais, entre outros. Engloba todos conceitos anteriores.	Princípio da Gestão de Águas Urbanas.	Reino Unido

FONTE: Adaptado de Ruangpan *et al.* (2020) e Fletcher *et al.* (2015).

Nos Estados Unidos, a definição do conceito de *Green Infrastructure* (GI) é voltada para a drenagem das águas pluviais, sendo definida como:

> “medidas que que utilizam plantas ou disposição no solo, pavimentos permeáveis e outras superfícies ou substratos permeáveis, coleta e reutilização de águas pluviais, ou paisagismo para armazenar, infiltrar ou evapotranspirar as águas pluviais e reduzir o escoamento para os sistemas de drenagem ou para os corpos hídricos” (UNITED STATES OF AMERICA, 2019, p.5, tradução nossa)[1]

No entanto, para esta pesquisa adota-se a definição difundida no continente europeu:

> “rede estrategicamente planeada de zonas naturais e seminaturais, com outras características ambientais, concebida e gerida para prestar uma ampla gama de serviços ecossistêmicos. Incorpora espaços verdes (ou azuis, se envolver ecossistemas aquáticos) e outras características físicas em zonas terrestres (incluindo as costeiras) e marinhas” (COMISSÃO EUROPEIA, 2013, p. 3)

O conceito de GI é uma forma de abordagem da gestão das águas urbanas (FLETCHER *et al.,* 2015) e tem aplicação em outras técnicas e conceitos desta gestão, tal como no SUDS (MGUNI; HERSLUND; JENSEN, 2016).

2.1.2 Gestão integrada

Uma das ferramentas para atingir a sustentabilidade, considerando o conceito de desenvolvimento sustentável na gestão das águas urbanas, é o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, ou *Integrated Water Resource Management* – IWRM (JABAREEN, 2008). O IWRM é apresentado, inclusive, como uma meta global da Organização das Nações Unidas[2] (ONU, 2015).

A abordagem integrada surge como uma ferramenta potencializadora para a gestão das águas, facilitando a promoção da segurança hídrica e da sustentabilidade (NIEMCZYNOWICZ, 1999; MITCHELL, 2004; GLOBAL WATER PARTNERSHIP TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE, 2012). O IWRM é caracterizado por procedimentos holísticos, em que se considera as dimensões naturais e antrópicas da

---

[1] No original; ”the range of measures that use plant or soil systems, permeable pavement or other permeable surfaces or substrates, stormwater harvest and reuse, or landscaping to store, infiltrate, or evapotranspirate stormwater and reduce flows to sewer systems or to surface waters.’’

[2] Meta 6.5 da Agenda 2030: “até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado” (ONU, 2015).

água, visualizando todo o ciclo natural deste recurso e seus diversos usos na sociedade, em escala de bacia hidrográfica (SAVENIJE, 2008; GWP, 2011).

Mediante a grande contribuição das cidades para as bacias hidrográficas, o IWRM deu origem ao conceito de Gerenciamento Integrado das Águas Urbanas, ou *Integrated Urban Water Management* – IUWM, que pode ser aplicado em escalas menores na área urbana (vizinhança, bacia, município) (GWP, 2011, 2014). O IUWM busca fornecer sistemas sustentáveis à sociedade, contribuindo para o bem-estar da população e mantendo a integridade ecológica do ambiente (MAHEEPALA *et al.*, 2010).

Os princípios que regem o IUWM são:

> "buscar fontes alternativas de água; conciliar qualidade e uso da água; integrar o armazenamento, distribuição, tratamento, reciclagem e disposição da água; proteger, conservar e explorar os recursos hídricos na fonte; responsabilizar-se por usuários não urbanos; reconhecer e buscar alinhar instituições e práticas formais e informais; reconhecer a relação entre água, uso do solo e energia; buscar a eficiência, equidade e sustentabilidade; incentivar a participação de todas partes interessadas." (GWP, 2013, p. 03, tradução nossa)[3]

GWP (2014) apresenta ferramentas para auxiliar tomadores de decisão na implementação do IUWM, dentre as quais constam:

- Diagnóstico para analisar a situação da gestão das águas vigente e identificar dificuldades nos sistemas;
- seleção de tecnologias adequadas para as condições locais;
- engajamento das partes interessadas no processo de planejamento;
- mapeamento de instituições.

Segundo Maheepala *et al.* (2010), a adoção do IUWM deve ser realizada na fase de planejamento estratégico. De acordo com a autora, nesta etapa, revisa-se e define-se as metas a longo prazo, identifica-se as melhores estratégias para atingir as metas e aloca-se os recursos para implementação das estratégias.

---

[3] No original; "Encompass alternative water sources; Match water quality with water use; Integrate water storage, distribution, treatment, recycling, and disposal; Protect, conserve and exploit water resources at their source; Account for non-urban users; Recognise and seek to align formal and informal institutions and practices; Recognise relationships among water, land use, and energy Pursue efficiency, equity and sustainability; Encourage participation by all stakeholders."

Santos (2016, cap. 6) divide o planejamento estratégico na gestão das águas urbanas em três etapas: elaboração da *vision* (visão), organização de cenários e a proposição de estratégias. O autor indica que a *vision* é definida como a situação que se deseja para o futuro. Van der Steen e Howe (2009) e Santos (2016, cap. 6) apresentam que este desejo é representado pelos indicadores de sustentabilidade e pelas suas valorações almejadas para o futuro.

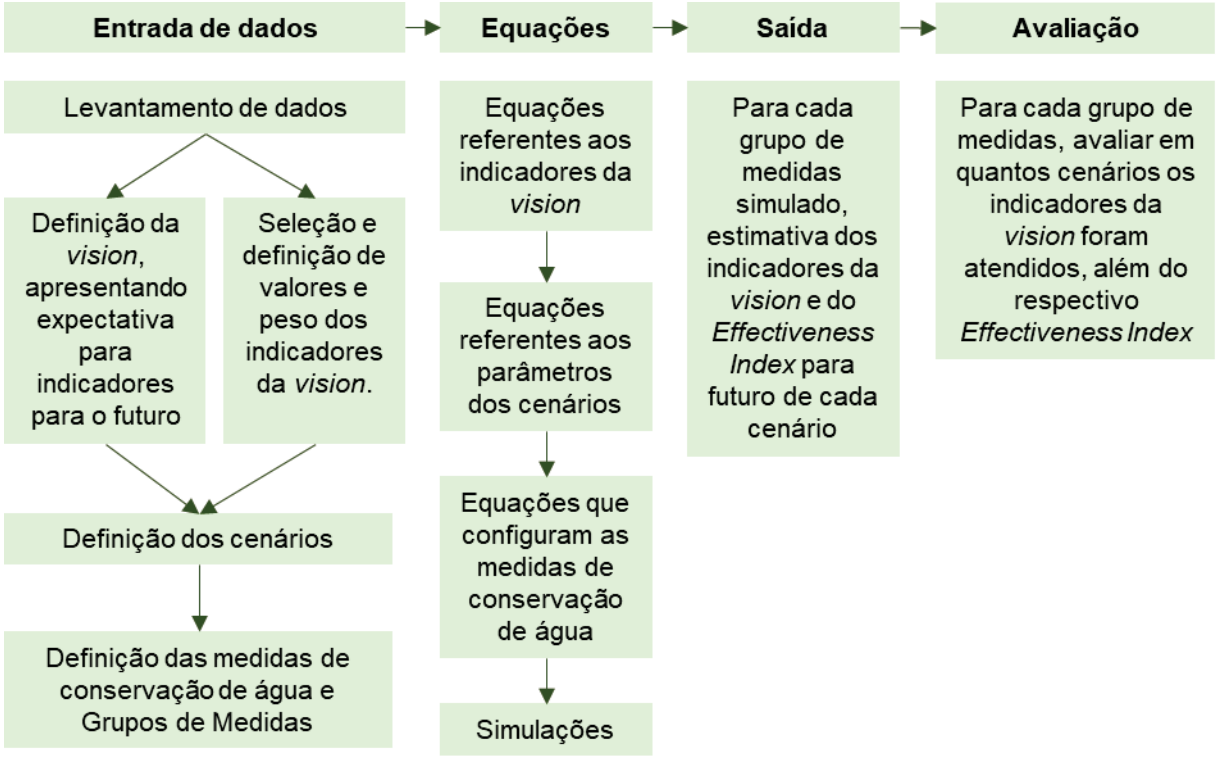
Após estabelecida a visão, organiza-se cenários de possíveis situações futuras, com base em fatores externos incertos, como taxa de crescimento populacional e temperatura ambiente (VAN DER STEEN; HOWE, 2009; SANTOS, 2016, cap. 6). Por fim para atender à visão nos cenários estabelecidos, em um horizonte de tempo determinado, propõem-se estratégias para embasar a gestão das águas (SANTOS, 2016, cap. 6).

ICLEI Brasil (2011) acrescentam duas etapas ao planejamento estratégico: desenvolvimento e implantação de um plano de ação e, por último, a etapa de monitoramento e avaliação. A etapa de monitoramento e avaliação busca identificar a eficácia do planejamento, comparando o que se esperava para o futuro e o que é efetivamente alcançado (FERREIRA, 2022).

Dentre as ferramentas que utilizam o planejamento estratégico, figura o modelo UWU, que auxilia na elaboração de planos de gestão de águas urbanas e na definição de medidas de infraestrutura sanitária (FERREIRA, 2022).

Santos (2016, cap. 7) apresenta o modelo UWU dividido em quatro etapas, conforme apresentado na FIGURA 1.

FIGURA 1 - Estrutura do modelo UWU



FONTE: Adaptado de Santos (2016, cap. 7).

É notória a utilização dos conceitos do planejamento estratégico na etapa de entrada de dados do modelo UWU pela aplicação da definição da visão, definição de cenários e definição de medidas. Santos (2016, cap. 7) menciona que a visão independe da elaboração de cenários e medidas; medidas, no entanto, que não atendam à visão devem ser descartadas quando da aplicação do modelo.

No que concerne à determinação de indicadores, Santos (2016, cap.7) elenca os seguintes indicadores: cobertura populacional dos sistemas, custos, consumo de energia, produção de lodo, áreas, riscos à saúde em função de práticas de reuso de água, emissões de gases com efeito de estufa, produção agrícola por meio do reuso de água, oxigênio dissolvido nos rios, nível trófico em lagos, vazões de inundação e mortalidade infantil.

Para a estimativa do *Effectiveness Index* de cada grupo de medida, Santos (2016, cap. 7) apresenta a equação (1).

$$EI = \sum (W_i . N_i) \quad (1)$$

Onde:

EI – *Effectiveness index* (índice de efetividade das ações);

W_i – peso relativo de cada indicador *i* escolhido na visão (em %);

N_j – número de cenários *j*, em que cada indicador *i* escolhido na visão foi atendido.

De acordo com Santos (2016, cap. 7), o índice de efetividade das ações permite a hierarquização das ações propostas. Ademais, o autor apresenta a classificação do índice o grau de efetividade do grupo de medidas, exposta no QUADRO 6.

QUADRO 6 - Escala do *Effectiveness Index*

Escala	Classificação
4,6 – 5,0	Excelente
3,6 – 4,5	Bom
2,6 – 3,5	Razoável
1,6 – 2,5	Insuficiente
0,0 – 1,5	Ruim

FONTE: Santos (2016, cap. 7).

2.1.3 Gestão das águas urbanas no Brasil

A gestão das águas urbanas no Brasil é caracterizada pela transferência dos impactos para jusante, no que concerne ao abastecimento de água e drenagem urbana, e pela deficiência no tratamento do esgoto; em outras palavras, a fase higienista é predominante no país. A fase pré-higienista, no entanto, ainda é encontrada em ocupações irregulares, favelas e pequenas comunidades (TUCCI, 2008a, 2008b e 2012).

TUCCI (2018) apresenta uma comparação entre o cenário das águas urbanas, por categoria de infraestrutura, nos países desenvolvidos e no Brasil, conforme QUADRO 7.

QUADRO 7 - Comparação dos aspectos da água urbana

Infraestrutura Urbana	Países Desenvolvidos	Brasil
Abastecimento de água	Resolvido, cobertura total.	Grande parte da população é atendida; tendência de redução da disponibilidade por contaminação; grande quantidade de perdas na rede.
Esgotamento Sanitário	Grande cobertura na coleta e tratamento de efluentes.	Falta de rede e estações de tratamento; as que existem não conseguem coletar o esgoto do modo projetado.
Drenagem Urbana	Controlados os aspectos quantitativos; desenvolvimento de investimentos para controle dos aspectos de qualidade da água.	Grandes inundações decorrentes da ampliação de canalizações; controle que agrava as inundações por meio de canalização; aspectos de qualidade da água nem mesmo foram identificados.
Inundações ribeirinhas	Medidas de controle não estruturais como seguro e zoneamento de inundação.	Grandes prejuízos por falta de política de controle.

FONTE: Tucci (2018).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresenta que 84,2% da população brasileira é atendida com rede pública de abastecimento de água, sendo que no estado do Paraná o índice de atendimento urbano com rede de água chega a 100%. De acordo com os dados do Sistema, o consumo médio per capita de água no Brasil é de 150,7 L/hab.dia. Considerando somente o Paraná, o consumo médio per capita é reduzido para 136,1 L/hab.dia. (BRASIL, 2022c).

No tocante à rede pública de esgotamento sanitário, de acordo com o SNIS, 50% dos municípios contam com sistemas públicos de esgotamento sanitários e 35,7% utilizam soluções alternativas individuais, como fossa séptica, fossa rudimentar, vala a céu aberto e lançamento em cursos d'água. O SNIS apresenta que 55,8% da população brasileira é atendida por rede de esgotamento sanitário pública; com relação à população urbana, o índice de atendimento é de 64,1%. Considerando somente o estado do Paraná, 85,4% da população urbana é atendida com rede de esgoto pública. (BRASIL, 2022c).

O SNIS apresenta que, o volume de esgotos coletado é de 6 bilhões m³/ano e que 80,8% deste esgoto recebe tratamento. No entanto, considerando o total de esgoto gerado no país, somente 51,2% é tratado. No Paraná 99,9% do esgoto gerado é coletado e 75,2% do esgoto gerado é tratado. (BRASIL, 2022c).

Tucci (2018) ressalta que, embora a cobertura da rede de coleta de esgotos tenha se expandido nas últimas décadas, a construção de estações de tratamento de

efluentes não tem evoluído na mesma proporção. Esse descompasso tem resultado em uma degradação significativa da maioria dos cursos d'água urbanos.

Quanto aos sistemas de drenagem pluvial, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresenta que, 43,5% dos municípios possuem sistema exclusivo para drenagem, 11,9% possuem sistema unitário de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, 22,1% possuem sistema misto (sistema separador e sistema unitário), 5,5% utilizam outro sistema e em 17% não possuem sistema de drenagem implantado. Ademais, 4,2% dos municípios possuem algum tipo de tratamento das águas pluviais e 14,2% apresentam soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração) nas vias públicas urbanas. Reservatórios ou bacias de retenção e detenção são integrantes dos sistemas de drenagem de 209 municípios, que representam 4,6% dos municípios. (BRASIL, 2022a)

O SNIS apresenta ainda que, em 2021, identificou-se que eventos hidrológicos impactantes (inundações, enxurradas e alagamentos) ocasionaram a perda temporária ou definitiva de moradia de 319,3 mil habitantes nas áreas urbanas dos municípios participantes. Destaca-se que nas áreas urbanas de 64,7% dos municípios amostrados, menos de 1,0% dos domicílios estão em situação de risco de inundação, enquanto em 0,8% dos municípios amostrados este risco é superior a 50%. (BRASIL, 2022a).

Tucci (2018) indica que as redes de drenagem pluvial no Brasil enfrentam, principalmente, dois problemas: construção excessiva de canais e condutos que transferem as inundações à jusante; transporte de esgoto sanitário e de contaminação do escoamento pluvial (carga orgânica, tóxicos e metais).

No que concerne o manejo dos resíduos sólidos, o SNIS indica que a cobertura de coleta regular direta e indireta de resíduos sólidos domiciliares (RDO) atende a 98,3% da população urbana nos municípios participantes do sistema; considerando a população total (urbana e rural), a taxa média da cobertura do atendimento da população é reduzida para 89,9%. O Sistema estima que 22 milhões de habitantes, ou 10,3% da população brasileira, não tiveram acesso aos serviços de coleta regular direta e indireta de Resíduos Sólidos Domésticos, em 2021; deste total, 19 milhões residem em áreas rurais. (BRASIL, 2022b).

Outrossim, o SNIS identificou 226 consórcios intermunicipais para manejo de resíduos sólidos, abrangendo 1.380 municípios e indicando uma abrangência de 24,8% dos e 13,6% da população urbana. (BRASIL, 2022b).

2.1.3.1 Legislação Brasileira

A Constituição Federal do Brasil estabelece em seu Art. 23 que é de competência da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico; logo, este serviço é um direito assegurado pela Constituição. No Art. 30, a Constituição Federal indica que é de competência dos municípios a prestação de serviços públicos de saneamento básico. Contudo, de acordo com a Constituição, art. 21, é de responsabilidade da União a instituição de diretrizes para o desenvolvimento urbano para o saneamento básico. (BRASIL, 1988).

Em 2007, foi promulgada a Lei nº. 11.445, conhecida como Marco Legal do Saneamento, em que se estabeleceu diretrizes para o saneamento básico, fundamentadas no princípio da universalização do acesso, tornando o saneamento um direito essencial de todos (IBGE, 2021; BRASIL, 2022d). Esta legislação foi regulamentada pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), publicado pelo Decreto nº. 8.141, de 20 de novembro de 2013, e pela Portaria Interministerial nº. 57, de 05 de dezembro de 2013 (IBGE, 2021). O Plansab é a principal ferramenta de implementação da política federal de saneamento básico e estabelece metas para 2023 e 2033, referentes ao saneamento no país (BRASIL, 2021).

Em 2020, o Marco Legal do Saneamento foi atualizado pela Lei nº. 14.026, de 15 de julho de 2020. A atualização consolidou a titularidade dos serviços de saneamento básico aos Municípios, Distrito Federal ou Estados, permitindo ser realizada a gestão associada, por meio de consórcio público ou convênio de cooperação. (BRASIL, 2020)

Leite, Moita Neto e Bezerra (2022) destacam que Lei nº. 14.026/2020 inclui nos princípios da prestação dos serviços públicos de saneamento básico a prestação regionalizada dos serviços, definindo-a como “modalidade de prestação integrada de um ou mais componentes dos serviços públicos de saneamento básico em determinada região cujo território abranja mais de um Município” (BRASIL, 2020). Concomitantemente, o Art. 13 desta legislação permite a formação de consórcios entre municípios para prestação dos serviços (BRASIL, 2020).

O Art. 10 da atualização do Marco Legal de Saneamento apresenta que a prestação dos serviços de saneamento básico poderá ser delegada a empresas privadas, por meio de licitação (BRASIL, 2020). De acordo com Leite, Moita Neto e

Bezerra (2022), esta abertura à iniciativa privada cessa a hegemonia das companhias estaduais de saneamento neste nicho e busca atrair investimentos para o setor de saneamento.

Ainda, a atualização do marco regulatório, de acordo com Brasil (2022d), preconiza a adoção de abordagens integradas dos quatro componentes do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejos das águas pluviais urbanas) e alinhamento dos serviços de saneamento com as políticas de habitação, combate à pobreza, proteção ambiental, promoção da saúde, recursos hídricos, desenvolvimento urbano e regional.

Por último, ressalta-se que o marco regulatório prevê a utilização de sistemas descentralizados nos serviços de coleta e tratamento de esgoto em áreas rurais, remotas ou núcleos urbanos informais consolidados. (BRASIL, 2020).

No que concerne as políticas e planos municipais de saneamento básico e resíduos sólidos, o SNIS reúne os municípios que apresentam estas políticas e planos, conforme apresentado no QUADRO 8.

QUADRO 8 – Municípios com políticas e planos relacionados ao saneamento básico

Políticas e Planos	**Quantitativo de municípios no Brasil**	**Quantitativo de municípios na região Sul**
Política de Saneamento Básico sancionada	2.692 – 54,9%	829 – 72,9%
Plano Municipal de Saneamento Básico	3.169 – 64,7%	965 – 84,9%
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	2.576 – 52,6%	795 – 69,9%

NOTA: valores apresentados com referência à amostra do Diagnóstico de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do SNIS.

FONTE: Adaptado de BRASIL (2022b).

2.1.4 Saneamento e saúde pública

De acordo com Philippi Junior e Malheiros (2018), desde o final do século XX, o agravo à saúde da população é identificado como um problema causado pela precariedade de abastecimento de água potável e da coleta dos esgotos, pela poluição das águas superficiais urbanas, entre outras causas. Moura, Landau e Ferreira (2016) compreendem que os serviços de saneamento são contribuintes tanto do desenvolvimento sustentável quanto da promoção de controle e prevenção de doenças.

Butler *et al*. (2018, cap. 1) relatam que o maior benefício dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial é a manutenção da saúde pública, principalmente na propagação de doenças. Os autores apresentam que as fezes humanas são o principal vetor de transmissão de doenças transmissíveis e o sistema de esgotamento sanitário tem uma contribuição direta para removê-las das habitações. Ademais, os autores indicam que o sistema de drenagem tem grande importância para a destinação das águas pluviais, que, na ausência deste sistema, formam focos de água parada para que levam ao aumento da reprodução de mosquitos transmissores de doenças, como malária e dengue.

Brasil (2013) denomina as doenças transmitidas pela água ou suas impurezas como ‘Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)’. O QUADRO 9 apresenta estas doenças categorizadas pelas diferentes formas de contágio.

QUADRO 9 - Classificação ambiental de doenças transmitidas pela água

Categoria	Infecção
Transmissão Feco-oral (ingestão de água contaminada e higiene precária)	Diarreias e desinterias Febres entéricas Poliomielite Hepatite A Leptospirose
Relacionadas com a higiene	Doenças infecciosas na pele Doenças infecciosas nos olhos Doenças transmitidas por carrapato e piolho (febre recorrente e tifo) Coronavírus
Transmitidas por parasitas: penetração da pele ou ingestão	Esquistossomose Doença do verme-da-Guiné Teníases Helmintíases
Transmitidas por inseto vetor	Malária Dengue Febre Amarela Chikungunya Zika Elefantíase Doença de chagas Leishmanioses

FONTE: Adaptado de Brasil (2013), Cairncross e Feachem (2019, cap. 1), IBGE (2020).

Fonseca e Vasconcelos (2011) apontam que as doenças infectoparasitárias relacionadas à água são típicas de ambientes precários e degradados, em que há insuficiência nos serviços de saneamento e habitações inadequadas. De acordo com UNICEF (2019), medidas deficitárias relacionadas à água, saneamento e higiene (*Water, Sanitation and Hygiene* - WASH) são as principais causas de doenças transmitidas via feco-oral, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas.

Globalmente, apesar da existência de progressos nas últimas décadas, 2 bilhões de pessoas ainda não têm acesso a serviços básicos de esgotamento sanitário e estima-se que, em 2016, 1,9 milhão de mortes poderiam ser evitadas com medidas apropriadas de WASH. Deste total de óbitos em 2016, 830.000 mortes foram diretamente ou indiretamente causadas pelo saneamento inadequado (UNICEF; WHO, 2020).

No Brasil, as DRSAI, foram responsáveis por cerca de 0,9% dos óbitos gerais ocorridos entre 2008 e 2019, representando 21,7% dos óbitos ocasionados por doenças infecciosas e parasitárias (DIP) e totalizando 134.981 óbitos (IBGE, 2021). Dos óbitos ocasionados pelas DRSAI, o maior número de óbitos ocorreu em idosos com 60 anos ou mais de idade (371,5 óbitos/100 mil habitantes), seguido de crianças menores de 01 ano (260,4 óbitos/100 mil habitantes) (IBGE, 2021).

Ainda no contexto brasileiro, as DRSAI com maior incidência no período 2008-2019 foram aquelas transmitidas por insetos vetores, com destaque para a dengue que foi responsável por mais de 11 milhões de caso - 88% dos casos registrados de DRSAI (IBGE, 2021).

2.2 COMUNIDADES URBANAS EM ASSENTAMENTOS IRREGULARES

Conforme estudo realizado pela Secretaria Nacional de Habitação, vinculada ao Ministério das Cidades, a precariedade dos assentamentos irregulares em áreas urbanas é caracterizada por vários enfoques:

> “(...) pela irregularidade fundiária e/ou urbanística; pela deficiência da infraestrutura; pela ocupação de áreas sujeitas a alagamentos, deslizamentos ou outros tipos de risco; pelos altos níveis de densidade dos assentamentos e das edificações combinados à precariedade construtiva das unidades habitacionais; pelas enormes distâncias percorridas entre a moradia e o trabalho associadas a sistemas de transportes insuficientes, caros e com alto nível de desconforto e insegurança; além da insuficiência dos serviços públicos em geral, principalmente os de saneamento, educação e saúde” (BRASIL, 2010, p. 11)

Quanto à inserção geográfica dos assentamentos irregulares em áreas de fundo de vale, áreas de preservação permanente e em áreas de instabilidade geotécnica, Ferreira, Marques e Fusaro (2016) indicam que o mercado imobiliário tem papel norteador, pois os moradores ocupam as áreas que estão disponíveis em determinado momento. Ainda com relação ao mercado imobiliário, os autores expõem que as comunidades com boas localizações são mais visadas para realocação, enquanto a ocupação de áreas menos atrativas para o mercado é tolerada.

Cabe ressaltar que a Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1988) prevê no seu Fundamento a defesa da dignidade da pessoa humana e que constitui Objetivo Fundamental da República Federativa do Brasil, entre outros, a erradicação da pobreza e a marginalização e redução das desigualdades sociais e regionais.

Cardoso e Denaldi (2018) apresentam que as políticas públicas que priorizavam a remoção forçada das populações de assentamentos irregulares foram sendo substituídas, desde a promulgação da Constituição Federal, e, atualmente, está consolidada uma perspectiva de intervenção nestas áreas que prioriza a urbanização das áreas. Os autores ainda definem a urbanização como:

> “abertura, readequação ou consolidação do sistema viário; implantação de infraestrutura completa; reparcelamento do solo (quando couber); execução de obras de consolidação geotécnica; requalificação ambiental; construção de equipamentos sociais, promoção de melhorias habitacionais, produção de novas moradias e regularização fundiária.” (CARDOSO; DENALDI, 2018, p. 11).

No âmbito da regularização fundiária, a Lei nº. 13.465 de 11 de julho de 2017 (BRASIL, 2017) define como Reurbanização de Interesse Social (Reurb-S) a “regularização fundiária aplicável aos núcleos urbanos informais ocupados predominantemente por população de baixa renda, assim declarados em ato do Poder Executivo municipal” (BRASIL, 2017), tratando-se, portanto, da regularização fundiária das comunidades urbanas em assentamentos irregulares. A referida normativa estabelece como responsabilidade do município a elaboração de projeto de regularização e custeio de infraestrutura essencial na Reurbanização de Interesse Social, Reurb-S, as faculta aos legitimados o projeto, custeio e elaboração de documentos necessários para a regularização.

Quanto ao cumprimento das legislações urbanísticas e ambientais nestas regularizações fundiárias, Costa e Romeiro (2022) indicam que a Lei nº. 13.465 permite que os núcleos inseridos total ou parcialmente em Área de Preservação Permanente (APP), área de unidade de conservação de uso sustentável ou área de proteção de mananciais, sejam regularizados por meio da Reurb, devendo ser observado o art. 64 da Lei Federal no 12.651, de 25 de maio de 2012, para o trecho onde incide a restrição ambiental.

A Lei nº. 13.465 de 11 de julho de 2017 define:

> “Constatada a existência de núcleo urbano informal situado, total ou parcialmente, em área de preservação permanente ou em área de unidade de conservação de uso sustentável ou de proteção de mananciais definidas pela União, Estados ou Municípios, a Reurb observará, também, o disposto nos arts. 64 e 65 da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, hipótese na qual se torna obrigatória a elaboração de estudos técnicos, no âmbito da Reurb, que justifiquem as melhorias ambientais em relação à situação de ocupação informal anterior, inclusive por meio de compensações ambientais, quando for o caso.” (BRASIL, 2017)

Costa e Romeiro (2022) também destacam a necessidade de estudo e licenciamento ambiental para toda extensão do núcleo urbano e a aprovação das medidas de mitigação e compensação pelos órgãos competentes. Os autores também

sugerem que, em relação às faixas de APP, seja mantida uma faixa sem ocupação contígua aos corpos hídricos.

A seguir apresenta-se dois métodos existentes para concepção de sistemas de saneamento, o primeiro voltado para o sistema de esgotamento sanitário em comunidades que não estão conectadas aos serviços públicos e o segundo para sistemas de saneamento em áreas fragilizadas. Na sequência apresenta-se considerações quanto aos sistemas descentralizados de esgotamento sanitário.

2.2.1 Métodos para concepção e escolha de tecnologias de saneamento

A seguir são apresentadas metodologias desenvolvidas para escolha de tecnologias de saneamento para comunidades isoladas e para áreas fragilizadas.

2.2.1.1 Comunidades isoladas

Tonetti *et al.* (2018) apresentam uma proposta de roteiro para escolha de tecnologias de tratamento e disposição final do esgoto tratado em áreas rurais e comunidades isoladas, definidas como núcleos habitacionais que não estão conectados aos serviços públicos de saneamento básico devido a diversos fatores, como difícil acesso e situação de irregularidade fundiária. O roteiro e os dispositivos propostos pelos autores são direcionados essencialmente às localidades não urbanas, onde a utilização do próprio solo para o tratamento é facilitada. No entanto, os autores seguem os princípios de sustentabilidade, abordando sistemas unifamiliares e semicoletivos, simplificados; portanto, as informações e considerações do roteiro podem ser utilizadas na concepção de sistemas de esgotamento sanitário em comunidades de interesse social em áreas urbanas.

As tecnologias de tratamento propostas por Tonetti *et al.* (2018)[4] e suas principais características estão expostas no QUADRO 10. A FIGURA 2 apresenta o fluxograma proposto pelos autores para auxiliar na escolha do tratamento do esgoto. Os autores indicam que o único elemento obrigatório nos sistemas é a caixa de

---

[4] Fichas de caracterização completa das tecnologias de tratamento de esgoto, disposição final e tratamento de lodo estão disponíveis em: https://www.fecfau.unicamp.br/~saneamentorural

gordura, que recebe as águas provenientes da cozinha para remoção de gorduras e óleos.

QUADRO 10 - Principais características das tecnologias para comunidades isoladas

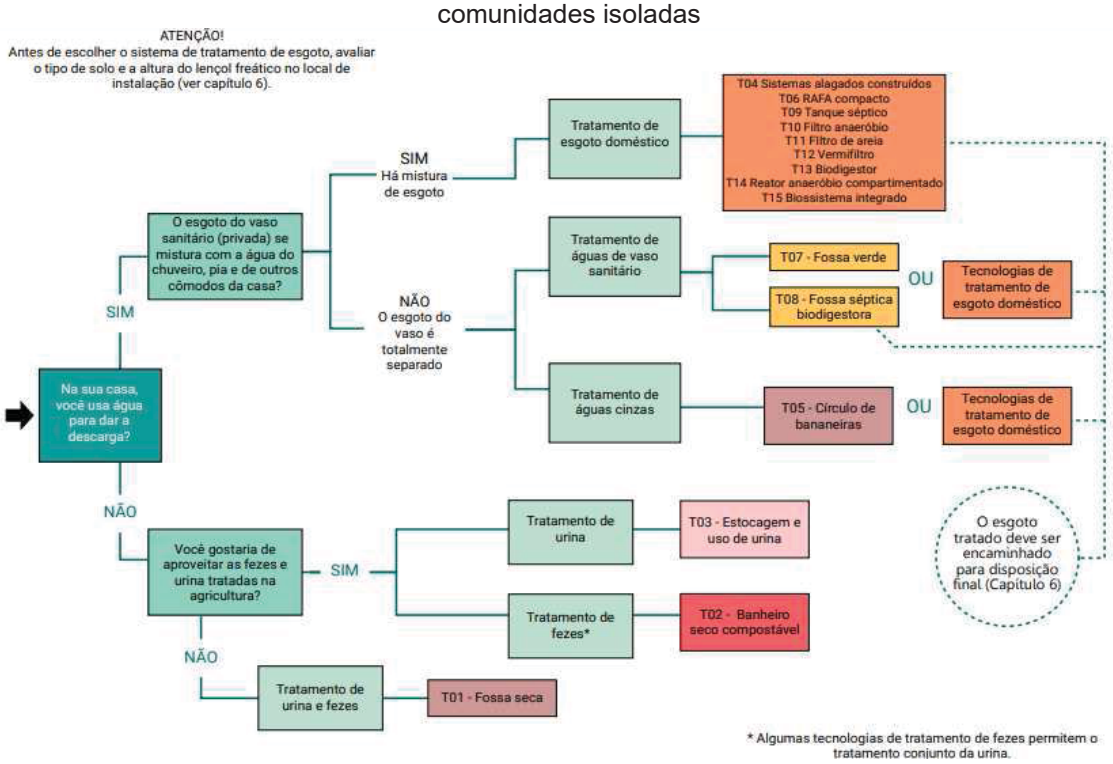
Tecnologia	Tipo de esgoto tratado	Necessário unidade de pré-tratamento	Tipo de sistema	Área necessária*	Remoção de matéria orgânica	Frequência de manutenção	Remoção de Lodo	Custo**
T01 Fossa seca	Fezes e urina (sem água)	Não	Unifamiliar	2 a 4 m²	Não se aplica	🔧🔧	Não	💰💰
T02 Banheiro seco compostável	Apenas fezes e um pouco de urina (sem água)	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	3 a 5 m²	Não se aplica	🔧🔧🔧	Não, mas há produção de composto	💰/💰💰
T03 Estocagem e uso da urina	Apenas urina (com ou sem água)	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1 a 3 m²	Não se aplica	🔧🔧🔧	Não	💰
T04 Sistemas alagados construídos (SAC)	Águas cinzas Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	7,5 a 15 m²	👍👍👍	🔧🔧	Não	💰💰💰
T05 Círculo de bananeiras	Águas cinzas Esgoto pré-tratado	Não para águas cinzas. Sim para esgoto misto	Unifamiliar	3 a 5 m²	Não se aplica	🔧🔧	Não	💰
T06 Reator anaeróbio de fluxo ascendente unifamiliar	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m²	👍👍	🔧🔧	Sim	💰💰💰
T07 Fossa verde	Águas de vaso sanitário	Não	Unifamiliar	7 a 10 m²	👍👍👍	🔧	Talvez	💰💰💰
T08 Fossa séptica biodigestora	Águas de vaso sanitário	Não	Unifamiliar	10 a 12 m²	👍👍	🔧🔧🔧	Não	💰💰💰
T09 Tanque séptico	Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m²	👍👍	🔧	Sim	💰💰
T10 Filtro anaeróbio	Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m²	👍👍	🔧	Sim	💰💰
T11 Filtro de areia	Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 5 m²	👍👍👍	🔧🔧🔧	Não	💰💰
T12 Vermifiltro	Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico Esgoto pré tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 4 m²	👍👍	🔧🔧🔧	Sim, na forma de húmus de minhoca	💰/💰💰
T13 Biodigestor	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	5 m²	👍👍	🔧🔧🔧	Sim	💰💰💰
T14 RAFA compacto	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	3 a 8 m²	👍👍	🔧	Sim	💰💰💰
T15 Biossistema integrado (BSI)	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	25 a 100 m²	👍👍👍	🔧🔧🔧	Sim	💰💰💰

Remoção de matéria orgânica (eficiência)	Frequência de manutenção	Custo**
👍 Até 49% (baixa)	🔧 1 vez por ano (baixa)	💰 Até R$ 500 (baixo)
👍👍 50% a 79% (média)	🔧🔧 2 a 4 vezes por ano (média)	💰💰 R$ 500 a R$ 1500 (médio)
👍👍👍 80% ou mais (alta)	🔧🔧🔧 5 ou mais vezes por ano (alta)	💰💰💰 R$ 1500 a R$ 2500 (alto)

* Para um sistema que atende até 5 pessoas.
** Valores calculados em 2018 para um sistema que atende até 5 pessoas.

FONTE: Tonetti *et al.* (2018).

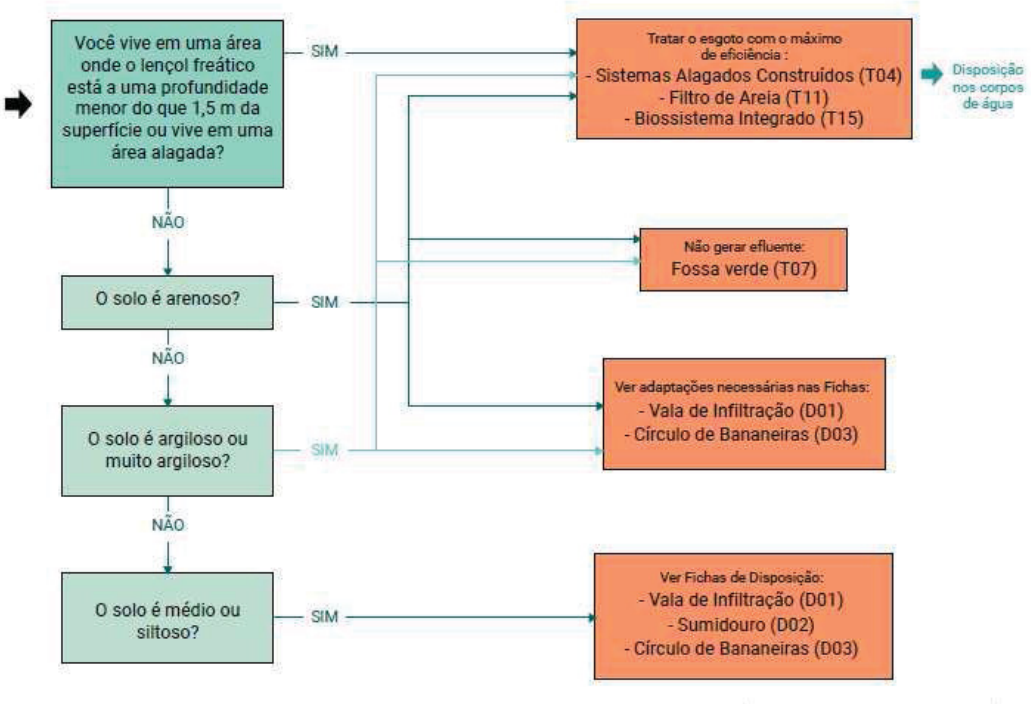
FIGURA 2 - Fluxograma para escolha da tecnologia para tratamento de esgoto doméstico em comunidades isoladas



FONTE: Tonetti *et al.* (2018).

Para disposição final de efluentes advindos das tecnologias de tratamento, Tonetti *et al.* (2018) apresentam dispositivos para infiltração no solo: vala de infiltração, sumidouro e círculo de bananeiras. Os autores também apresentam a possibilidade de disposição de esgotos tratados com máxima eficiência (tais como aqueles advindos de sistemas alagados construídos, filtro de areia e biossistema integrado) em corpos de água e para reuso agrícola. O fluxograma exposto na FIGURA 3 é proposto pelos autores para auxiliar na escolha da disposição final do efluente.

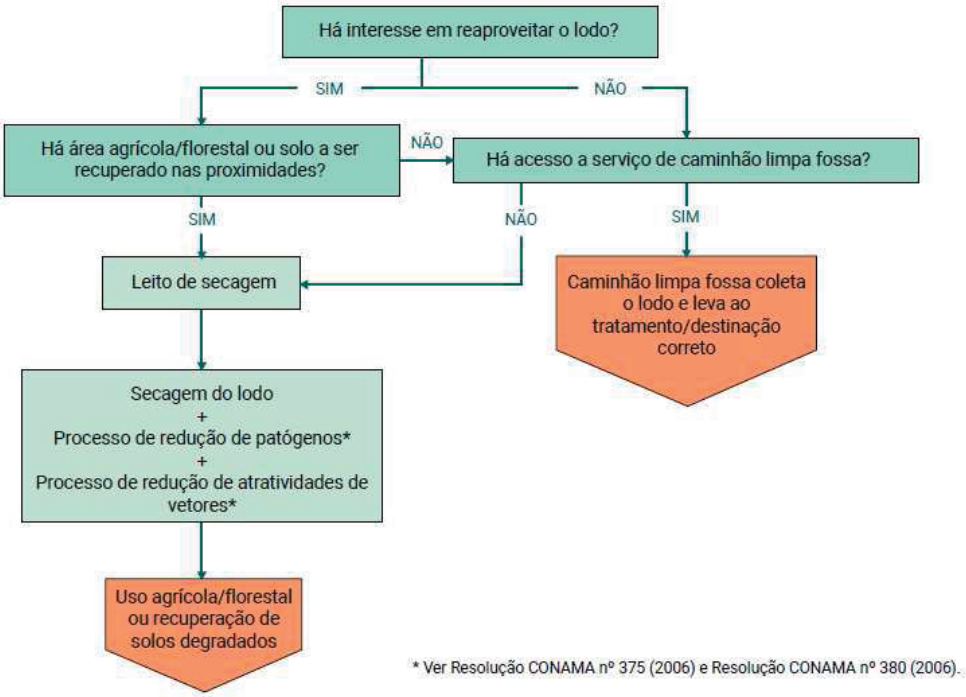
FIGURA 3 - Fluxograma para escolha da forma de disposição final do esgoto



FONTE: Tonetti *et al.* (2018).

No gerenciamento do lodo, Tonetti *et al.* (2018) indicam que o lodo removido dos sistemas pode ser tratado na própria comunidade em leitos de secagem de lodo e destinados para uso agrícola ou florestal, para recuperação de solos degradados ou ainda para aterros sanitários. Outra opção apresentada pelos autores é a remoção do lodo por caminhão limpa-fossa e sua destinação para tratamento em estação de tratamento de esgoto, incineração ou reuso industrial; estes dois últimos, de acordo com os autores, geralmente não são aplicáveis às comunidades isoladas. A FIGURA 4 apresenta as alternativas de gerenciamento do lodo gerado nos sistemas.

FIGURA 4 - Fluxograma de alternativas de gerenciamento do lodo



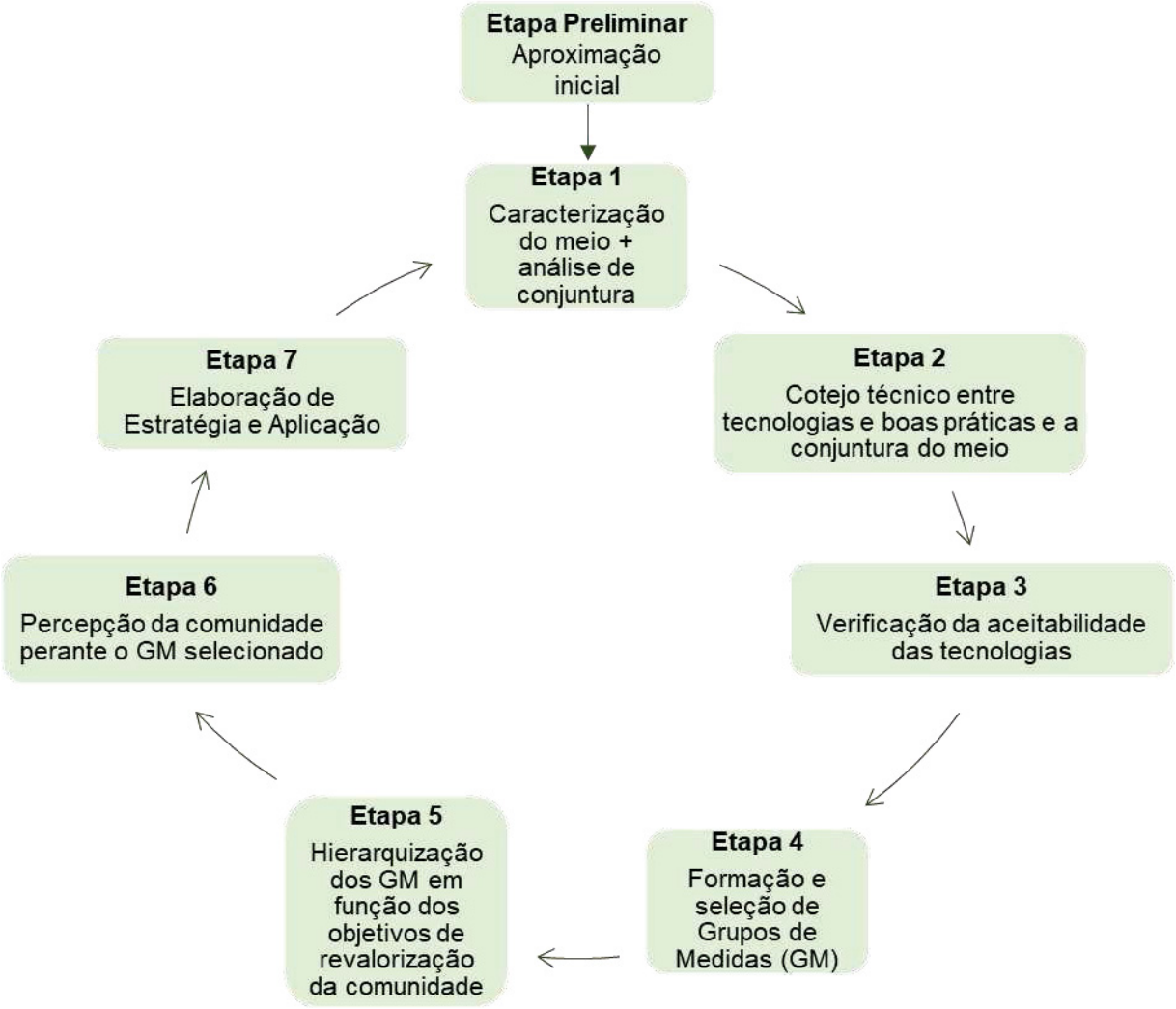
FONTE: Tonetti *et al.* (2018).

2.2.1.2 Revalorização de áreas fragilizadas

Benetti (2015) desenvolveu em sua pesquisa um método para concepção de soluções de saneamento integrado para a revalorização de áreas fragilizadas, por meio de uma abordagem participativa englobando princípios das filosofias de vanguarda no saneamento. Todas as informações apresentadas neste item são de autoria de Benetti (2015).

As etapas do método proposto são cíclicas (FIGURA 5) pois é proposto que, por meio do monitoramento, a própria comunidade monitore a situação sanitária e retroalimente o método e também auxilie novos moradores e comunidades em situação semelhante. No QUADRO 11 e QUADRO 12 apresenta-se lista de checagem das principais atividades a serem realizadas em cada etapa do método.

FIGURA 5 - Etapas do método Benetti



FONTE: Adaptado de Benetti (2015).

QUADRO 11 – Lista de checagem das etapas do método Benetti (Parte 1)

Etapa Preliminar	
1 – Definição do recorte espacial com potencial de aplicação do método	
2 – Aproximação inicial com a comunidade	2.1 – Definição e contato com 'atores' da comunidade
	2.2 - Verificação do interesse e da necessidade de revalorização da área, mediante aplicação e registro das perguntas abertas:
	a) A área em que reside possui problemas? Quais são os principais?
	b) Há algum aspecto da área que necessite de mudança em sua visão e na da comunidade, por que?
	c) Você considera a comunidade unida e engajada na resolução destes problemas?
	d) Você considera interessante para a comunidade a realização de um projeto de revalorização do local em que vivem?
	2.3 - Apresentação da proposta genérica do projeto. Em caso de aceite pela comunidade, aplicação do pré-teste do questionário de caracterização do meio e análise de conjuntura.
Etapa 1	
1 – Realização de Pesquisa Bibliográfica (1)	Levantamento de informações climáticas; hidrogeológicas; hidrológicas; topográficas; geográfica; socioculturais; sanitárias; institucionais.
2 – Aplicação do Questionário (Pesquisa Social) (2)	2.1 – Verificação da realização do pré-teste (3) e adequação do questionário referido;
	2.2 – Determinação da amostragem;
	2.3 – Aplicação do questionário (por meio de entrevistas)
3 – Levantamento de campo	3.1 – Fichamento geral do ambiente de estudo;
	3.2 – Fichamento dos lotes;
	3.3 – Levantamentos fotográficos (caso seja permitido).
Etapa 2	
1 – Aplicação da Matriz de Seleção Técnica de Infraestrutura de Saneamento	
2 – Aplicação do Quadro de Combate à Transmissão de Doenças via Feco-Oral	2.1 – Aplicação da árvore de seleção de tecnologias e boas práticas para sistemas de abastecimento de água
	2.2 – Aplicação da árvore de seleção de tecnologias e boas práticas para resíduos sólidos
	2.3 – Aplicação da árvore de seleção de tecnologias e boas práticas para higienização e utensílios domésticos

FONTE: Adaptado de Benetti (2015).

NOTA: (1) Quando não estiver disponível dados necessários referentes, por exemplo, à topografia, hidrografia e geologia, demanda-se realização de levantamentos de campo; (2) questionário modelo apresentado em Benetti (2015); (3) realizada durante a etapa preliminar do método.

QUADRO 12 - Lista de checagem das etapas do método Benetti (Parte 2)

Etapa 3
1 – Verificação da aceitabilidade das tecnologias de saneamento, mediante consulta à comunidade.
Etapa 4
1- Classificação funcional dos dispositivos selecionados na Etapa 3
2 - Formação dos prováveis grupos de medidas, visando à obtenção de um sistema de saneamento integrado (máximo 9 Grupos de Medidas)
3 - Aplicação da matriz de seleção dos grupos de medidas, considerando os critérios: área necessária, custos e eficiência do tratamento da água residuária.
Etapa 5
1 - Definição e julgamento dos objetivos de revalorização da comunidade
2 - Aplicação do método AHP com a participação da comunidade
Etapa 6
1 - Elaboração de material de apresentação do GM com melhor desempenho na Etapa 5.
2 - Apresentação e verificação da aceitabilidade do GM (participação da comunidade)
Etapa 7
1 - Definição da estratégia de implantação do projeto

FONTE: Adaptado de Benetti (2015).

Destaca-se que, na etapa 2, contrapõem-se as características do meio e as características técnicas de dispositivos de saneamento com potencial de sustentabilidade, visando eliminar dispositivos que não sejam compatíveis. A seleção de tecnologias é realizada em duas fases: seleção de infraestrutura de saneamento de drenagem urbana e de esgotamento sanitário e, em um segundo momento, seleção de dispositivos necessários para promover boas práticas e melhorias domiciliares. O segundo momento dedica-se ao sistema de abastecimento de água, ao manejo de resíduos sólidos, à higienização e aos utensílios domésticos.

Para seleção de infraestrutura de saneamento, realiza-se análise dos dispositivos de saneamento, expostos no QUADRO 13, mediante os conjuntos de variáveis apresentados no QUADRO 14.

QUADRO 13 - Dispositivos elencados no método para concepção de soluções em áreas fragilizadas

Categoria	Dispositivo
Latrinas	Latrina de fossa simples
	Latrina com descarga de água ou com sifão
	Latrina Ventilada
	Latrina com Fossa impermeável
	Latrina de compostagem
	Latrina de Balde
	Urine Diversion Dehydration Toilet (UDDT)/*Skyloo*
	Arboloo
Tratamento de esgoto	Sistema Condominial
	Caixa de Gordura
	Tanque interceptor
	Tanque Séptico
	Filtro Biológico
	Vala de Filtração
	Digestor de Biogás
	Reator Anaeróbio Compartimentado
	Wetlands Construídos/Zonas de Raízes de Fluxo Superficial
	Wetlands Construídos/Zonas de Raízes de Fluxo Subsuperficial
	Vala de Infiltração
	Sumidouro
	Tanque de evapotranspiração (TEvap)/Fossa verde
	Fossa Biodigestora
	Círculo de bananeiras
	Ligação Intradomiciliar de Esgoto
Tratamento de lodo de esgoto	Co-compostagem
	Filtros Plantados com Macrófitas para tratamento de Lodo
	Codisposição de Lodo em Aterro Sanitários
Uso dos subprodutos do tratamento de águas residuárias	Irrigação
	Aplicação de Lodo Fecal
	Aplicação de Urina
	Aplicação de Fezes Desidratadas
	Aplicação de Composto / Eco-Humus
	Surface Disposal
	Aproveitamento de Águas Pluviais
	Tanques de Armazenamento de Água Pluvial
	Cisterna Calçadão
Drenagem	Canaletas Plantadas
	Faixa de Filtro Gramada
	Trincheiras de Drenagem
	Bacia de Retenção
	Bacia de Detenção
	Filtro de Drenagem
	Jardins de Chuva /Biorretenção
	Trincheira de Infiltração
	Vala
	Wetlands Construídos de Drenagem
	Ligação Domiciliar de Drenagem
Transporte e esvaziamento	Transporte/Esvaziamento Manual
	Esvaziamento e Transporte Motorizado

FONTE: Adaptado de Benetti (2015).

QUADRO 14 - Características da área necessárias para aplicação das matrizes de seleção técnica de infraestrutura de saneamento – Etapa 2

Conjunto de variáveis	Dados necessários
1 - Substratos afluentes permitidos no dispositivo e afluentes gerados	Substratos afluentes permitidos (em função dos dispositivos de saneamento já existentes no local).
	Aspectos socioculturais: Material de limpeza anal utilizado, restrições culturais ao manuseio dos subprodutos do tratamento, a aplicação de água residuária tratada na agricultura ou para fins não potáveis.
2- Características ambientais do recorte espacial	Clima (umidade, temperatura), taxa de infiltração do solo e solo predominante
3- Infraestrutura e serviços públicos existentes	Existência ou não de infraestrutura viária e sanitária, verificação de falta de água para abastecimento durante o ano.
4 - Aspectos locacionais	Nível do lençol freático, inclinação do terreno e densidade de ocupação.
5 - Custos	Recursos (totais ou per capita) disponíveis para aquisição de tecnologias de saneamento e para operação e manutenção destas.
6 - Área	Área livre do terreno

FONTE: Benetti (2015)

Após a análise das tecnologias para cada conjunto de variáveis, aplica-se uma matriz de seleção técnica de infraestrutura, sendo descartados dispositivos que não atendam aos critérios de algum conjunto de variáveis.

Ressalta-se também que, na Etapa 5, para aplicação do método AHP, considera-se os critérios de três esferas da sustentabilidade:

- Esfera econômica: benefícios econômicos (ganhos com a venda de subprodutos do GM e/ou economia devido ao mesmo);
- Esfera social: ganhos cênicos, prevenção de doenças de origem fecal (eficiência de remoção de patógenos), atenuação de catástrofes relacionadas a eventos pluviais extremos (redução de coeficiente de *runnof* ou do volume de pico);
- Esfera Ambiental: salubridade ambiental (eficiência de remoção de DBO; eficiência de remoção de nitrogênio; eficiência de remoção de fósforo) e reciclagem de nutrientes (retorno de nitrogênio e fósforo para o solo).

2.2.2 Descentralização

Os sistemas descentralizados, inicialmente, eram considerados para locais em que o atendimento com sistemas centralizados era dificultado devido à topografia

ou por motivos econômicos. No entanto, na atualidade, estes sistemas são vistos como soluções sustentáveis para os problemas de escassez hídrica, possibilitando o uso de águas residuárias e águas pluviais próximo à fonte por meio do tratamento destas, e para outros problemas como poluição dos cursos hídricos e inundações, pois os sistemas atenuam picos de cheia, reduzem cargas poluentes lançadas em corpos hídricos e melhoram os ecossistemas locais (BURN; SHARMA; SHIROMA, 2012).

Tonetti *et al.* (2018) apresentam as principais vantagens do uso de sistemas descentralizados, expostas no QUADRO 15. Libralato, Ghirardini e Avezzù (2011) recomendam que os sistemas centralizados e descentralizados sejam utilizados em conjunto para potencializar as vantagens dos sistemas.

QUADRO 15 – Vantagens dos sistemas descentralizados de tratamento de esgotos

Área	Vantagens
Social	- Contribuem para a melhoria da saúde da população local - Podem gerar trabalho e renda - Podem ajudar a produzir alimentos, contribuindo com a segurança alimentar - São adaptáveis aos costumes e à cultura - Normalmente são bem aceitos pela população e entidades fiscalizadoras - Podem ajudar a compor o paisagismo local
Econômico	- Os sistemas mais simples têm baixo custo de instalação - Consomem pouca energia e insumos externos - Alguns subprodutos do sistema têm valor comercial e podem gerar renda (alimentos, biogás, plantas ornamentais) - Há economia em adubos quando se utiliza o esgoto tratado na agricultura
Ambiental	- Sistemas unifamiliares podem ser compactos - Usam poucos insumos e energia na construção e operação - Reduzem a poluição do solo e corpos hídricos locais - Podem melhorar as condições ecológicas locais - Promovem o reuso de água e de nutrientes localmente
Operacional	- Dispensam a construção de rede coletora local e estações elevatórias - Têm boa flexibilidade operacional - Podem ser ampliados ao longo do tempo - Têm baixo consumo de materiais e energia - Em boa parte dos casos, não se cobra pelo tratamento - Não requerem mão-de-obra especializada - Podem tratar águas cinzas e de vaso sanitário separadamente - São pouco influenciados por desastres naturais

FONTE: Tonetti *et al.* (2018)

Para sistemas condominiais, a descentralização é recomendada para evitar custos de transporte com grandes volumes, tendo em vista que o sistema condominial afeta a concepção do tratamento de esgotos a jusante (MELO, 2005).

A Resolução CONAMA 377/2006 (BRASIL, 2006) determina que o licenciamento ambiental de unidades de transporte e tratamento de esgoto sanitário, separada ou conjuntamente, de pequeno e médio porte seja realizado por meio de

procedimentos simplificados. As unidades de tratamento de pequeno porte são definidas na normativa como aquelas com vazão nominal de projeto menor ou igual a 50 l/s ou capacidade para atendimento até 30.000 habitantes. Considerando sistemas não centralizados que se enquadram como unidades de pequeno porte, estes sistemas apresentam ainda a vantagem de licenciamento ambiental simplificado.

2.3 MEDIDAS E DISPOSITIVOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL

Neste tópico serão apresentadas medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial voltadas para a aplicação nas comunidades urbanas em assentamentos irregulares, ou seja, que apresentem dentre suas características algum destes requisitos: simplicidade de operação e/ou construção, proximidade com soluções naturais, custos inferiores do que medidas convencionais, aplicabilidade em sistemas descentralizados. Ressalta-se que medidas convencionais que atendam um ou vários destes critérios poderão fazer parte do escopo desta pesquisa.

2.3.1 Transporte de águas residuárias

Neste tópico apresenta-se os sistemas e medidas aplicáveis ao transporte das águas pluviais e dos efluentes sanitários.

2.3.1.1 Ligação à rede pública

A ligação domiciliar à rede pública de esgotamento sanitário em locais onde exista rede pública é exigida pela Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007).

No Brasil, a rede pública de esgotamento sanitário é caracterizada pelo Sistema Separador Absoluto, onde existe separação absoluta entre esgoto sanitário e drenagem pluvial. Para ligação à rede pública, a área deve ter abastecimento de água, considerando que o sistema público é constituído por tubulações para transporte de efluentes líquidos. Outrossim, é importante a existência de infraestrutura viária, considerando a necessidade de manutenção da rede bem como o uso das vias públicas para passagem das tubulações.

Além da ligação domiciliar, é possível adotar sistemas de esgotamento condominiais à rede pública (BRASIL, 2019, cap. 4).

Quanto ao sistema de drenagem pluvial público, este está associado à urbanização das áreas, sendo encontrado nos locais onde existe pavimentação das vias. O sistema de drenagem pluvial público, em conjunto com o de esgotamento sanitário, é um sistema do tipo separador absoluto.

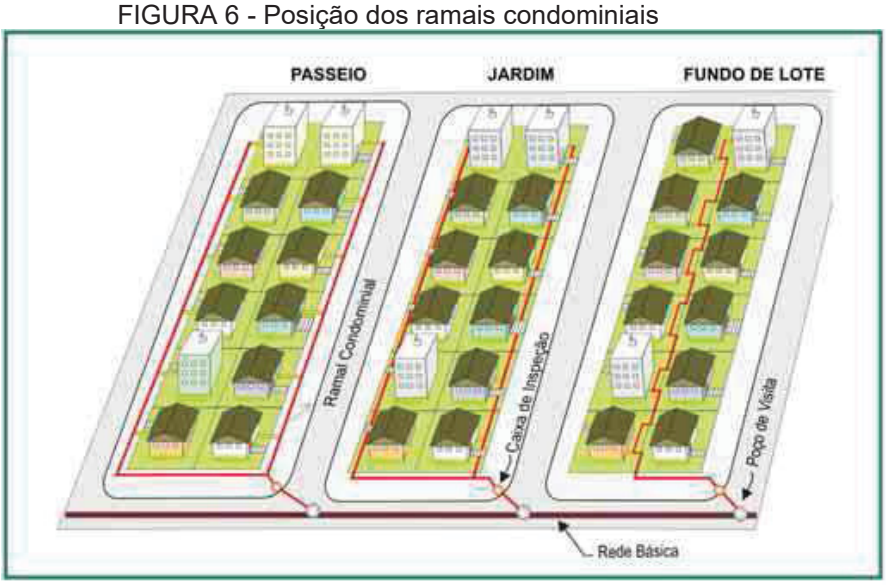
2.3.1.2 Sistema condominial de esgotamento sanitário

Criado no Brasil, o sistema condominial foi desenvolvido para viabilizar a universalização do atendimento dos serviços de esgotamento sanitário (PATERSON, MARA, CURTIS, 2007; MELO, 2008, cap. 3).

O sistema condominial promove o transporte dos esgotos sanitários, considerando grupos de usuários como unidades de esgotamento sanitário e, portanto, é constituído por redes de tubulações que podem transpassar transversalmente os quintais no interior da unidade de esgotamento sanitário (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000, cap. 2). Os ramais condominiais podem assumir diferentes configurações, conforme exposto na FIGURA 6.

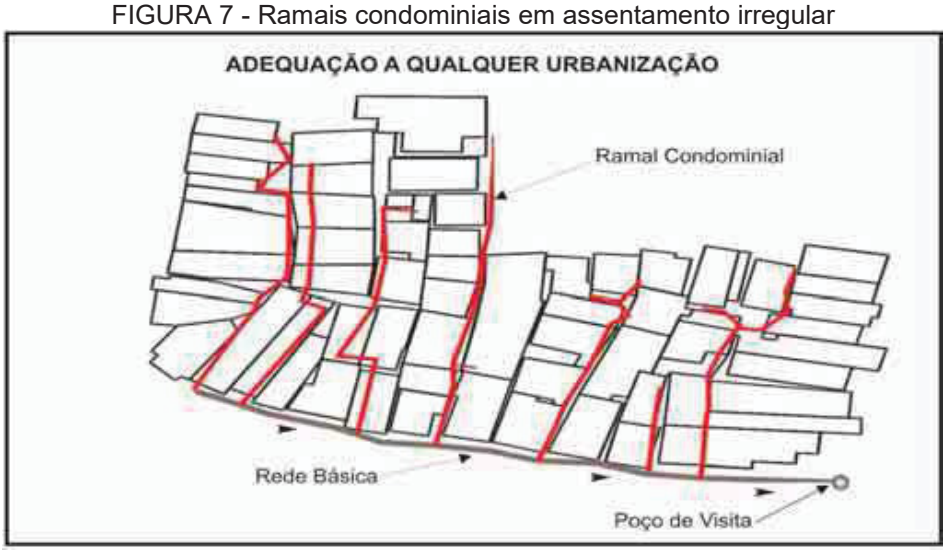
Nos assentamentos irregulares ou favelas, Melo (2008, cap. 3) apresenta que o sistema condominial é preferível ao convencional, considerando as dificuldades construtivas nestes locais. Nestes locais, o autor indica que os ramais de jardim e os de fundo de lote são mais adequados (FIGURA 6), pois demandam menores investimentos e possibilizam redução de custo operacional mediante formalização de alguma responsabilidade dos usuários na manutenção futura da rede. Melo (2008, cap. 3) também preconiza que nestas situações é necessário priorizar que as redes sigam as maiores declividades dentro dos condomínios e passem em todas propriedades para ofertar a ligação, como apresentado na FIGURA 7.

FIGURA 6 - Posição dos ramais condominiais



FONTE: Melo (2008, cap. 3)

FIGURA 7 - Ramais condominiais em assentamento irregular



FONTE: Melo (2008, cap. 3)

Os ramais condominiais do sistema condominial podem ser ligados a uma rede coletora de esgoto convencional próxima ou a uma estação de tratamento descentralizada – como por exemplo, sistemas com tanque séptico e filtro anaeróbio (BRASIL, 2019, cap. 4) ou estações com decanto-digestor seguido de sistemas alagados construídos (SANTIAGO, 2008).

Os sistemas condominiais são caracterizados por:

- Menores profundidades de assentamento, devido a não haver tráfego de veículos sobre o sistema (KLIGERMAN, 1995), podendo o recobrimento mínimo ser de 0,65 a 0,30 m conforme a locação nos passeios ou interior dos lotes (MELO, 2008, cap. 14);

- Menores extensões de ramais, devido à possibilidade de atravessar lotes e menor rede externa de coleta (MELO, 2008, cap. 2);
- Custos de 20 a 50% inferiores aos sistemas convencionais (TILLEY *et al.,* 2014);
- Planejamento com participação das comunidades (BRASIL, 2019, cap. 4);
- Facilidade de implantação e adequação para áreas densamente povoadas (PATERSON, MARA, CURTIS, 2007).

Melo (2008, cap.8) discute que, enquanto os sistemas convencionais adotam frequentemente diâmetro mínimo de 150 mm, os sistemas condominiais tendem a adotar como diâmetro mínimo aquele exigido pelas normativas (100 mm) e uma declividade mínima de 0,005 m/m. O autor alerta para a necessidade de avaliar a presença de águas pluviais nas redes, sendo imprescindível que estas não sejam lançadas nestas redes com menores diâmetros.

Tilley *et al.* (2014) recomenda que os sistemas condominiais sejam considerados em locais com densidade populacional a partir de 150 pessoas por hectare e com abastecimento de água de no mínimo 60 L/dia per capita. O abastecimento de água é importante para assegurar a limpeza das tubulações. Para a manutenção do sistema, Melo (2008, cap. 10) apresenta que uma equipe equipada com veículo leve e dispositivo portátil de hidrojateamento é suficiente para atender a um micro sistema equivalente a um bairro com 5 mil ligações, com coletores de até 200 mm de diâmetro. Para coletores mais longos do que 50 metros ou diâmetros maiores que 200 mm, é necessário utilizar hidrojatos montados em camionetes ou equipamentos montados em caminhão (MELO, 2008, cap. 10).

Tilley *et al.* (2014) recomendam que a gestão – responsabilidade pela operação e manutenção - deste sistema seja responsabilidade de um grupo de usuários ou de uma agência do governo, implicando, neste último caso na aplicação de taxas aos usuários.

Dentre as vantagens do sistema condominial estão: menores extensões de coletores públicos em comparação ao sistema convencional, menor profundidade de escavação em comparação ao sistema convencional, custos menores de construção em comparação ao sistema convencional, menor custo de operação em comparação ao sistema convencional, maior participação do usuário, possibilidade de extensão

conforme aumento das ocupações (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000, cap. 2; TILLEY *et al.*, 2014). Dentre as desvantagens tem-se: menor atenção na operação e manutenção dos coletores em comparação ao sistema convencional, dificuldades para a empresa que opera o sistema (no caso de sistemas operados pela empresa de saneamento) devido ao assentamento em lotes particulares, possível dependência da boa comunicação e treinamento dos usuários[5], maior necessidade de reparos e desentupimentos, maiores consequências ao despejo irregular de águas pluviais devido aos diâmetros reduzidos (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000, cap. 2; TILLEY *et al*., 2014).

Ressalta-se que, conforme apresentado, em algumas situações, dependendo da dimensão do sistema, sua instalação e manutenção não demanda infraestrutura viária. Porém, considerando que o sistema é dimensionado para transporte de águas residuárias, ele é adequado para locais com abastecimento de água.

2.3.1.3 Sistema Separador Absoluto

No Sistema Separador Absoluto as águas pluviais e os efluentes sanitários são conduzidos separadamente, em sistemas independentes (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000, cap. 1).

Nestes sistemas, comumente, a rede de esgoto é instalada sob as vias de circulação ou sob os passeios (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000, cap. 2), demandando, portanto, infraestrutura viária para a sua instalação. A NBR 9.649/1986 (ABNT, 1986), referente ao projeto de redes coletoras de esgoto, estabelece que as redes coletoras de esgoto sanitário devem atender às recomendações:

- Adoção de vazão mínima de 1,5 L/s em qualquer trecho, com respectiva declividade de 0,005 m/m;
- Recobrimento mínimo de 0,90 m para coletor no leito da via de tráfego e de 0,65 para coletar assentado no passeio.

A NBR 14.486 (ABNT, 2000) referente aos sistemas enterrados executados com tubos de PVC, por sua vez, apresenta a mesma recomendação de recobrimento mínimo e vazão mínima.

---

[5] Araujo (2019) apresenta diagnóstico dos sistemas condominiais em Olinda e Natal, concluindo que o mau uso dos usuários leva à operação do sistema com restrições.

No que concerne à drenagem urbana, esta é caracterizada por duas tipologias de sistemas: microdrenagem e macrodrenagem. O Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2012) apresenta que o sistema de microdrenagem é constituído pelas estruturas que captam e conduzem as águas pluviais que chegam aos elementos viários (ruas, praças, avenidas), provenientes da precipitação direta sobre estes elementos das captações de água pluvial das edificações e lotes lindeiros. O Manual apresenta que o sistema de macrodrenagem concentra e conduz as águas pluviais de uma bacia, recebendo contribuição de subsistemas de microdrenagem, e sendo composto por estruturas de maiores dimensões: canais naturais ou construídos, reservatórios de detenção e retenção, galerias de maiores dimensões.

Para os sistemas de drenagem urbana não há normativas técnicas específicas, sendo os critérios de projeto estabelecidos por manuais e normativas próprias dos estados ou municípios. Lobato (2020) apresenta que o principal critério de dimensionamento destas normativas é a garantia de velocidade mínima nas tubulações. O autor apresenta levantamento que indica que, nas capitais brasileiras, o parâmetro de velocidade mínima varia entre 0,60 a 1,00 m/s e que as velocidades máximas neste sistema admitidas nestas municipalidades variam entre 4,00 e 8,00 m/s.

2.3.1.4 Sistema Único Alternativo

Além do Sistema Separador Absoluto, existe ainda o Sistema Único Alternativo (SUA), que consiste na condução do esgoto sanitário em conjunto com as águas pluviais somente após seu tratamento (HOEPERS, 2019).

Neste sistema, para o esgotamento sanitário, caracterizado como descentralizado existem duas configurações possíveis: tratamentos de esgoto no lote para direcionamento ao sistema de drenagem ou coleta do esgoto em rede separada e condução até tratamentos descentralizados para posterior direcionamento ao sistema de drenagem (LOBATO, 2020). Assim como para o Sistema Separador Absoluto, tradicionalmente, este sistema demanda existência de infraestrutura viária e abastecimento de água.

O dimensionamento destes sistemas pode ser feito de forma análoga ao dimensionamento das redes de drenagem urbana, somando as vazões de projeto dos dois sistemas (HOEPERS, 2019).

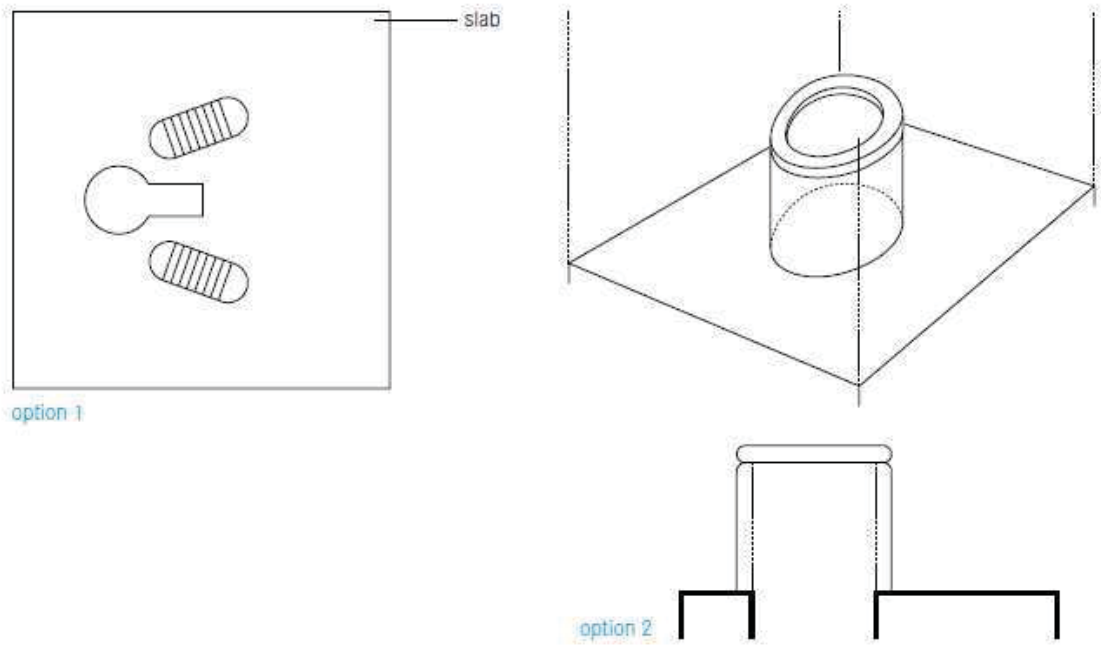
2.3.2 Dispositivos de interface com o usuário

Neste item se apresenta tecnologias de esgotamento sanitário que ficam em contato com o usuário.

2.3.2.1 Banheiro a seco

Segundo Tilley *et al.* (2014) este é um banheiro que opera sem descarga com água, coletando as urinas e as fezes conjuntamente. O dispositivo pode ter assento elevado para que o usuário sente-se, ou ser fixo no chão, conforme apresentado na FIGURA 8; para esta última situação o usuário deve se agachar para utilizá-lo. (TILLEY *et al.,* 2014).

FIGURA 8 - Esquema do banheiro a seco: a) abertura no chão; b) assento elevado.



FONTE: Tilley *et al.* (2014).

Quanto aos aspectos construtivos, Tilley *et al.* (2014) sugerem que o dispositivo seja instalado em local fechado para evitar entrada de água pluvial e

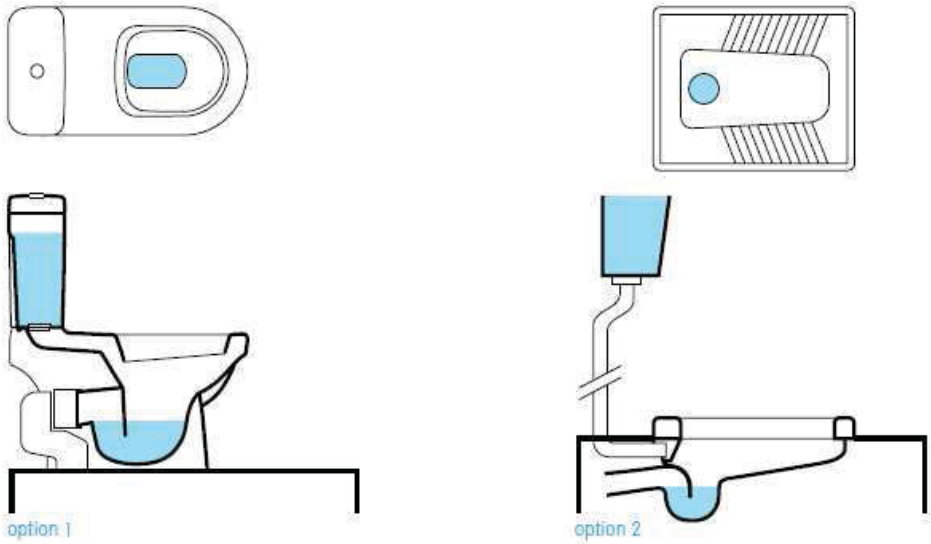
animais. Os autores indicam que os assentos e/ou aberturas podem ser confeccionados localmente com concreto ou externamente em cerâmica, metal ou madeira. Também mencionam que é possível adaptar o dispositivo conforme as preferências dos usuários, como por exemplo usuários que são habituados a se agacharem para uso do banheiro ou crianças que necessitam de assentos menores.

Dentre as desvantagens deste sistema, tem-se: os dispositivos com abertura no chão podem não ser apropriados para pessoas com mobilidade reduzida e idosos; é provável que haja geração de odor; normalmente a excreta fica visível ao usuário; é difícil controlar o acesso de moscas e mosquitos (TILLEY *et al.,* 2014). As vantagens do sistema incluem: independência do fornecimento de água, fácil manutenção; baixo custo de implantação; baixo custo de manutenção (TILLEY *et al.,* 2014).

2.3.2.2 Banheiro com despejo de água

Dispositivo que funciona com descarga com água, coletando em conjunto urina e fezes e gerando o efluente denominado águas negras (TILLEY *et al.,* 2014). De acordo com Tilley *et al.* (2014), comumente, o dispositivo conta com um reservatório de água adjacente ao vaso sanitário, que, por sua vez, pode ser com assento elevado ou com abertura no chão (FIGURA 9). Os autores apresentam que os banheiros modernos utilizam de 6 a 9 L por descarga, enquanto modelos mais antigos podem chegar ao gasto de 20 L por descarga.

FIGURA 9 - Banheiro com despejo de água



FONTE: Tilley *et al.* (2014).

Tilley *et al.* (2014) apresentam que a grande vantagem deste sistema é a prevenção de odores, devido ao selo hídrico gerado pela água que fica dentro do dispositivo. Outra vantagem apresentada pelos autores é a remoção das excretas antes do próximo uso, não estando visível ao próximo usuário e evitando a atração de moscas.

Quanto às desvantagens, Tilley *et al.* (2014) destacam: custos elevados de implantação; custo de operação dependente dos custos da água; requer abastecimento constante de água; não é possível construir ou reparar o dispositivo com materiais disponíveis no local.

2.3.3 Tratamento de esgoto

Os dispositivos que atuam na remoção de poluentes dos efluentes sanitários são apresentados na sequência.

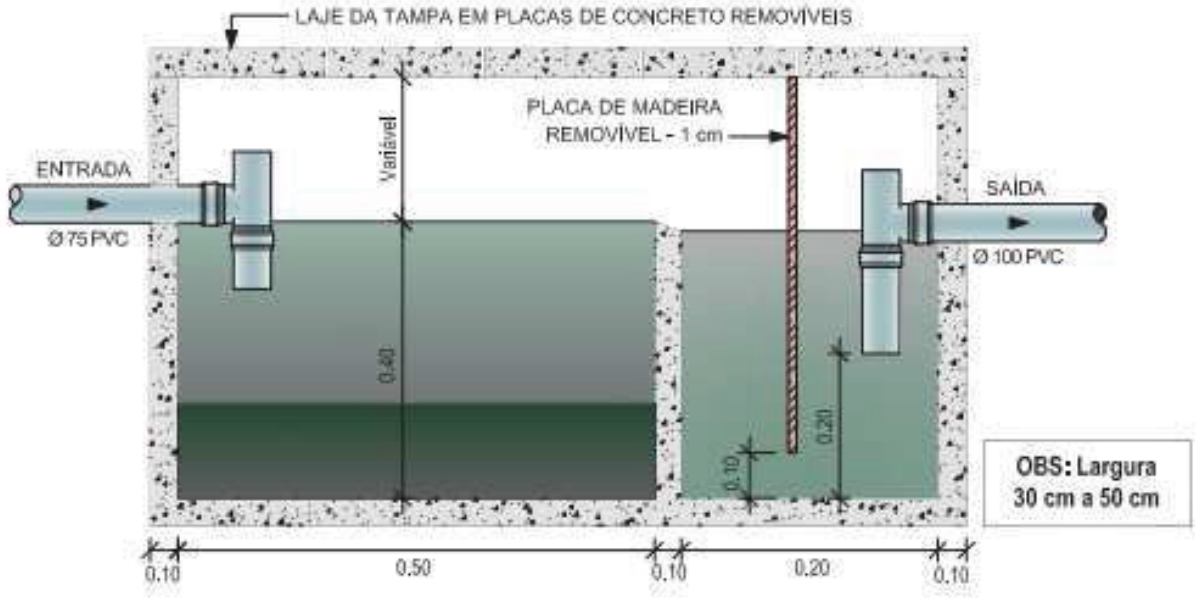
2.3.3.1 Caixa de gordura

As caixas de gordura recebem as águas cinzas, provenientes de pias de cozinhas, com a finalidade de reter as gorduras e evitar o entupimento das tubulações

e dispositivos de tratamento de esgoto (BRASIL, 2019, cap. 4; TONETTI *et al.*, 2018, cap. 4).

No Brasil, a NBR 8160/1999 (ABNT,1999) apresenta o dimensionamento e as características adequadas para este dispositivo. A norma apresenta esquema de uma caixa de gordura para residência unifamiliar.

FIGURA 10 - Caixa de gordura para residência unifamiliar



FONTE: Brasil (2019, cap. 4)

Tonetti *et al.* (2018, cap. 4) apresentam que as caixas podem ser em polietileno, concreto pré-moldado ou confeccionados *in loco* e que são elementos obrigatórios em qualquer modalidade de sistema adotado.

Semestralmente, a caixa de gordura deve ser inspecionada para avaliar a necessidade de limpeza, que pode ser realizada manualmente (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 4).

.

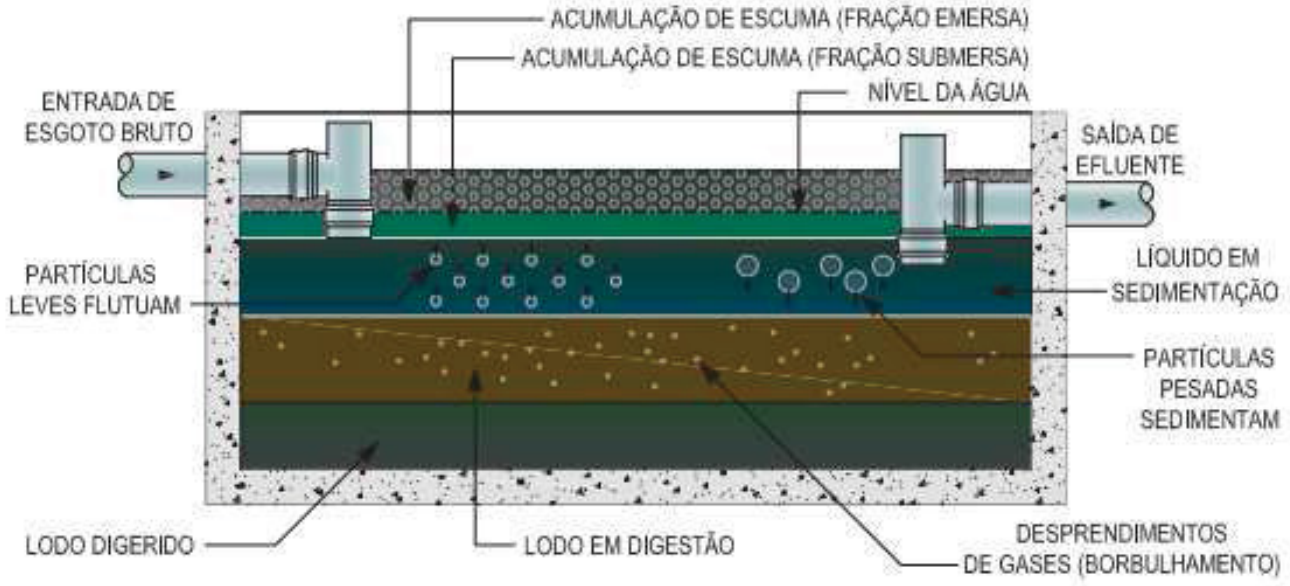
2.3.3.2 Tanque séptico

O tanque séptico é uma unidade de tratamento primário de esgoto sanitário, recebendo efluentes gerados em locais com abastecimento de água (TILLEY *et al.*, 2014), não devendo, no entanto, receber contribuição de águas pluviais (TONETTI *et al.,* 2018, cap. 5). As águas cinzas encaminhadas para o tanque séptico devem ser precedidas de caixa de gordura (BRASIL, 2019, cap. 4).

Brasil (2019, cap. 4) aponta a utilização do sistema de tanque séptico com filtro anaeróbio para estações descentralizadas de tratamento de esgotos advindos de sistema condominial de esgotamento. No Brasil, a NBR 7229/1993 (ABNT, 1993) fixa condições para projeto, construção e operação de tanques sépticos.

O tanque é constituído por uma câmara única ou em série que recebe horizontalmente o esgoto sanitário e o armazena por determinado período no qual ocorre a sedimentação dos sólidos sedimentáveis, flutuação de óleos e gorduras (escuma) e formação de lodo no fundo do tanque séptico. Os microorganismos presentes no lodo permitem a digestão anaeróbia do esgoto presente no tanque (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5; BRASIL, 2019, cap. 4). A FIGURA 11 expõe o funcionamento geral de um tanque séptico.

FIGURA 11 - Funcionamento geral de tanque séptico



FONTE: Brasil (2019, cap. 4)

O tanque séptico pode ser confeccionado em alvenaria, anéis de concreto, plástico reforçado com fibra de vidro, ou outro material que permita a impermeabilização da parede e dos fundos (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Tilley *et al.* (2014) recomendam que o esvaziamento de lodo dos tanques sépticos seja motorizado, mas relata que o esvaziamento manual também é possível. Brasil (2019, cap. 4) recomenda que o procedimento seja feito sem contato com o operador, com utilização de bombas de sucção, e que, em locais onde caminhões

limpa-fossa não possam acessar seja utilizada bomba diafragma (manual ou elétrica) montada em um carrinho.

Tilley *et al.* (2014) preconizam ainda que a aplicação dos tanques sépticos em áreas densamente povoadas não deve ser procedida de infiltração no solo para evitar a saturação do solo e afloramento do esgoto sanitário; nestes locais, os autores indicam que o tanque deve ser conectado à sistemas de transporte de águas residuárias que os conduzam para posterior tratamento ou disposição. Os autores também indicam que não é aconselhável instalar tanques sépticos em locais com nível de lençol freático raso ou com inundação frequente.

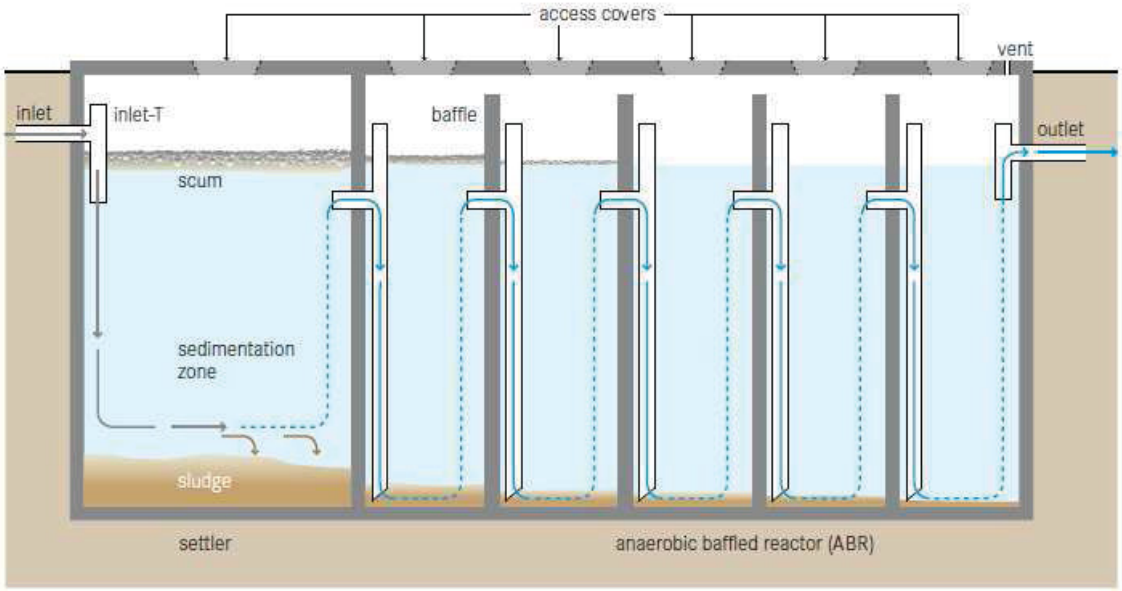
Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) indicam que a área utilizada pelo tanque séptico para até 5 pessoas é de 1,5 a 4 m² e Tilley *et al.* (2014) apontam que os tanques sépticos demandam pouca área e, se projetados e operados corretamente, removem, em média, 50% dos sólidos suspensos e 30 a 40% da DBO (baixa eficiência).

Considerando a eficiência de tratamento dos tanques sépticos, estes dispositivos devem ser procedidos de tratamento secundário de efluentes (TILLEY *et al.*, 2014). Para o tratamento complementar, a NBR 7229/1993 recomenda os dispositivos: filtro anaeróbio, filtro aeróbio, filtro de areia, vala de filtração, escoamento superficial, desinfecção (ABNT, 1993). Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) sugere para tratamento posterior: sistemas alagados construídos, filtro anaeróbio, filtro de areia ou vermifiltros após os tanques sépticos. Para disposição final, ABNT (1993) recomenda: sumidouro, vala de infiltração, corpo de água, sistema público

2.3.3.3 Reator anaeróbio compartimentado

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresentam que o Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) se assemelha ao tanque séptico, diferenciando-se por possuir múltiplas câmaras em série (FIGURA 12). Os autores indicam que as câmaras podem ter volumes iguais, ou a primeira câmara pode ter um volume maior; ademais, o período de retenção deve ser estabelecido em projeto, podendo variar entre 10 a 24 horas.

FIGURA 12 - Reator Anaeróbio Compartimentado



FONTE: Tilley *et al.* (2014)

O esgoto recebido pelo RAC é direcionado para o fundo das câmaras e tem saída na parte superior; a estratégia busca promover maior contato do esgoto com o lodo e com os microrganismos que degradam a matéria orgânica (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). Apesar de possuírem melhor qualidade que o efluente do tanque séptico, ainda é necessário tratamento posterior; Tonetti *et al* (2018, cap. 5) sugerem implantação de filtro de areia e sistemas alagados construídos.

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresenta que são necessários de 3 a 8 m² para atender até 5 pessoas e Tilley *et al.* (2014) recomendam que a remoção do lodo deve ser feita com caminhões limpa-fossa.

Tilley *et al.* (2014) apontam que o dispositivo é aplicável principalmente em nível de vizinhança, podendo ser mantido de forma compartilhada ou pelos entes públicos.

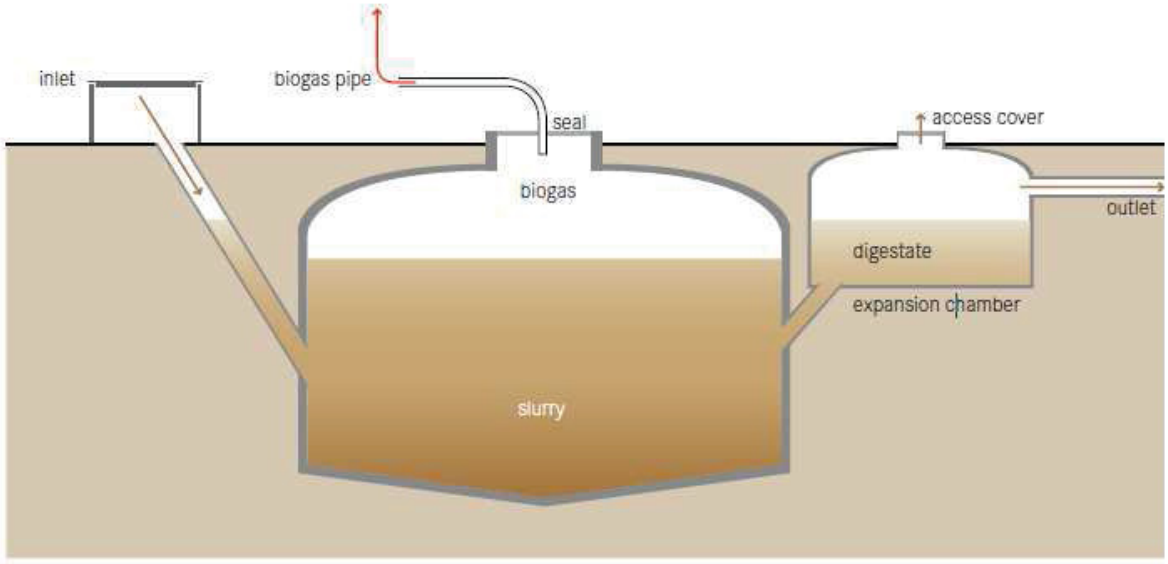
2.3.3.4 Biodigestor

O biodigestor é uma unidade de tratamento primário de águas negras, esterco fresco, restos de alimentos e lodo, podendo ser adotado para tratamento de um ou vários destes dejetos (TILLEY *et al*., 2014; TONETTI *et al*., 2018, cap. 5).

Tilley *et al.* (2014) apontam que a tecnologia é uma alternativa para o tanque séptico.

O dispositivo consiste em uma câmara fechada (FIGURA 13) em que a matéria orgânica passa por digestão anaeróbia, gerando biogás, que pode ser usado nas cozinhas, e lodo estabilizado, que pode ser utilizado na agricultura (TILLEY *et al*., 2014; TONETTI *et al*., 2018, cap. 5). Tonetti *et al.* (2018) apresenta que a principal vantagem do biodigestor com relação à outras alternativas é a possibilidade de aproveitamento do biogás.

FIGURA 13 - Esquema de um biodigestor



FONTE: Tilley *et al.* (2014)

Após o biodigestor, o efluente deve passar por tratamento complementar, tais como filtro anaeróbio e sistemas alagados construídos (TONETTI *et al*., 2018, cap. 5). O lodo estabilizado produzido constantemente pelo biodigestor, dependendo do uso posterior, também necessita de tratamento (TILLEY *et al*., 2014).

Tonetti *et al.* (2018) apresentam que o excesso do lodo deverá ser removido manualmente ou por caminhão limpa-fossa. A unidade requer pouca manutenção quanto ao esvaziamento, mas é necessário cuidados no sistema de vedação e controle do dispositivo para evitar vazamento de biogás (TONETTI *et al*., 2018, cap. 5), que pode ser prejudicial à saúde humana (TILLEY *et al*., 2014).

As unidades podem ser pré-fabricadas ou construídas em alvenaria *in loco* e podem ser instaladas na superfície ou enterradas, dependendo das características do solo, recursos disponíveis e volume gerado (TILLEY *et al*., 2014). Tilley *et al.* (2014) apresentam que as unidades direcionadas para o nível de edificação podem ser feitas

de plástico ou alvenaria, com volumes variando de 1.000 L para residências unifamiliares a 100.000 L para banheiros públicos.

A construção do biodigestor deve ser executada por profissionais, devido aos cuidados necessários para geração de biogás (TILLEY *et al*., 2014; TONETTI *et al*., 2018, cap. 5).

Estes dispositivos requerem pouca área, podendo ter a maior parte de sua estrutura enterrada, e possuem baixos custos de operação (TILLEY *et al*., 2014). Para até 5 pessoas é necessária uma área de 5 m² (TONETTI *et al*., 2018, cap. 5).

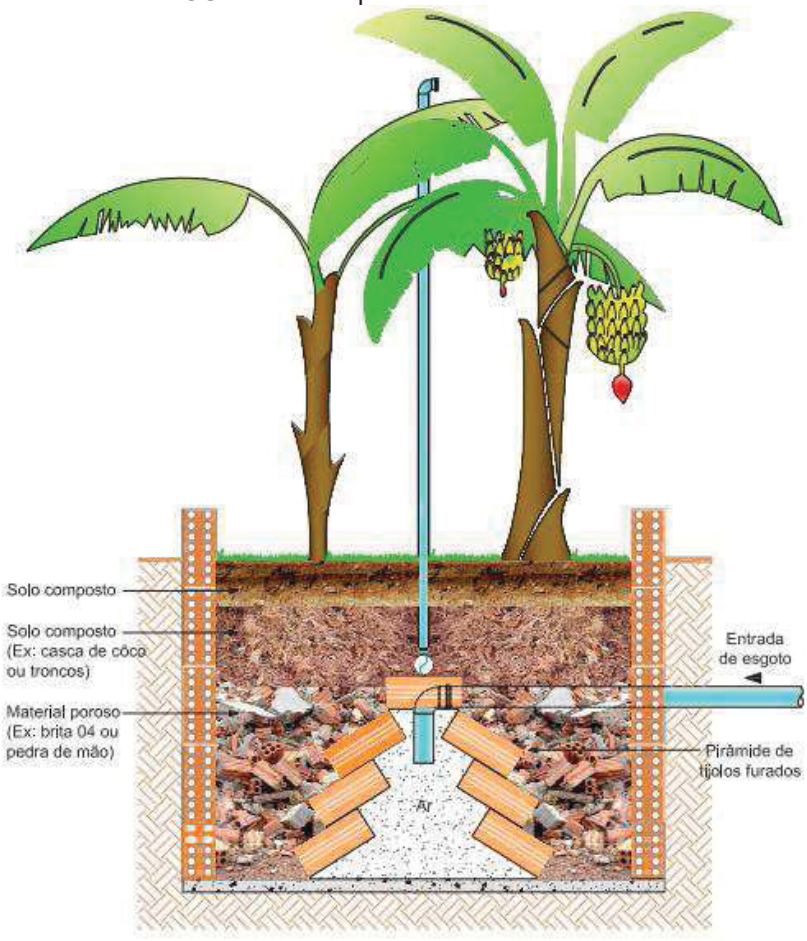
2.3.3.5 Fossa verde ou bacia de evapotranspiração (BET)

A fossa verde ou bacia de evapotranspiração (BET) é um dispositivo de baixo custo para tratamento das águas negras de sistemas unifamiliares, que utiliza os nutrientes do esgoto para o cultivo de plantas (BRASIL, 2019, cap. 4; TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). O dispositivo deve ser impermeabilizado, sem vazamentos no sistema ou entrada de água subterrânea, podendo ser construído em alvenaria convencional ou técnicas alternativas, como ferro-cimento, mantas de PVC, entre outras (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

A fossa possui três partes: um compartimento central que recebe o esgoto e faz a digestão inicial; uma camada filtrante externa superior ao compartimento central preenchida com materiais como entulho, casca de coco, material terroso, brita e areia; e uma área de plantação acima dos demais componentes (BRASIL, 2019, cap. 4; TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). Usualmente adota-se bananeiras para a plantação, devido ao consumo elevado de água destas plantas.

A FIGURA 14 apresenta um esquema da estrutura de uma fossa verde.

FIGURA 14 - Esquema de uma fosse verde



FONTE: Brasil (2019, cap. 4)

A entrada do esgoto, sedimentação dos sólidos e início da digestão anaeróbia ocorrem no compartimento central, que pode ser executado em blocos cerâmicos vazados, pneus velhos, ou outros materiais similares (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). Após a entrada do esgoto, o efluente passa a escoar para a camada filtrante externa da estrutura, que é preenchida com materiais que agem como filtro, tais como areia, brita, entulho, casca de coco e material terroso (BRASIL, 2019, cap. 4; TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). Por último, as plantas na parte superior do dispositivo utilizam os nutrientes e água do esgoto, ao mesmo tempo que os microorganismos aeróbios na zona de raízes das plantas promovem a digestão da matéria orgânica do esgoto (BRASIL, 2019, cap. 4).

Tonetti *et al. (*2018, cap. 5) recomendam que a instalação de tubulações de drenagem no solo acima da camada filtrante, para direcionar possíveis excedentes do efluente tratado para disposição final e que seja dada preferência para a instalação

da fossa em locais com muita insolação e ventos. Os autores apresentam também que para até 5 pessoas é necessária uma área de 7 a 10 m² para o dispositivo.

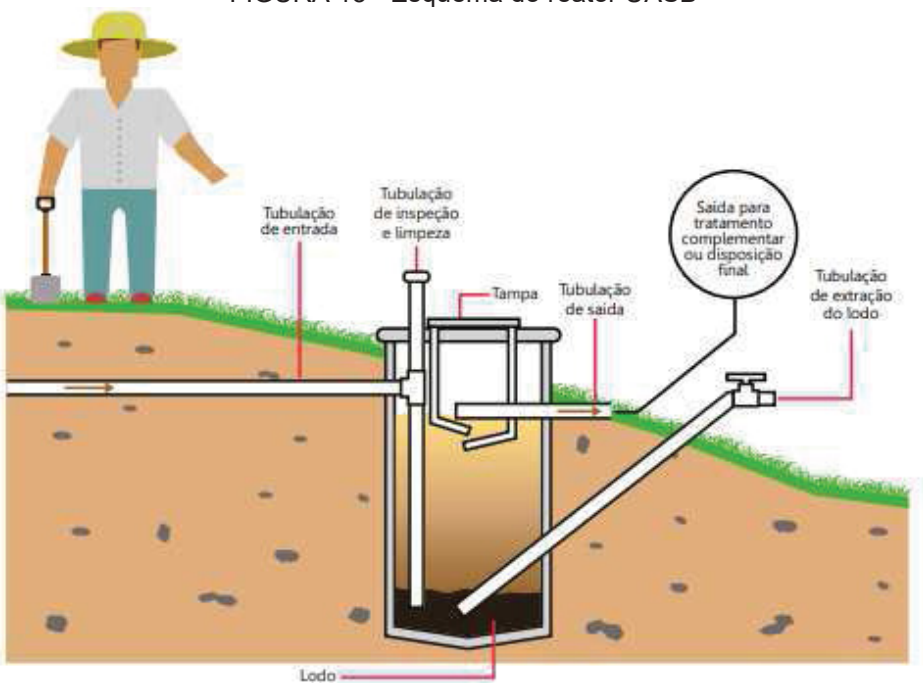
A fossa verde pode ser implantada em solo arenoso, argiloso e, inclusive, em locais com lençol freático raso (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). Galbiati (2009) apresenta que a manutenção do sistema consiste em manutenção da plantação.

2.3.3.6 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) compacto

O Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), conhecido pela sigla UASB, é uma unidade de tratamento de águas negras e esgoto doméstico que recebe estes efluentes sem tratamento prévio. Para até 5 pessoas, a área utilizada pelo dispositivo varia entre 1,5 a 4,0 m² (TONETTI *et al.*, 2018, cap.5).

De acordo com Tonetti *et al.* (2018, cap. 5), a unidade é formada por uma câmara única, de fluxo ascendente, que decompõe a matéria orgânica por meio do lodo que se forma em seu interior (digestão anaeróbia). Os autores apresentam que o líquido dos materiais sólidos e do biogás formados no processo são separados por placas no topo do reator, conforme apresentado na FIGURA 15, e que o sistema pode provocar a liberação de odores. Tilley *et al.* (2014) apresentam que o biogás gerado neste dispositivo pode ser aproveitado.

FIGURA 15 - Esquema do reator UASB



FONTE: Tonetti *et al.* (2018, cap. 5)

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) indicam que o reator pode ser pré-fabricado em materiais como polietileno e plástico reforçado com fibra de vidro, ou pode ser confeccionado com tubos plásticos, anéis de concreto, alvenaria ou outro material que garanta sua impermeabilização. Os autores explicam que os modelos pré-fabricados podem possuir uma válvula para coleta manual do lodo e, em alguns casos, é possível instalar uma tubulação para remoção do lodo, não sendo necessário, nestes casos, o emprego de caminhão limpa-fossas.

O dispositivo deve ser precedido de caixa de gordura e deve possuir sistema de ventilação, para evitar liberação de gases que provocam mau cheiro (ABNT, 1999; TONETTI *et al.*, 2018, cap.5).

O lodo do dispositivo é estabilizado, carecendo somente de desidratação, enquanto o efluente pode ser infiltrado no solo ou pode demandar tratamento complementar, como filtro anaeróbio, filtro de areia e sistemas alagados construídos (TONETTI *et al.*, 2018, cap.5).

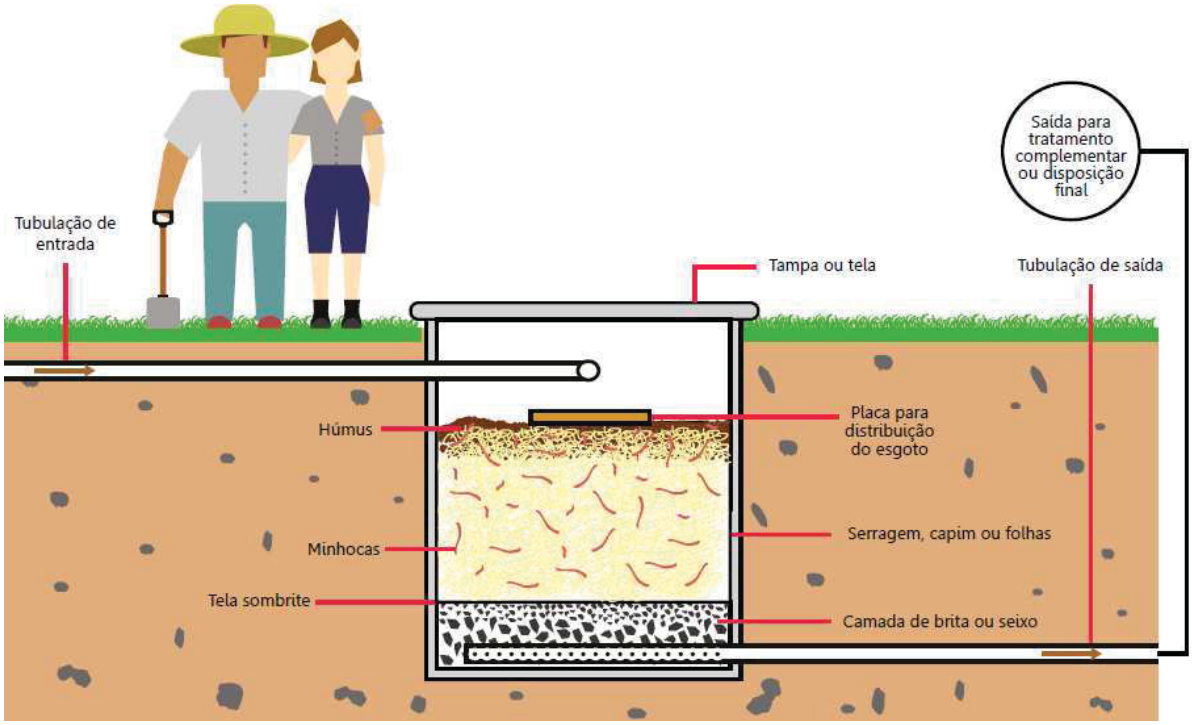
2.3.3.7 Vermifiltro

Este dispositivo é destinado a receber águas negras e efluentes pré-tratados para tratamento (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5), atuando como um filtro biológico aeróbio (CAMPOS *et al.*, 2020). O dispositivo demanda uma área de 2 a 4 m² para sistemas com até 5 pessoas (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresentam a recomendação de que seja instalado um tanque séptico antes do vermifiltro para mitigar danos causados pela variação de temperatura do esgoto e presença de produtos de limpeza no esgoto.

A FIGURA 16 apresenta um esquema do dispositivo.

FIGURA 16 - Esquema do vermifiltro



FONTE: Tonetti *et al.* (2018, cap. 5)

A parte superior do dispositivo que recebe a contribuição de esgoto é constituída por serragem, húmus e minhocas; as minhocas são responsáveis pela degradação inicial da matéria orgânica (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). A parte inferior da unidade é composta por camadas de materiais filtrantes com diferentes granulometrias e abriga os microorganismos que fazem a decomposição da matéria (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

A aplicação do esgoto no vermifiltro deve ser intermitente: para sistemas unifamiliares não é necessário controle, mas para sistemas maiores é recomendado a instalação de caixa sinfonada (FIGURA 17) para dosagem do esgoto (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

FIGURA 17 - Esquema de caixa sinfonada que gera aplicações do esgoto em pulsos



FONTE: Tonetti et al. (2018, cap. 5)

Tonetti *et al.* (2018) apontam que a principal característica do vermifiltro é o acúmulo de húmus, chamado vermicomposto, que deve ser retirado de forma manual pelo menos a cada seis meses. Os autores indicam que o húmus deve passar por desidratação para ser utilizado como adubo e que o excesso de húmus retirado deve ser substituído por serragem no vermifiltro.

O efluente da unidade, por sua vez, pode ser analisado para uso na fertirrigação agrícola, devendo ser avaliada sua qualidade tanto para reúso como para disposição final (CAMPOS *et al.*, 2020; TONETTI *et al.* , 2018, cap. 5). O dispositivo não gera lodo (TONETTI *et al.* , 2018, cap. 5)

Madrid *et al.* (2019) aponta que os vermifiltros tem eficiência de remoção de matéria orgânica semelhante a tratamentos convencionais, como o tanque séptico seguido por um reator biológico, sem a necessidade de unidades que o precedam ou o complementem. Os autores concluem que o dispositivo permite atender aos limites legais de carga orgânica para lançamento em corpo hídrico e, se complementado com tratamento terciário, viabiliza o reuso do efluente.

Singh, Bhunia e Dash (2017) pontuam que estes dispositivos são uma alternativa de tratamento natural com baixo consumo de energia e maior simplicidade operacional do que sistemas convencionais, sendo considerados especialmente para comunidades pequenas e afastadas.

2.3.3.8 Filtro anaeróbio

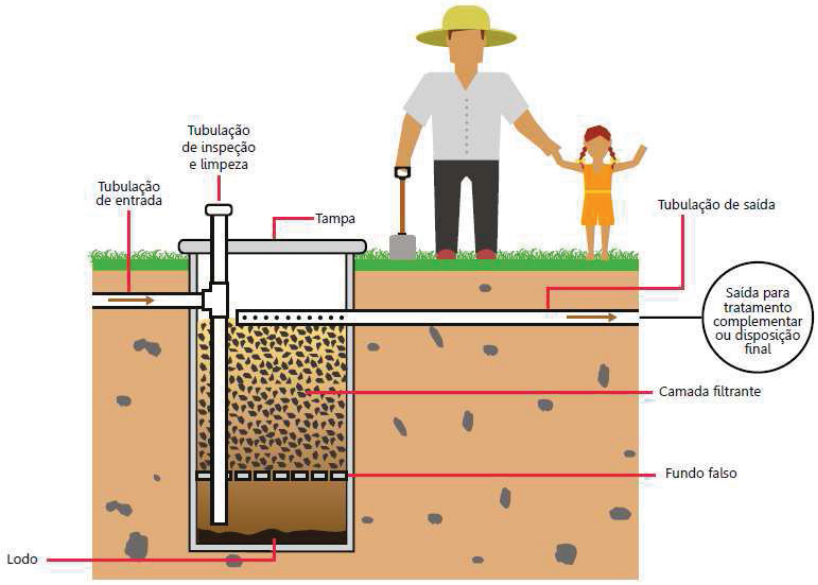
A NBR 13969/1997, referente ao projeto, construção e operação de unidades complementares a tanques sépticos, define filtro anaeróbio como:

> “reator biológico com esgoto em fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submersas, onde atuam microorganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica” (ABNT, 1997).

O dispositivo é, portanto, uma unidade de tratamento secundário de esgoto sanitário, precedida por dispositivos como tanque séptico, biodigestor e reator anaeróbio compartimentado (TONETTI *et al.,* 2018, cap. 5). Semelhantemente ao tanque séptico, esta unidade pode ser confeccionada em alvenaria, anel de concreto ou outro material que impermeabilize as paredes e fundos (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Um esquema do filtro anaeróbio é apresentado na FIGURA 18.

FIGURA 18 - Filtro Anaeróbio



FONTE: Tonetti *et al.* (2018, cap. 5)

Tilley *et al.* (2014) definem que os filtros podem ser adaptados para uma escala doméstica, de vizinhança e áreas maiores. No entanto, os dispositivos não são eficientes na remoção de nutrientes e patógenos. Os autores também indicam que os filtros sejam projetados e localizados de forma que odores gerados nos dispositivos não incomodem a comunidade. Quanto à manutenção, é necessária infraestrutura

viária para acesso de caminhões limpa-fossa para remoção de lodo estabilizado e o material filtrante deve ser trocado periodicamente (TILLEY *et al.*, 2014). Pode-se utilizar como preenchimento do filtro materiais que não alterem sua composição a longo prazo, com tamanho uniforme, tais como brita, seixo, conduíte picado, cacos de tijolos ou telhas, bambu e cascas de coco (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Este dispositivo tem uma demanda média de área para instalação, podendo ser construído de forma subterrânea (TILLEY *et al.*, 2014). Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresenta que para até 5 pessoas a área necessária varia entre 1,5 a 4,0 m².

O efluente desta unidade deve ser avaliado quanto à sua qualidade e necessidade de tratamento posterior, tais como sistemas alagados construídos e filtro de areia (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

2.3.3.9 Sistemas Alagadas Construídos (Wetlands)

Os sistemas alagados construídos, conhecidos também como wetlands ou zona de raízes, são áreas inundadas ou saturadas de água que abrigam vegetação e tratam o esgoto por mecânicos biológicos, mecânicos e físicos (Von Sperling, 2005, cap. 4).

Von Sperling (2005, cap. 4) aponta que estes sistemas podem ter fluxo superficial ou subsuperficial (leitos submersos vegetados): os primeiros possuem plantas aquáticas flutuantes e/ou enraizadas (Emergentes e submersas) em camada de solo no fundo, enquanto os sistemas subsuperficiais não possuem água livre na superfície, contendo leitos compostos de materiais filtrantes que dão suporte ao crescimento de plantas aquáticas. O autor define que os sistemas subsuperficiais tem menor potencial de geração de maus odores e de surgimento de mosquitos e ratos.

O fluxo da água no interior dos sistemas pode ser vertical ou horizontal, conforme Von Sperling (2005, cap. 4). O autor apresenta que o fluxo horizontal é uma concepção mais clássica, enquanto o fluxo vertical precisa de dosagem intermitente do esgoto. Tilley *et al.* (2014) indica que o esgoto deve ser dosado de 4 a 10 vezes ao dia.

Os sistemas alagados construídos não são adequados para o tratamento do esgoto bruto (VON SPERLING, 2005, cap. 4; TONETTI *et al.,* 2018, cap. 5), sendo necessária alguma forma de tratamento primário ou secundário, tais como tanque séptico, biodigestor e reator anaeróbio compartimentado (TONETTI *et al.,* 2018, cap.

5). Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresentam que os sistemas podem ser usados no tratamento de águas cinzas, que devem passar por uma caixa de gordura e caixa de retenção e sólidos grosseiros previamente.

Quanto à manutenção dos sistemas, Von Sperling (2005, cap. 4) a caracteriza como simples, estando relacionada ao controle de plantas aquáticas indesejáveis, poda ou replantio das plantas aquáticas desejáveis. Tonetti *et al.* (2018, cap; 5) sugere que a poda seja realizada duas vezes ao ano e que o material de poda seja utilizado em pilhas de compostagem.

No quesito construtivo, os sistemas podem ser escavados no próprio solo com auxílio de máquinas ou manualmente e devem possuir fundo e paredes impermeabilizados com alvenaria ou mantas sintéticas (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Tilley *et al.* (2014) apresentam algumas características dos diferentes sistemas:

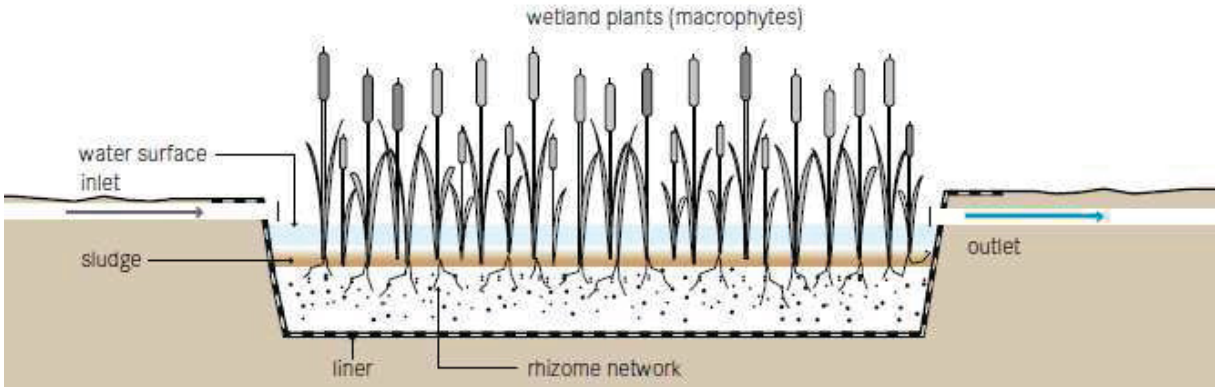
- Maior potencial de exposição a patógenos e de proliferação de mosquitos: fluxo superficial;
- Apropriado para pequenas áreas urbanas e periurbanas: fluxo superficial e subsuperficial horizontal;
- Apropriado para sistemas unifamiliares: fluxo subsuperficial horizontal;
- Esteticamente agradável: todos os sistemas alagados construídos;
- Maior potencial de geração de odor (se não projetado e mantido corretamente): fluxo superficial;
- Custos baixos de operação: todos sistemas alagados construídos;
- Requer maior quantidade de áreas: fluxo superficial e subsuperficial horizontal;
- Possibilita construção acima do nível do solo: fluxo vertical;
- Demanda de equipe de manutenção treinada e abastecimento de energia: fluxo vertical.
- Apropriado para retenção e tratamento de águas pluviais: sistemas de fluxo horizontal superficial.

Tilley *et al.* (2014) indicam que as tubulações dos sistemas verticais carecem de remoção de lodo uma vez ao ano e os materiais filtrantes dos sistemas subsuperficial horizontal devem ser trocados a cada 10 ou mais anos. Os autores

também apresentam que os sistemas alagados com fluxo subsuperficial vertical demandam uma área de 1 a 3 m² por pessoa, enquanto os sistemas de fluxo subsuperficial horizontal demanda área de 5 a 10 m² por pessoa. Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresenta que os sistemas demandam área média de 2 m² por pessoa.

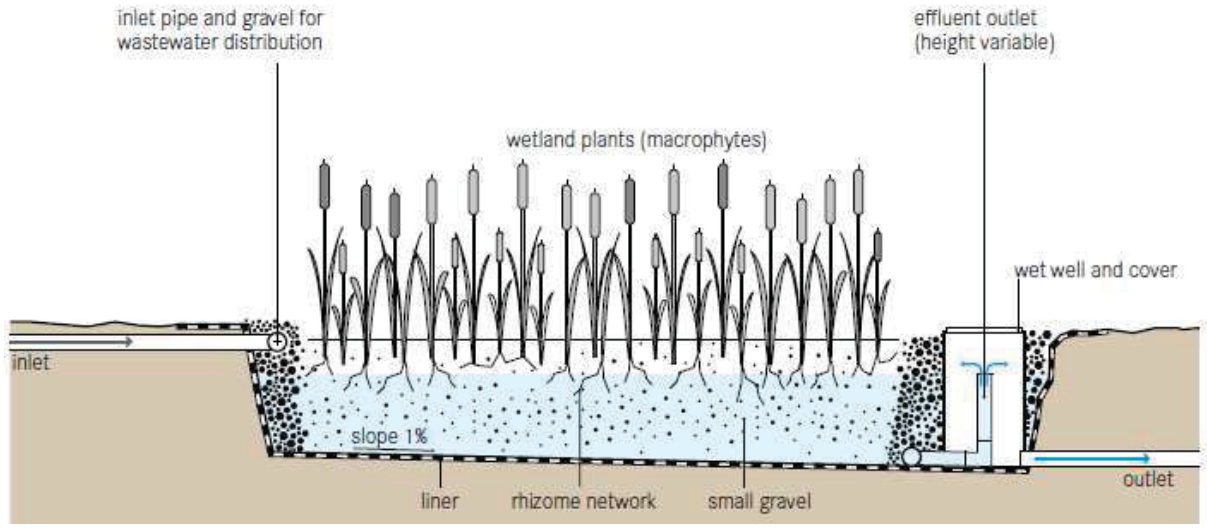
Apresenta-se os sistemas de fluxo superficial horizontal, subsuperficial horizontal e subsuperficial vertical na FIGURA 19, FIGURA 20 e FIGURA 21, respectivamente.

FIGURA 19 - Sistema Alagado Construído de fluxo superficial horizontal



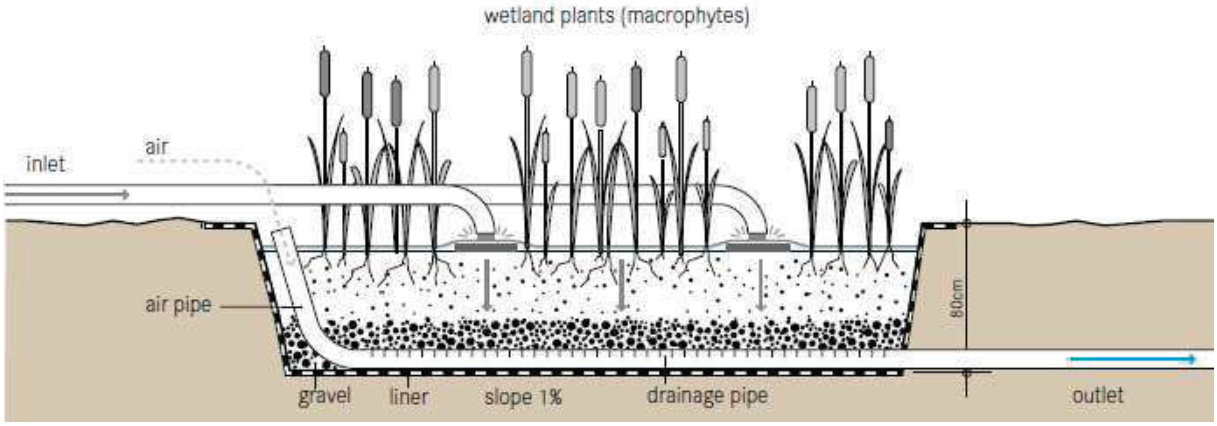
FONTE: Tilley *et al*. (2014).

FIGURA 20 - Sistema Alagado Construído de fluxo subsuperficial horizontal



FONTE: Tilley *et al*. (2014).

FIGURA 21 - Sistema Alagado Construído de fluxo subsuperficial vertical



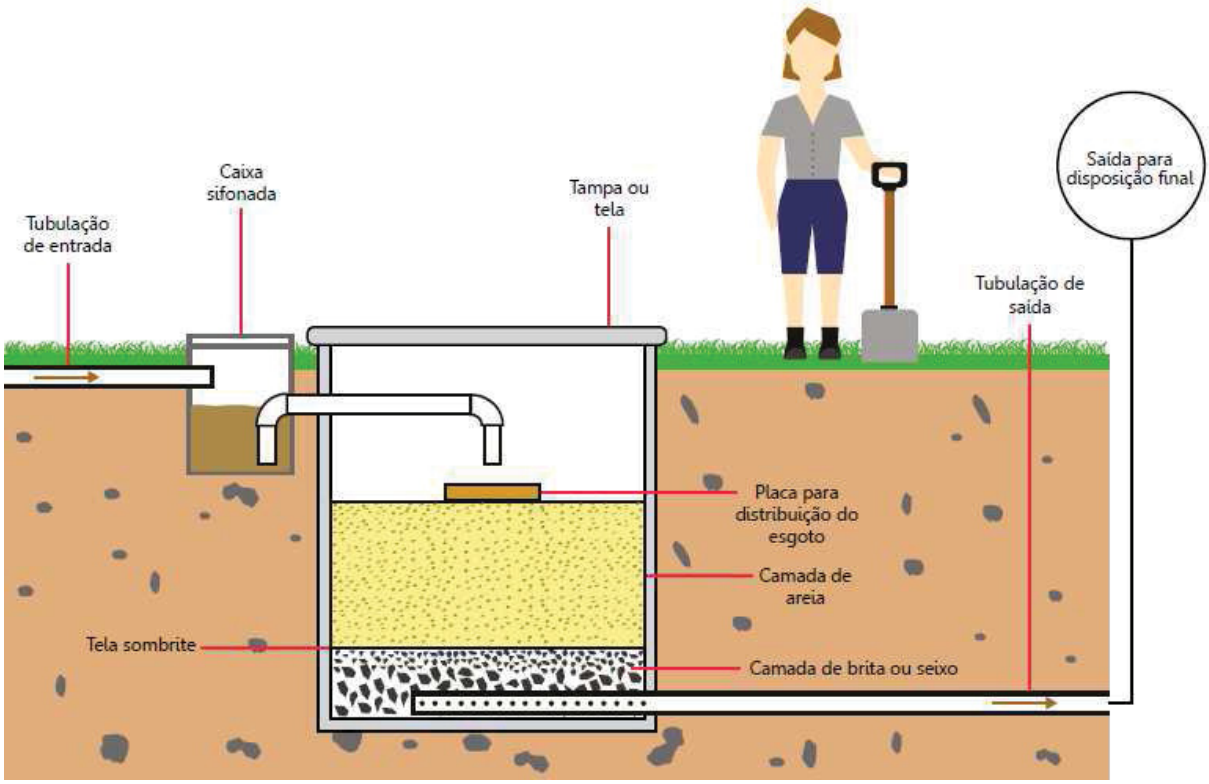
FONTE: Tilley *et al*. (2014).

Considerando o potencial de exposição a patógenos, de proliferação de mosquitos e de maior geração de odor, em combinação a demanda de maior quantidade de áreas, o sistema alagado construído de fluxo superficial não será considerado para aplicação nas comunidades alvo desta pesquisa.

2.3.3.10 Filtro de areia e vala de filtração

Os filtros de areia (FIGURA 22) e valas de filtração não são apropriados para recebimento de esgoto bruto, portanto, o esgoto deve passar previamente por tanque séptico e filtro anaeróbio, ou outros dispositivos com eficiência similar (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

FIGURA 22 - Esquema de filtro de areia



FONTE: Tonetti *et al.* (2018, cap. 5)

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) indicam que estes dispositivos são compostos por uma camada inicial de areia seguida de uma camada de material filtrante de maior granulometria (como pedrisco, brita e seixo rolado). Os autores indicam que o tratamento ocorre tanto pela filtração das partículas como pela degradação da matéria orgânica pelos microorganismos presentes nos materiais filtrantes (areia e demais).

Para sistemas unifamiliares de até 5 pessoas são necessários entre 2 a 5 m² (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) recomendam que o dispositivo deve ser impermeável nas paredes e nos fundos e que o esgoto seja aplicado de modo intermitente, sendo recomendado para sistemas coletivos a instalação de caixa sinfonada (FIGURA 17) para controle de dosagem. Os autores explicam que as valas de filtração são filtros de areia longitudinais, sendo construídas no próprio solo com fundo e paredes impermeabilizados, diferindo-se pelo cobrimento da superfície com solo e o formato retangular.

No Brasil, a NBR 13969 (ABNT, 1997) define parâmetros para ambos os sistemas e apresenta que estes sistemas são utilizados em locais onde o solo ou condições climáticas não recomendam emprego de vala de infiltração.

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) indica que os sistemas sejam compostos de dois filtros de areia, ou duas valas de filtração, para permitir o uso alternado dos dispositivos, recomendando a alternância a cada três meses. Os autores apresentam que a manutenção dos sistemas consiste na substituição da camada superficial de areia, que deve ser armazenada em recipiente exposto ao sol até que a coloração escura desapareça; após o procedimento, a areia pode ser reutilizada no próprio filtro ou vala.

2.3.4 Tratamento do lodo de esgoto

Para o tratamento do lodo de esgoto gerado nos sistemas de tratamento, apresenta-se a alternativa de disposição final em biodigestor (apresentado anteriormente) e será apresentada, no próximo item, a alternativa de disposição em estações existentes de tratamento de esgoto, considerando os objetivos desta pesquisa e características das áreas alvo desta pesquisa.

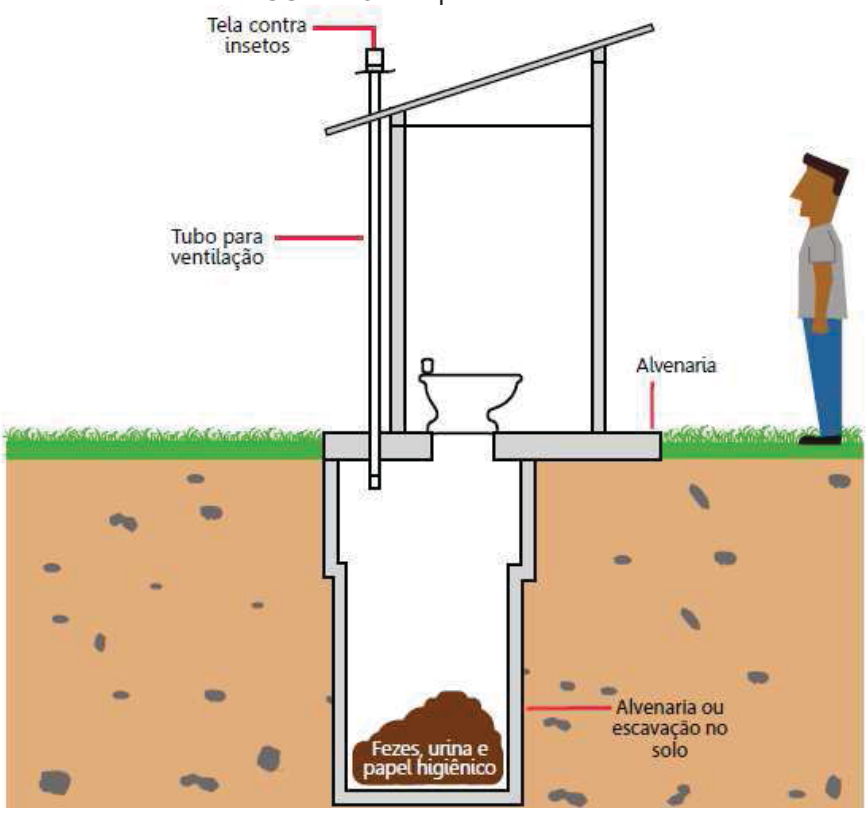
2.3.5 Transporte e disposição final dos subprodutos dos sistemas

Os dispositivos e medidas que atuam no transporte e disposição final de lodo, fezes e urina são apresentados na sequência, bem como alternativas de disposição final de efluentes sanitários.

2.3.5.1 Fossa seca

A fossa seca compreende uma unidade escavada no solo, sobre o qual constrói-se um abrigo, e que recebe dejetos que não utilizam água para a descarga (banheiro a seco), de acordo com Tonetti *et al.* (2018, cap. 5). Os autores indicam que a escavação pode ou não ser revestida com concreto, alvenaria ou outros materiais disponíveis. Um esquema deste dispositivo é apresentado na FIGURA 23.

FIGURA 23 - Esquema de fossa seca



FONTE: Tonetti *et al.* (2018)

Os materiais lançados na fossa são alvos de digestão anaeróbia, sendo recomendada que não haja presença de água na fossa e que, para evitar mau cheiro e presença de insetos, os dejetos sejam cobertos após cada uso, com terra, cinzas ou cal (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Estes dispositivos são comumente construídos com profundidade de 2,50 m, variando conforme as características do solo e do lençol freático, e distantes de poços, nascentes, corpos hídricos e locais que sejam alvo de inundações e alagamentos (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresenta que quando a fossa estiver cheia, deverá ser coberta com solo e outra fossa deve ser construída. Os autores apresentam que este sistema é apropriado para sistemas unifamiliares e que demanda uma área de 2 a 4 m³ para sistemas para até cinco pessoas.

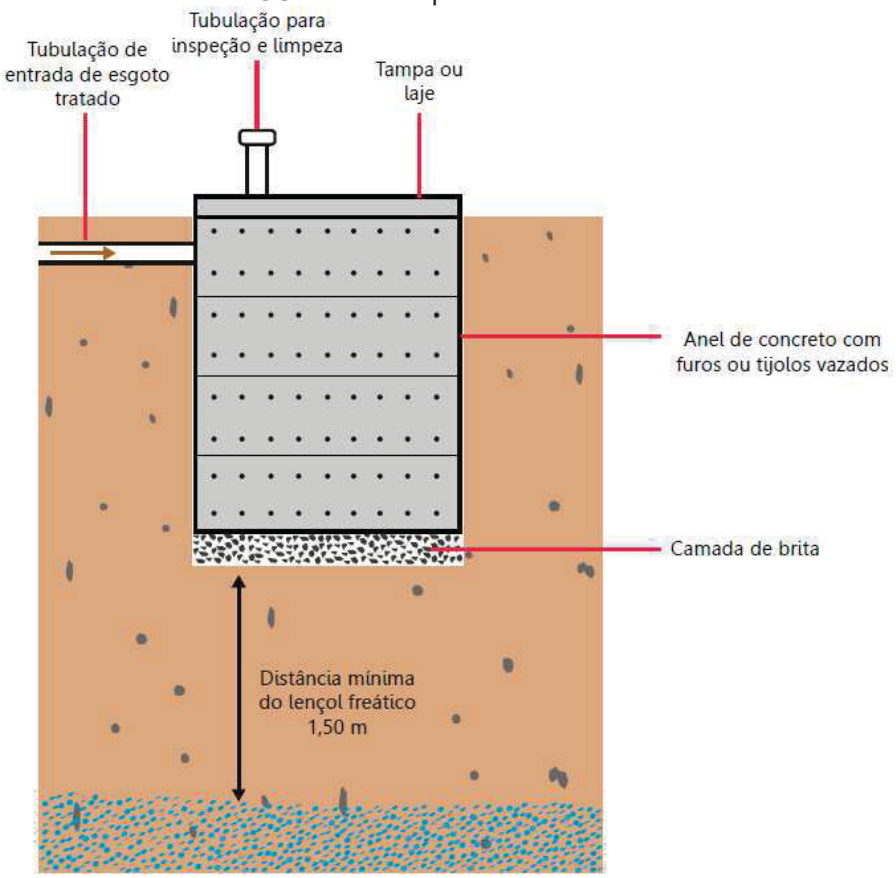
2.3.5.2 Sumidouro

A NBR 13969 (ABNT, 1997) define sumidouro como “poço escavado no solo, destinado à depuração e disposição final do esgoto no nível subsuperficial.” A norma

ainda indica que o sumidouro é adequado para áreas com aquífero profundo, que garanta a distância mínima e 1,50 m entre o fundo e o nível aquífero máximo e sugere a construção de dois sumidouros, para uso alternado dos dispositivos.

O sumidouro, portanto, recebe o efluente proveniente de um sistema de tratamento, não sendo recomendado aplicação do esgoto bruto no dispositivo (ABNT, 1997; TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). O dispositivo é apresentado na FIGURA 24.

FIGURA 24 - Esquema do sumidouro



FONTE: Tonetti *et al.* (2018)

As paredes do sumidouro são revestidas por anéis de concreto furados, tijolos intercalados, pedras ou outros materiais que permitam a infiltração do efluente no solo (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

O dimensionamento e desempenho do sumidouro estão atrelados às características do solo, em especial o grau de saturação e granulometria (ABNT, 1997; TONETTI *et al.,* 2018, cap. 5). Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresenta recomendação de que estes sistemas não sejam adotados em solos muito permeáveis. A NBR

13969/1997 (ABNT, 1997) apresenta como solução para regiões arenosas a inserção de camada filtrante envolvendo o sumidouro, com camada de solo pouco permeável.

Esta solução, de acordo com Tonetti *et al.* (2018, cap. 5), é unifamiliar e demanda área de 1 a 3 m² para unidade que atenda até cinco pessoas.

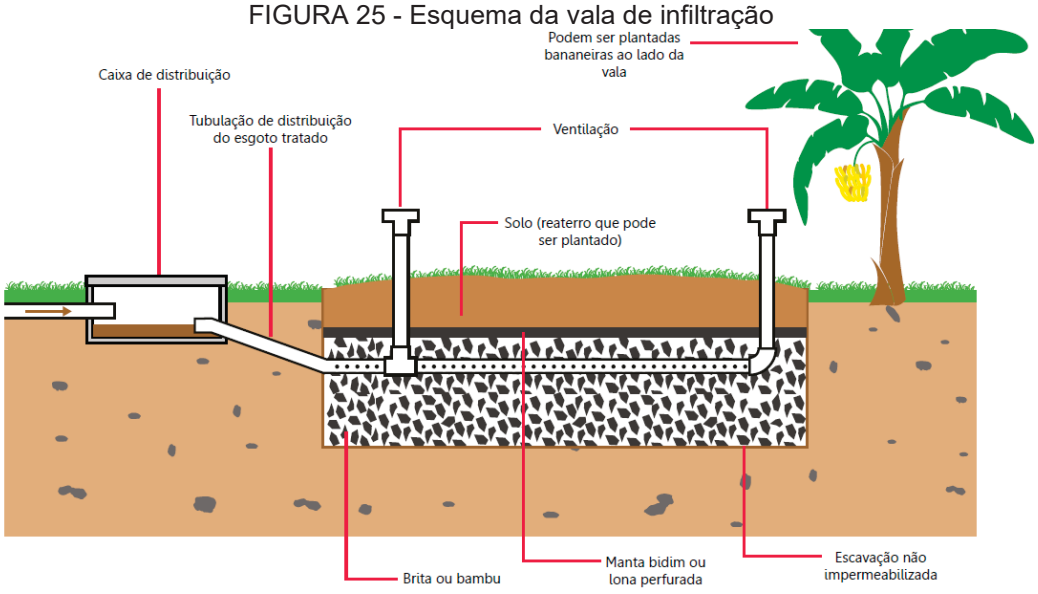
2.3.5.3 Vala de infiltração

A NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) define este dispositivo como:

> "processo de tratamento/disposição final do esgoto que consiste na percolação do mesmo no solo, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação)."

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) explicam que a vala é escavada no solo e, em seu interior, é instalado um tubo perfurado envolvido por brita, ou outros materiais como bambu ou entulho. De acordo com os autores, o solo passa pelo tubo e pelo leito de brita, sendo, então, distribuído para infiltração no solo. Um esquema da vala é apresentado na FIGURA 25.

FIGURA 25 - Esquema da vala de infiltração



FONTE: Tonetti *et al.* (2018)

A NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) apresenta que o desempenho do dispositivo depende das características do solo (grau de saturação, granulometria, etc.), não sendo recomendado para locais com solos saturados de água e sendo necessário manter uma distância mínima vertical entre o fundo da vala de infiltração e o nível

máximo da superfície do aquífero de 1,5 m. A norma técnica também recomenda que estes dispositivos sejam adotados em locais com boa disponibilidade de área e que seja feito uso alternado de valas, com alternância em um prazo máximo de seis meses. Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) não recomendam o uso do sistema em solos saturados e em solos argilosos. Os autores também recomendam que não sejam plantadas árvores próximas à vala, para evitar que as raízes danifiquem a vala, e que seja instalado um sistema de drenagem próximo ao sistema para evitar entrada de água pluvial.

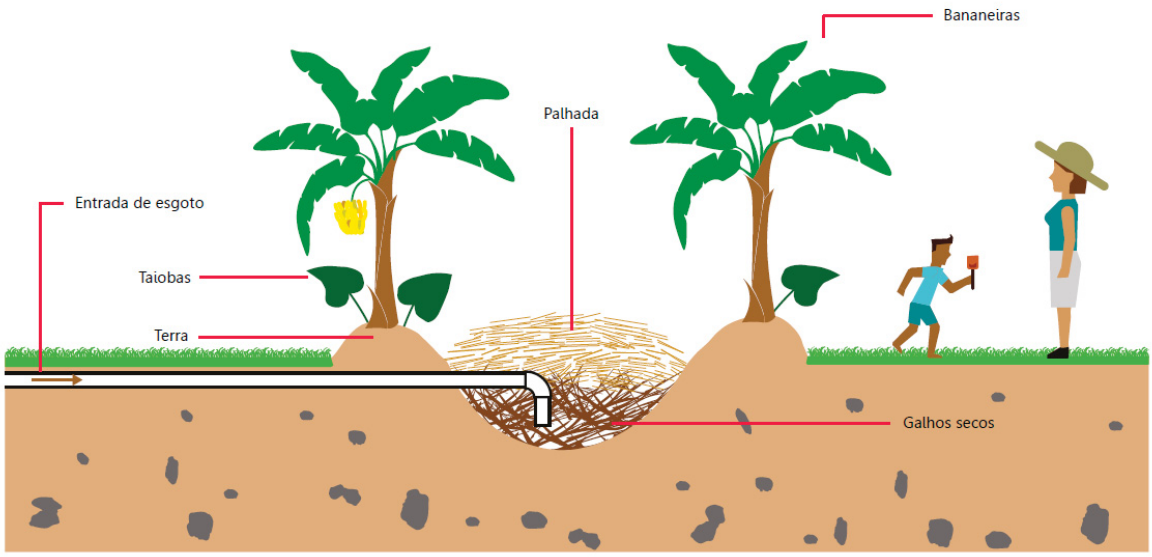
De acordo com a NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) “o número máximo instalável de sistema tanque séptico/vala de infiltração deve ser limitado a 10 unidades/ha”. Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) indicam que para até cinco pessoas, a medida demanda uma área entre 4 a 12 m².

2.3.5.4 Círculo de bananeiras

O sistema é uma unidade de disposição final de esgoto tratado e de tratamento complementar do efluente (BRASIL, 2019, cap. 4). O dispositivo consiste em uma vala circular com camada de brita no fundo e preenchida com galhos e palhada (capim seco, folhas secas), apresentando plantação de bananeiras e outras plantas ao redor da vala (BRASIL, 2019, cap. 4; TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5). As plantas irão consumir as águas e os nutrientes do esgoto tratado e a matéria orgânica será degradada no interior da vala (TONETTI *et al.*, 2018, cap. 5).

O dispositivo é apresentado na FIGURA 26.

FIGURA 26 - Esquema do círculo de bananeiras



FONTE: Tonetti *et al.* (2018)

Tonetti *et al.* (2018, cap. 5) apresentam que para até 5 pessoas, o dispositivo demanda uma área entre 3 a 5 m². Os autores também expõem as seguintes considerações:

- A vala não deve ser impermeabilizada nem compactada.
- o preenchimento deve ser feito com pequenos galhos no fundo e com palhada na parte superior para criar um ambiente arejado e espaçoso.
- é possível a ocorrência de odor, sendo necessário avaliar a distância entre o dispositivo e as residências;
- é um sistema unifamiliar;
- em solos arenosos, deve-se aplicar uma camada de solo argiloso no fundo da vala;
- deve ser afastado do lençol freático e de nascentes.

Considerando as recomendações para infiltração no solo da NBR 13969/1997 (ABNT, 1997), este sistema deve ser instalado com 1,5 m de distância vertical mínima entre o fundo da vala e o nível máximo do lençol freático.

2.3.5.5 Disposição em corpo hídrico

Os efluentes tratados e as águas pluviais podem ser dispostos diretamente em corpos hídricos, sendo necessário avaliar quanto à capacidade de depuração dos corpos hídricos (TILLEY *et al.*, 2014). É importante também avaliar a distância entre o ponto de lançamento e o próximo ponto de captação da água (TILLEY *et al.*, 2014).

No Brasil, a Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) estabelece que os efluentes devem ser tratados antes do lançamento direto nos corpos hídricos e que os efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotamento sanitário devem obedecer aos seguintes parâmetros:

- pH entre 5 e 9;
- temperatura: inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura;
- materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Inmhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20ºC: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
- substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- ausência de materiais flutuantes.

O lançamento de efluentes também não pode exceder as condições e os padrões de qualidade das classes dos corpos hídricos, conforme padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e enquadramentos definidos pelos Conselhos Nacionais e Estaduais de Recursos Hídricos (BRASIL, 2005).

O lançamento de efluentes nos corpos hídricos no Brasil está sujeito à outorga pelo Poder Público, sendo a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). No estado do Paraná, o lançamento concentrado de águas pluviais (PARANÁ, 2015) e o lançamento

de efluentes em corpos d'água com vazão até 1,8 m³/h (PARANÁ, 2020) são dispensados de outorga, sendo necessário para este segundo um cadastro de uso insignificante.

2.3.5.6 Destinação de lodo para empresas especializadas

Aisse *et al.* (2015) indicam que empresas especializadas, denominadas limpa-fossas ou desentupidoras, são usualmente contratadas para remoção do lodo de sistemas individuais, sendo estas empresas responsabilizadas nestas situações pela destinação do lodo. Os autores indicam que, normalmente, as empresas que não possuem sistema de tratamento para lodo destinam este material para Estações de Tratamento de Esgotos e que esta destinação se destaca pelos custos de operação relativamente baixos, ausência de custos de implantação e vantagens técnicas e operacionais, pois a mão de obra é especializada.

2.3.5.7 Esvaziamento e transporte manual

O esvaziamento e transporte manual caracteriza-se pela retirada de subprodutos de tratamento do esgoto utilizando baldes e pás ou bombas manuais projetadas para este fim. Os dispositivos que não recebem contribuição com água (efluente; água negra) e possuem subprodutos sólidos (lodo desidratado, fezes desidratadas, compostos, ecohumus, etc.) devem ser esvaziados com este método, devido à impossibilidade de adotar as técnicas mecanizadas para estes casos (TILLEY *et al.*, 2014).

Ademais, lodos úmidos ou viscosos não devem ser esvaziados com baldes e pás, devido à possibilidade de colapso das escavações e exposição a vapores tóxicos e lodo contaminado, devendo ser utilizadas bombas manuais ou técnicas automatizadas. A bomba manual é vantajosa em áreas em que não existe infraestrutura viária para acesso de caminhões para esvaziamento automatizado (TILLEY *et al.*, 2014).

De modo geral, em comparação com o esvaziamento e transporte automático, a medida é simplificada, possui um custo de investimento menor (custos de operação são variáveis conforme as distâncias percorridas), tem potencial para investir em mão

de obra local; no entanto, expõe os indivíduos a riscos à saúde, produz odor, demanda mais tempo para o esvaziamento (TILLEY *et al.*, 2014).

2.3.5.8 Esvaziamento e transporte mecanizado

O esvaziamento e transporte mecanizado consiste no emprego de veículos equipados com bombas mecânicas e tanques para esvaziar e transportar lodo, águas negras, efluentes de tratamento e urina, não podendo ser aplicado a lodos densos e desidratados (TILLEY *et al.*, 2014).

Tilley *et al.* (2014) apontam que, geralmente, são utilizados caminhões para este método, mas existem alternativas com veículos menores para acessar áreas densamente povoadas. Os autores indicam que a capacidade usual dos tanques dos caminhões com bombas à vácuo é de 3 a 12 m³, enquanto a picapes é de 1,5 m³ e de veículos menores para área densamente povoadas é de 500 a 800 L. Brasil (2019, cap. 4) indica a utilização de carrinho com bomba diafragma para locais que não haja possibilidade de entrada de caminhão limpa-fossa.

A presença de resíduos sólidos e areia dificultam o esvaziamento, de acordo com Tilley *et al.* (2014). Os autores apresentam que dentre as vantagens desta metodologia estão a rapidez, eficiência de remoção de lodo, higiene, eficiência de transporte com caminhões à vácuo. Entretanto, este método demanda investimentos altos (custo de operação é variável), encontra dificuldades para contratação para áreas economicamente fragilizadas, e exige infraestrutura viária adequada (TILLEY *et al.*, 2014).

2.3.6 Medidas de drenagem pluvial

As medidas de drenagem pluvial podem ser estruturais ou não estruturais, de acordo com Righetto, Moreira e Sales (2009). Os autores apresentam que as medidas estruturais incluem:

- Obras de captação: bueiros e bocas de lobo;
- Obas de transporte: canais e galerias;
- Obras de detenção: bacias de detenção, reservatórios de acumulação de águas pluviais.

Os dispositivos ainda podem ser caracterizados como medidas de drenagem sustentável (SUDS). Seguindo as diretrizes de Canholi (2014) e Woods Ballard *et al.* (2015), estes dispositivos podem ser subdivididos nos grupos.

- Detenção *in situ*: bacia de retenção, reservatório e bacia de detenção;
- Infiltração: Trincheira de infiltração, bacia de infiltração, poço de infiltração;
- Filtração: biorretenção ou jardim de chuva, trincheira de filtração, drenos filtrantes;
- Canais abertos: canaleta plantada (ou valas de infiltração);
- Controle na entrada: telhado verde, cisterna, pavimento poroso;
- Alagados construídos: alagado raso, detenção em alagado e alagado subsuperficial.
- Árvores.

Woods Ballard *et al. (*2015) apresentam que dispositivos de infiltração promovem a infiltração das águas de escoamento superficial, contribuindo para a redução dos coeficientes de escoamento, redução dos volumes de escoamento e aumento da recarga das águas subterrâneas. Dentre os dispositivos de infiltração, os autores apontam que estão os poços de infiltração e trincheiras de infiltração.

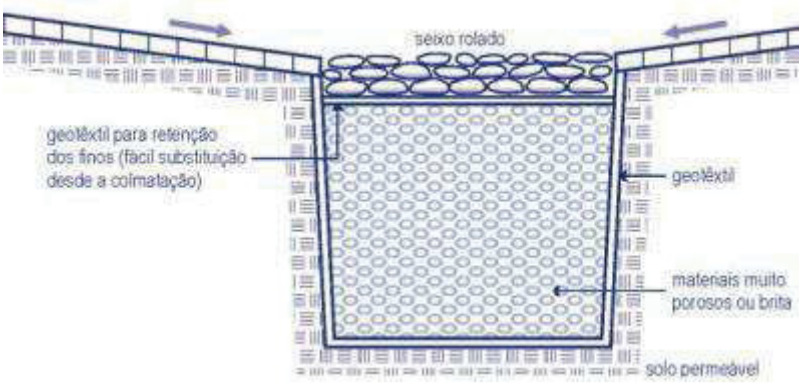
Paraná (2002) indica que dispositivos de infiltração, em sua maioria, não são viáveis em solos com capacidade de infiltração abaixo de 7 mm/h e em solos com lençol freático com menos 1 m de distância da base do dispositivo.

Os dispositivos de infiltração podem ser utilizados para gestão do excedente de cisternas e de outros dispositivos de coleta de águas pluviais, sendo comumente adaptáveis para áreas densamente povoadas, segundo Woods Ballard *et al.* (2015). Os autores recomendam que estas tecnologias não sejam aplicadas em áreas com riscos de erosão, devido ao risco de entupimento e colmatação dos componentes dos sistemas.

2.3.6.1 Poço de infiltração

Os poços de infiltração são estruturas subterrâneas preenchidas com material poroso ou construídas em material que permita a infiltração no solo, como pneus ou anéis de concreto perfurado (BUTLER *et al.*, 2018, cap. 21; PARANÁ, 2002).

FIGURA 27 - Poço de infiltração preenchido com brita



FONTE: SCHUELER (1987 *apud* PARANÁ, 2002)

O dispositivo pode receber as águas diretamente da superfície, ou por meio de tubulação e retarda e/ou reduz o escoamento das águas pluviais a área contribuinte (PARANÁ, 2002).

Butler *et al.* (2018, cap. 21) exara as seguintes recomendações:

- Dispositivos devem ser locados a pelo menos 5 m de fundações e estradas;
- recomendado para locais que a distância da base do dispositivo ao lençol freático seja igual ou superior a 1 m;
- recomendado para locais com declividades menores que 4%;
- recomendados para locais com solo permeáveis, como aqueles formados por pedregulho, areia e rochas fissuradas;
- possuem restrições para áreas com risco de poluição de aquíferos.

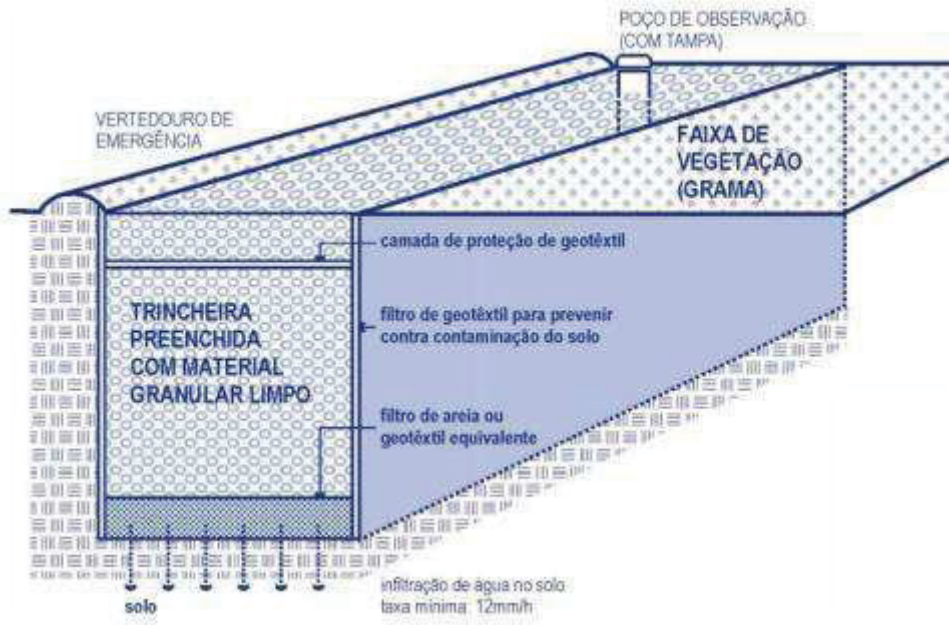
Sobre o poço de infiltração, Paraná (2002) indica:

- Recomendados para áreas de contribuição de até 6 hectares;
- recomendados para solos com capacidade de infiltração a partir de 4 mm/h;
- cuidados especiais em solos cársticos.

2.3.6.2 Trincheira de infiltração

Esses dispositivos são semelhantes aos poços de infiltração em formato retangular, apresentando como vantagem sobre os poços a possibilidade de requerer uma menor profundidade e distribuição da infiltração em áreas menos permeáveis (WOODS BALLARD *et al.*, 2015).

FIGURA 28 - Trincheira de infiltração



FONTE: SCHUELER (1987 *apud* PARANÁ, 2002)

Paraná (2002) informa que, para solos pouco permeáveis, existe uma variação da trincheira, denominada trincheira de retenção, que possui o direcionamento da água para um exutório localizado. Ademais, a Paraná (2002) apresenta que o dispositivo propicia o abatimento de descargas de pico de escoamento superficial, a recarga do aquífero e tratamento das águas superficiais.

As trincheiras de infiltração, de acordo com Paraná (2002):

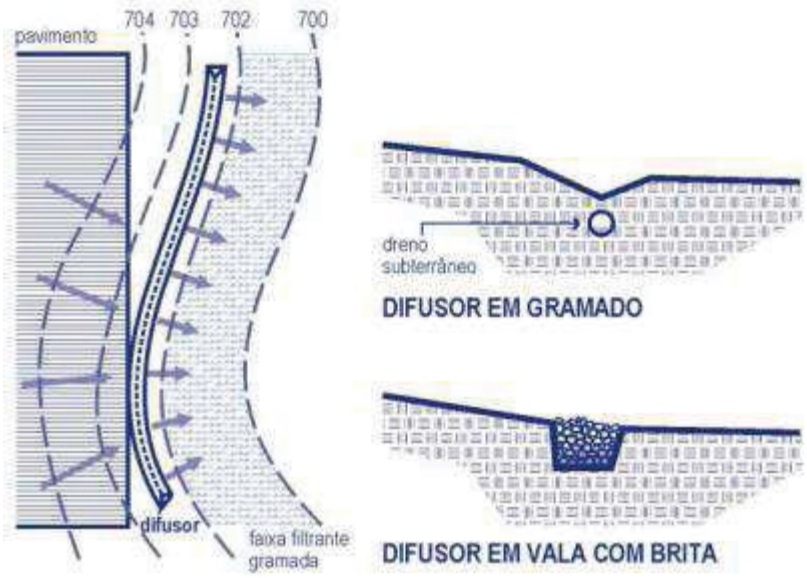
- Não tem capacidade para tratar esgotos;
- Não suportam escoamento com altas concentração de sedimentos;
- Recomendadas para instalação em locais com declividade inferior a 20%;
- Deve ser evitado qualquer tráfego sobre o dispositivo;
- Pode ser recoberta por grama para integrar a paisagem verde;
- Recomendadas para áreas de contribuição de até 6 hectares.
- Recomendadas para solos com capacidade de infiltração a partir de 4 mm/h.

Canholi (2014) recomenda que estes dispositivos não sejam adotados em locais com profundidade do lençol freático inferior a 1 m.

2.3.6.3 Faixa gramada

Este dispositivo consiste em áreas vegetadas suavemente inclinadas que desaceleram e infiltram parcialmente escoamentos de áreas impermeáveis, filtrando areia e outras partículas, podendo ter em sua composição um dreno subterrâneo (WOODS BALLARD *et al.*, 2015; PARANÁ, 2002), conforme exposto na FIGURA 29.

FIGURA 29 – Modelos de faixa gramada



FONTE: Mecklenburg (1996 apud PARANÁ, 2002)

Estes dispositivos são eficientes na redução da velocidade de escoamento superficial, mas não impactam significativamente no pico do escoamento (PARANÁ, 2002). A principal função da faixa gramada é o tratamento das águas pluviais, removendo sedimentos, matéria orgânica e traços de metais (WOODS BALLARD *et al.*, 2015; PARANÁ, 2002).

Paraná (2002) apresenta que as faixas gramadas devem ser dimensionadas em sua largura mas o comprimento destas é arbitrário. Paraná (2002) apresenta que, em pequena escala, estes sistemas são aplicados no entorno de áreas impermeabilizadas em lotes ou loteamentos; em maior escala, são aplicadas nas margens dos rios para amortecimento de cheias, lazer, aumento da paisagem verde e prevenção contra invasões.

Sobre esta medida, Paraná (2002) indica:

- Não recomendada para locais com distância entre superfície e lençol freático inferior a 1 m, se a única função for infiltração no solo;

- Não recomendada para cargas de poluentes e sedimentos excessivas;
- Declividades elevadas limitam sua aplicação;
- Instalar difusores para evitar erosão;
- Caso tenha função de parque margeando corpo hídrico deve ser previsto recobrimento devido aos esforços gerados pelo escoamento;
- Recomendada para áreas de contribuição de até 6 hectares;
- Recomendada para áreas com capacidade de infiltração no solo de no mínimo 1,0 mm/h;
- Recomendada para áreas com declividade inferior a 20%.

Woods Ballard *et al.* (2015) indicam que as velocidades máximas de escoamento nas faixas sejam de 1,5 m/s, enquanto Butler *et al.* (2018, cap. 21) indica que as velocidades devem ser inferiores a 0,3 m/s.

2.3.6.4 Pavimentos permeáveis ou porosos

Consistem em pavimentos para circulação de pedestres ou veículos (como estacionamentos e ruas com tráfego pouco intenso) que permitem a infiltração das águas pluviais em sua superfície. Os pavimentos porosos permitem a infiltração da água por toda a sua superfície, como é o caso de superfícies em cascalho, concreto poroso ou asfalto poroso. Os pavimentos permeáveis, por sua vez, são constituídos por material impermeável disposto de maneira a permitir a passagem de água entre os pavimentos até a sub-base. Usualmente, estes últimos são blocos de concreto com juntas e espaços entre os blocos que permitem a passagem da água (WOODS BALLARD *et al.*, 2015).

Woods Ballard *et al.* (2015) apresentam que os dispositivos podem ser projetados para que toda água precipitada seja: infiltrada, direcionada parcialmente para o sistema de drenagem ou direcionada integralmente para o sistema de drenagem (sistema impermeabilizado com membrana).

O Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo (2012) apresenta que os pavimentos permeáveis podem ser das seguintes modalidades: revestimento permeável, pavimentos de detenção e pavimentos de infiltração. O manual apresenta que os pavimentos com simples revestimento permeável demandam somente a caracterização do material e da configuração do material,

enquanto os demais demandam dimensionamento. O pavimento de detenção demanda dimensionamento para cálculo do volume esperado de armazenamento na camada do pavimento que permite o acúmulo de água em seus poros ou em um dreno ou, ainda, em reservatório instalado sob a camada do pavimento, de acordo com o Manual. Os pavimentos de detenção podem ser projetados para destinar o volume armazenado para o sistema de drenagem ou para infiltrar diretamente a água.

Quanto aos pavimentos de infiltração, o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo (2012) indica que podem ser configurados para reservar temporariamente a água e posteriormente infiltrar no terreno, se caracterizando também como um pavimento de detenção, ou podem ser configurados para permitir infiltração direta. Em ambas as configurações, o Manual expõe que deve ser dimensionada uma base para o pavimento obedecendo às restrições e aos volumes de projeto para um período de retorno determinado

Sobre estes dispositivos, Paraná (2002) apresenta:

- Recomendado para áreas de contribuição de até 10 hectares;
- recomendado para áreas com capacidade de infiltração a partir de 7,0 mm/h, quando utilizada infiltração;
- não recomendado para áreas com lençol freático raso (profundidade inferior a 1,0 m) e solo impermeável, quando utilizada a infiltração;
- recomendado para terrenos com declividades inferiores a 5%;
- não são compatíveis com tráfego pesado e locais com afluência alta de sedimentos e poluição por esgoto e lavagem de ruas;
- promovem redução no pico dos escoamentos superficiais;
- promovem menos ruído de tráfego, menos poças e menor risco de aquaplanagem;
- promovem a melhoria da qualidade das águas pluviais;
- necessitam de manutenção regular especializada.

O pavimento permeável modular em concreto tem grande disseminação no Brasil. Segundo Woods Ballard *et al.* (2015), pode ser executado também com material não permeável, desde que haja juntas para permitir a infiltração da água e sejam aplicados em áreas que atendam somente pedestres. A FIGURA 30 apresenta um esquema de pavimento em concreto permeável e poroso.

FIGURA 30 - Pavimentos porosos e permeáveis



FONTE: Urbonas e Stahre (1993 *apud* Paraná, 2002)

2.3.6.5 Cisternas

Esta medida consiste na coleta das águas pluviais em áreas impermeáveis, (como telhados e áreas pavimentadas), armazenamento, tratamento (quando necessário) e aplicação destas águas em usos não potáveis (WOODS BALLARD *et al*., 2015; BUTLER *et al.*, 2018, cap. 21). A qualidade das águas captadas, especialmente em áreas com tráfego de veículos, deve ser avaliada (WOODS BALLARD *et al*., 2015), considerando a possibilidade de poluição das águas por resíduos perigosos, como óleo lubrificante e combustível. Considerando os objetivos desta pesquisa, a captação de águas pluviais será especificada para as águas coletadas em telhados.

As águas captadas podem ser utilizadas em descarga de banheiros, lavadoras, limpeza de carros, irrigação, entre outros (WOODS BALLARD *et al*., 2015). Dentre as vantagens da adoção destes sistemas tem-se a colaboração para o suprimento de água das edificações, redução do volume de escoamento superficial e colaboração na atenuação do volume (WOODS BALLARD *et al*., 2015).

Butler *et al.* (2018, cap. 21) apresentam as cisternas como uma alternativa simplificada de captação de águas pluviais. Os autores explicam que as cisternas consistem em um dispositivo de armazenamento de 200 a 350 L, na extremidade de uma tubulação que recolhe água das superfícies.

Butler *et al*. (2018, cap. 21) também recomendam que o volume excedente das cisternas seja direcionado para áreas permeáveis (como gramados, canaletas

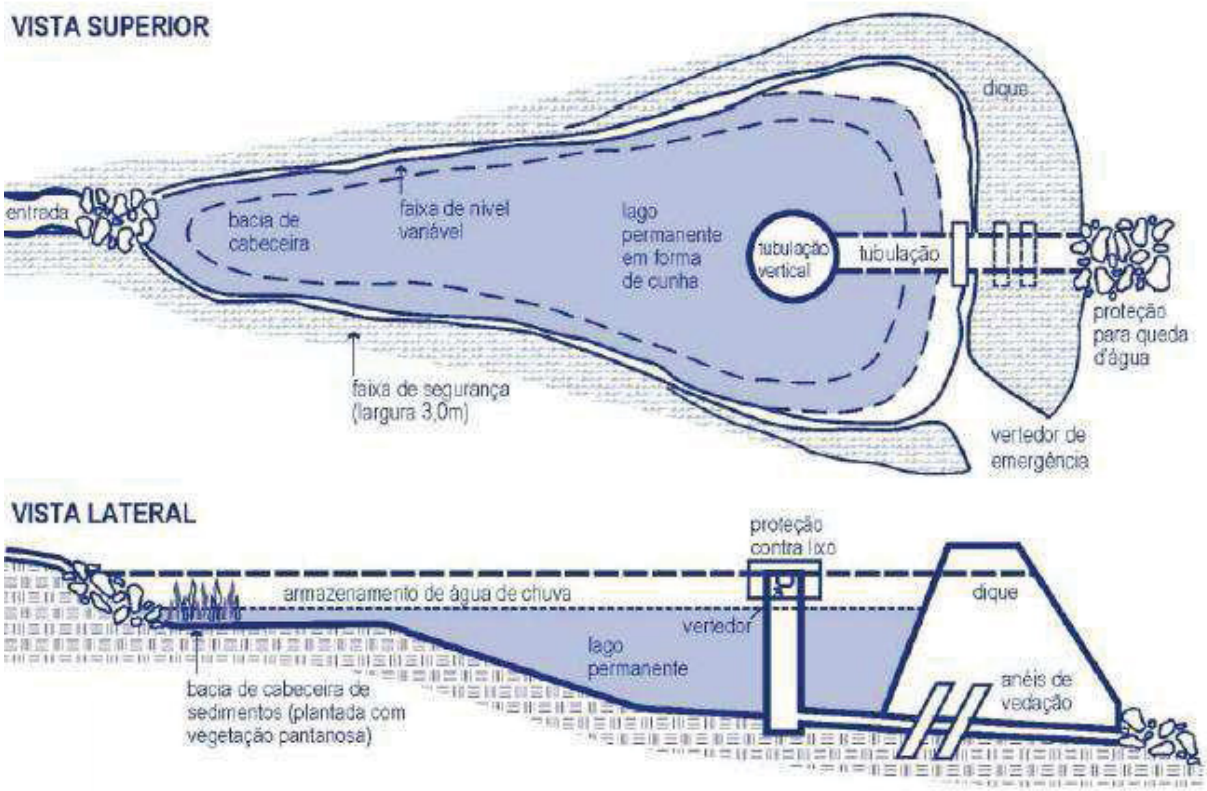
gramadas, pavimentos permeáveis), para reduzir os volumes de escoamento superficial e aumentar a infiltração.

Por não infiltrarem as águas no solo, as cisternas não possuem restrições quanto a tipologia do solo e nível do lençol freático, sendo necessário avaliação quanto à viabilidade geotécnica de implantação em terrenos com nível freático raso.

2.3.6.6 Bacia de retenção

Este dispositivo é um reservatório mantido constantemente com lâmina de água destinadas para controle de cheias e tratamento das águas pluviais, constituído conforme a FIGURA 31, podendo ter leito permeável ou impermeável (PARANÁ, 2002).

FIGURA 31 - Bacia de retenção



FONTE: Schueler (1987 *apud* PARANÁ, 2002)

Sobre este dispositivo, Paraná (2002) recomenda:

- Não deve ser utilizado para receber esgoto sanitário;
- Deve-se ter cuidados quanto a proliferação de mosquitos;
- Não recomendada para freático próximo a superfície (menos de 1 m), caso não tenha revestimento impermeável;

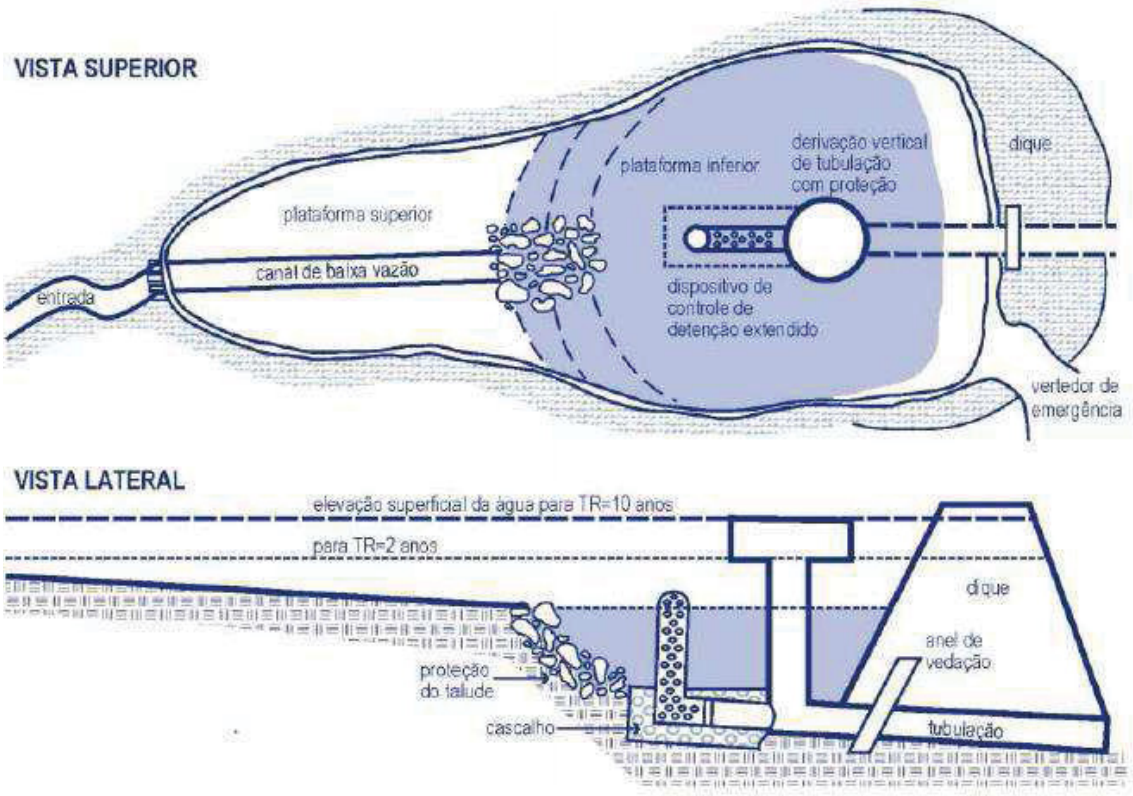
- Integram-se ao paisagismo verde;
- Recomendada para espaços abertos em condomínios privados, espaços públicos (parques e praças) ou junto a cursos d'água;
- Recomendado adoção de estruturas de pré-tratamento e decantação a montante;
- Demandam aporte de água permanente;
- Recomendada para áreas de contribuição superiores a 6 hectares, tendo maior viabilidade a partir de 8 hectares;
- Não recomendadas para locais com limitação de áreas livres;
- Não recomendadas para locais com capacidade de infiltração no solo de 200 mm/h acima;
- Possuem finalidades recreativas.

Canholi (2014) aponta que estes dispositivos podem ser implantados em locais com solos permeáveis, desde que sejam implantados com manta impermeável, e que não são indicados para locais com pouco espaço disponível.

2.3.6.7 Bacias de detenção

Butler *et al.* (2018, cap. 21) apresenta que bacias de detenção são estruturas que armazenam as águas pluviais, controlando a saída para um exutório (corpo hídrico ou rede de drenagem). Os autores explicam que o reservatório é mantido seco em períodos sem precipitação, podendo ser utilizada para fins recreativos.

FIGURA 32 - Bacia de detenção



FONTE: Schueler (1987 *apud* PARANÁ, 2002)

Paraná (2002) explica que as bacias podem ser escavadas ou constituídas pela construção de barragem de terra ou de concreto. O fundo e os taludes do reservatório, conforme Paraná (2002), podem ser no terreno natural, terreno escavado ou em concreto. Para este dispositivo Paraná (2002) apresenta:

- Não deve ser utilizada para receber esgoto sanitário;
- deve-se ter cuidados quanto a proliferação de mosquitos;
- não recomendada para freático próximo a superfície (menos de 1 m), caso não tenha revestimento impermeável;
- integram-se ao paisagismo verde;
- recomendada para espaços abertos em condomínios privados, espaços públicos (parques e praças) ou junto a cursos d'água;
- recomendada para áreas de contribuição superiores a 2 hectares, tendo maior viabilidade a partir de 10 hectares;
- recomendado adoção de estruturas de pré-tratamento e decantação a montante;
- não recomendadas para locais com limitação de áreas livres.

2.3.6.8 Jardins de chuva

Os jardins de chuva são sistemas de biorretenção que consistem em estruturas com camada de brita sobreposta por camada de areia (BUTLER *et al*, 2018, cap. 21). Os sistemas armazenam temporariamente as águas na superfície, promovendo a filtração posterior e, quando possível, a infiltração; as laterais e fundos podem ser impermeabilizados em locais que não seja viável a infiltração (WOODS BALLARD *et al.*, 2015).

São aplicados geralmente para precipitações frequentes, de menor intensidade, promovendo redução de coeficientes e volumes de escoamento superficial e o tratamento das águas pluviais, de acordo com Woods Ballard *et al.* (2015). Os autores ainda apresentam que estes sistemas não são recomendados para áreas com pouco espaço disponível.

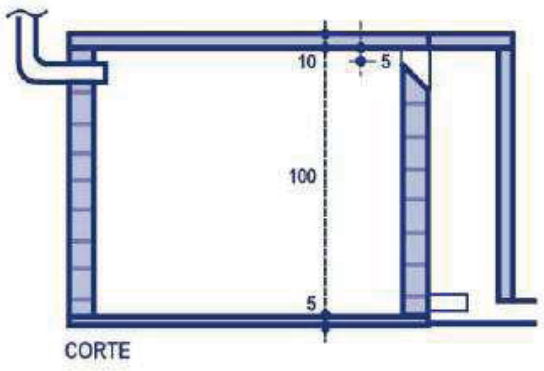
Woods Ballard *et al.* (2015) aponta as indicações sobre o dispositivo:

- Recomendável para áreas de contribuição de até 0,8 hectare;
- Ocupam entre 2 a 4% da área de contribuição;
- Usualmente implantados em residências, pequenas áreas públicas e passeio público;
- Recomendados para implantação a jusante da contribuição.

2.3.6.9 Microrreservatórios

Paraná (2002) apresenta que são reservatórios pequenos que recebem águas pluviais de áreas impermeabilizadas, com estruturas simples (caixa) feitos em concreto ou alvenaria (FIGURA 33), ou, ainda, escavados no solo e preenchidos com brita, com geotêxtil isolando-o. Paraná (2002) expõe que os microrreservatórios podem ser de detenção, restringindo o escoamento superficial até um certo limite, ou de infiltração no solo. De acordo com Paraná (2002), este dispositivo é uma variante da cisterna, apresentada na captação das águas pluviais.

FIGURA 33 - Microrreservatório em alvenaria



FONTE: Cruz *et al.* (1998 *apud* PARANÁ, 2002)

Segundo Paraná (2002), esta medida:

- São essencialmente para lotes individuais: recomendados para áreas de contribuição de até 2 hectares;
- pode ser aplicada áreas densamente povoadas, inclusive em favelas;
- podem ser utilizadas caixas d'água comerciais adaptadas;
- exigem cuidados com acúmulo de água e sujeiro devido a proliferação de mosquitos;
- para microrreservatórios de infiltração, a base do dispositivo deve estar a mais de 1 m de distância do lençol freático e a permeabilidade do solo deve ser superior a 7 mm/h.
- deve ser evitada a passagem de automóveis sobre o dispositivo;
- deve evitar contaminação com esgoto;
- podem ser utilizados como cisterna;
- precisam de limpeza constante.

2.3.6.10 Arborização

Woods Ballard *et al.* (2015) apesenta a arborização como uma alternativa sustentável com diversas vantagens:

- Embeleza a paisagem urbana, promove melhora na saúde e bem estar da população, aumenta o valor imobiliário e comercial das áreas;
- Reduz o consumo de energia anual nos edifícios, contribuindo para o clima local fresco no verão e mais quente no inverno);

- Filtra poluentes no ar, absorve e armazena gás carbônico (processo denominado sequestro de carbono) e absorve ruídos;
- Consome a água presente no solo e promove sua evaporação pela transpiração, contribuindo para redução do dos volumes de escoamento superficial e remove potenciais poluentes do solo;
- Promove interceptação das águas pluviais, reduzindo o volume de escoamento superficial.

Diversas tecnologias sustentáveis podem incluir as árvores nos seus componentes, tais como bacias de detenção e jardins de chuva, segundo Woods Ballard *et al.* (2015). No entanto, os autores apontam que as árvores podem ser utilizadas isoladas como uma medida para coletar e atenuar o escoamento superficial ou filtrar poluentes diretamente, de forma local.

A escolha da espécie de árvore deve considerar a porosidade e permeabilidade do solo, taxa de infiltração, qualidade do solo, características climáticas, características do escoamento superficial, características e locação do local (impermeabilização, público ou residencial, etc.) (WOODS BALLARD *et al.*, 2015).

A arborização também pode ser aplicada para recuperação da vegetação ciliar de corpos hídricos e criação de parques lineares para lazer (SÃO PAULO, 2012).

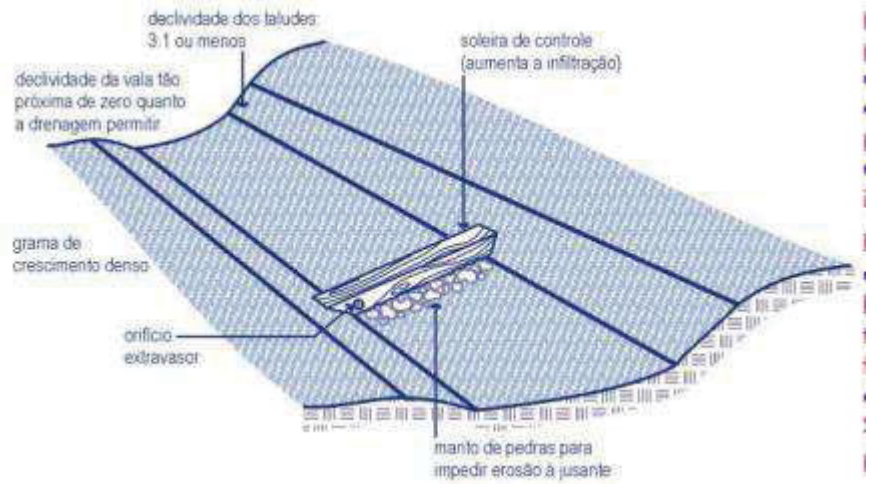
2.3.6.11 Canaletas plantadas

São canais rasos vegetados, utilizados para transporte, armazenamento, infiltração e tratamento das águas pluviais coletadas em edifícios ou áreas impermeáveis (BUTLER *et al.*, 2018, cap. 21). São utilizados para drenagem de áreas destinadas ao tráfego viário (rodovias, estacionamentos, etc.), para coleta difusa de águas pluviais e para o transporte das águas (WOODS BALLARD *et al.*, 2015). Esta medida é apropriada para substituição dos canais convencionais de drenagem em loteamentos e parques, evitando aceleração do escoamento e aumento do volume do escoamento (PARANÁ, 2002).

Os canais podem possuir bermas ou barragens (conforme exposto na FIGURA 34) para aumentar a retenção de poluentes, incrementar a infiltração e

reduzir a velocidade do fluxo (WOODS BALLARD *et al.*, 2015), sendo chamadas de valas de retenção (PARANÁ, 2002).

FIGURA 34 – Canaletas plantadas com barragem



FONTE: Schueler (1987 apud PARANÁ, 2002)

Woods Ballard *et al.* (2015) indica:

- Para declividades superiores a 3%, incorporar barragens;
- para declividades inferiores a 1,5% prever drenos subterrâneos ou camada de vegetação de *wetlands* na base (vala de infiltração úmida);
- os dispositivos são restritos em área densamente ocupadas;
- distância mínima de 1 m da base da vala até o lençol freático;
- não instalar em locais com sombras que limitem o crescimento de grama ou outra vegetação.

Para estes sistemas, Paraná (2002) recomenda:

- Para locais com nível de lençol freático próximo à superfície ou má capacidade de infiltração ou afluência elevada de sedimentos e poluentes, adotar vala de retenção;
- evitar aporte esgoto sanitário;
- em valas de retenção, necessário cuidados para proliferação de mosquitos;
- recomendadas para áreas de contribuição de até 6 hectares.
- recomendadas para solos com capacidade de infiltração a partir de 7 mm/h;

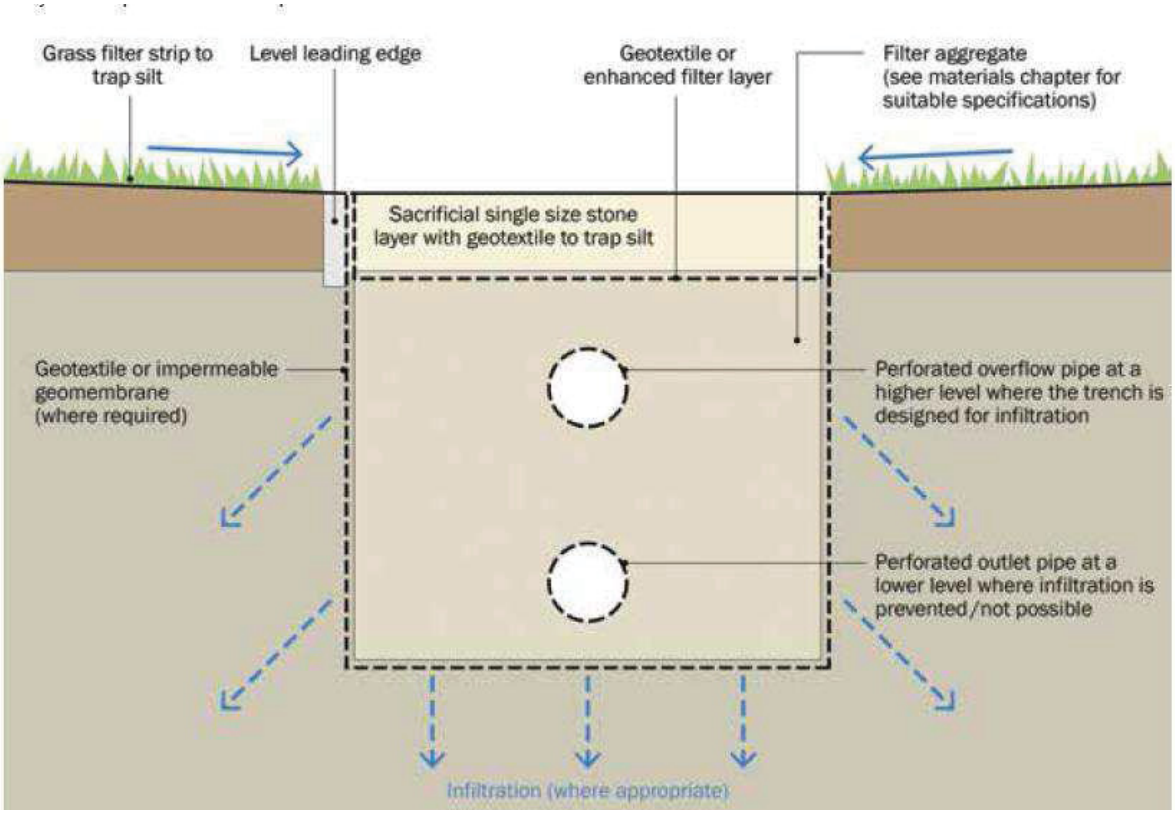
- recomendadas para loteamentos com baixa densidade de ocupação (até 60 habitantes/hectare).

2.3.6.12 Drenos filtrantes

Drenos filtrantes são drenos lineares perfurados ou porosos, implantados no interior de trincheiras de material filtrantes (WOODS BALLARD *et al.*, 2015; BUTLER *et al.*, 2018, cap. 21). Butler *et al.* (2018, cap. 21) indica que estes dispositivos podem ou não promover a infiltração, sendo tipicamente utilizado como dispositivos de transporte de águas pluviais.

Woods Ballard *et al.* (2015) aponta que esta tecnologia armazena temporariamente as águas promovendo atenuação, transporte e filtração das águas de escoamento superficial. No entanto, os autores observam que os filtros de drenagem não são dimensionados para retenção de sedimentos e, portanto, é recomendado que haja um dispositivo de pré-tratamento das águas; nos locais onde não existirem tais dispositivos, deve ser previsto uma camada superficial de geotêxtil no dispositivo, conforme exibido na FIGURA 35. Woods Ballard *et al.* (2015) aponta que os drenos filtrantes podem também ser construídos sob superfície impermeável, para transporte das águas.

FIGURA 35 - Drenos filtrantes



FONTE: Woods Ballard *et al.* (2015)

Woods Ballard *et al.* (2015) enfatizam as seguintes recomendações:

- Quando projetado com infiltração no solo, é recomendado que o nível do lençol freático esteja a pelo menos 1 m abaixo da base;
- geralmente possui entre 1 e 2 m de profundidade;
- o pré-tratamento mais indicado são faixas gramadas de pequenas dimensões (de até mesmo 0,5 m);
- recomendado para locais com declividade longitudinal de no máximo 2%;
- recomendado para locais com estabilidade geotécnica.

2.3.6.13 Intervenções em corpo hídrico

Conforme apresentado anteriormente, a gestão das águas urbanas no Brasil é ainda fortemente caracterizada pela fase higienista (TUCCI, 2008a). Portanto, a canalização dos corpos de águas está incorporada ao ambiente urbano. No entanto, considerando que estas medidas transferem vigorosamente o impacto à jusante e, portanto, devem estar vigorosamente atreladas às políticas de governo, esta medida

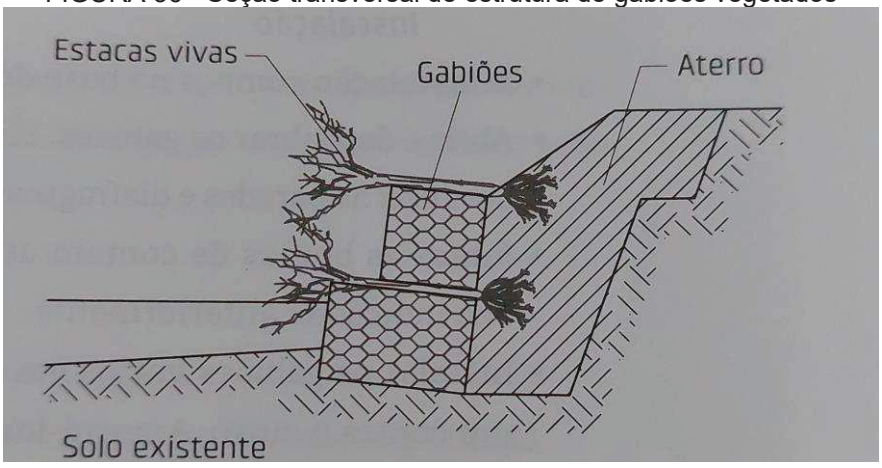
não será apresentada nesta pesquisa. Para macrodrenagem, serão apresentadas somente propostas voltadas à estabilização de margens.

Fracassi (2017) apresenta os muros longitudinais como solução tanto para proteção das margens de efeitos erosivos como para contenção do empuxo do solo da margem. Para aplicação destas soluções, o autor indica que o projeto deve considerar tanto a perspectiva hidráulica como a geotécnica. Fracassi (2017) ainda recomenda que, nos cursos naturais, os muros devem considerar os empuxos em época chuvosa, quando o nível freático está mais elevado.

Dentre as soluções de muros longitudinais, destaca-se os gabiões caixa, que consistem em caixa construída em arame metálico preenchido com pedras que sejam, ao menos, 1,5 vezes maiores que as abertura da malha da caixa, de acordo com Fracassi (2017). O autor apresenta que, em corpos hídricos que se esperam erosões, os gabiões devem ser fundada em cota inferior à da máxima erosão prevista e, em algumas situações, pode ser necessário colocação de filtro entre os gabiões o solo de fundação. De acordo com o autor, a necessidade de aprofundamento excessivo das escavações provoca um aumento substancial de custos.

Fracassi (2017) apresenta que é possível enquadrar a solução em gabiões caixa como uma solução natural, enquadrada como Engenharia Naturalista, ou Bioengenharia. O autor apresenta a possibilidade de, nos interstícios entre as pedras, adicionar solo, e entre as camadas de gabião, inserir galhos vivos ou plantas enraizadas. Na FIGURA 36 se apresenta uma seção transversal dessa solução.

FIGURA 36 - Seção transversal de estrutura de gabiões vegetados

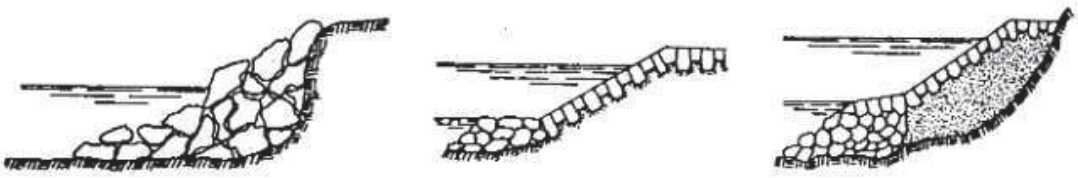


FONTE: Fracassi (2017).

Outra solução para controle dos processos erosivos é o enrocamento, ou “riprap”. O método consiste na deposição de pedras nas margens do corpo hídrico, as quais devem possuir tamanhos diversos, conforme especificação de projeto (RACIN, J.; HOOVER, T.P; AVILA, C.M.C., 1996)

Brighetti (2001) apresenta que o enrocamento pode ser arrumado ou lançado sendo o primeiro mais vantajoso pois permite economia de material mas, em contrapartida, precisa ser feito a seco. O autor apresenta que é necessária a instalação de filtros naturais granulares (cascalho, areia, etc.) ou sintético (geotêxteis) entre o solo e as pedras, para evitar o carreamento do solo. Lemos (2008) apresenta que as instalações em enrocamento são medidas temporárias, adequadas para inclinações de até 2H:1V, com possibilidade de instalação a partir de terra; no entanto, o autor apresenta que a medida pode ter limitações devido ao custo de material e transporte. Exemplos de seções de enrocamento são apresentados na FIGURA 37.

FIGURA 37 - Exemplos de enrocamento



FONTE: Brighetti (2001)

De forma análoga ao gabião vegetado, o enrocamento em pedra pode ser vegetado. Castelani *et. al.* (2015) apresentam que a técnica é de simples execução e dimensionamento, demandando pouca movimentação de solo, podendo, no entanto, ter custo elevado devido à necessidade de rochas para execução da medida.

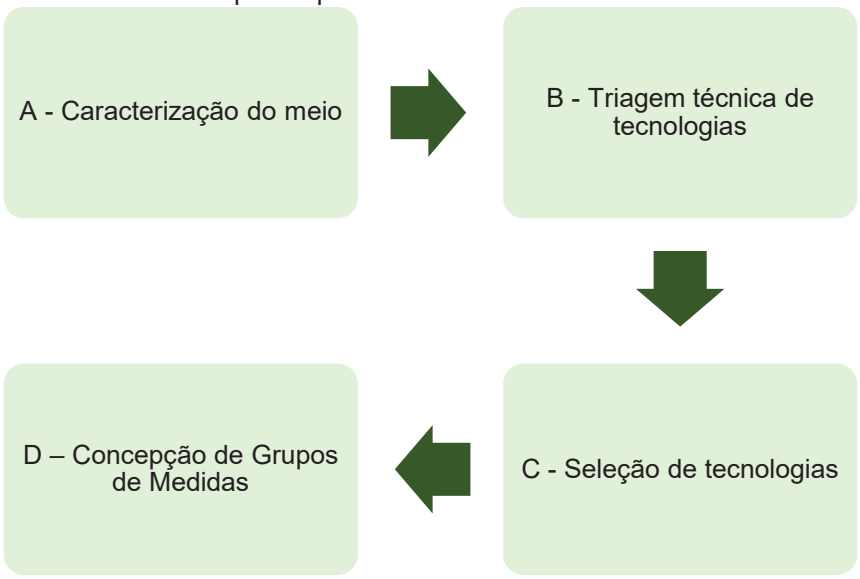
3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa é de natureza quali-quantitativa e de finalidade aplicada, com objetivos exploratórios e descritivos. (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013, cap. 1; MARCONI; LAKATOS, 2022, cap. 8). A pesquisa utiliza métodos bibliográficos, documentais e observacionais (GIL, 2022; MARCONI; LAKATOS, 2022, cap. 8).

3.1 MEDIDAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADE FAVORITA

Com base nos conceitos de gestão integrada das águas urbanas, infraestrutura verde, medidas sustentáveis de drenagem pluvial e demais metodologias e conceitos abordados na revisão bibliográfica, foram propostos os passos metodológicos para concepção integrada de medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade Favorita (FIGURA 38).

FIGURA 38 – Etapas para concepção integrada medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade Favorita



FONTE: A autora (2023).

Os conceitos e/ou metodologias que embasaram a inclusão e procedimentos de cada etapa da concepção estão expostos no QUADRO 16.

QUADRO 16 – Métodos e modelos utilizadas para proposição das etapas da pesquisa

Etapa da pesquisa	Modelos/métodos	Etapa/ferramenta de referência
A - Caracterização do meio	Modelo UWU	Entrada de dados: Levantamento de dados
	Método Benetti	Etapa 1: Caracterização do meio e análise de conjuntura
	IUWM	Diagnóstico para analisar a situação da gestão das águas e dificuldades nos sistemas
B - Triagem técnica de tecnologias	Modelo UWU	Entrada de dados: Definição das medidas de conservação de água
	Método Benetti	Etapa 2: Cotejo técnico entre tecnologias e boas práticas e a conjuntura do meio
	IUWM	Seleção de tecnologias adequadas para as condições locais
C - Seleção de tecnologias	Modelo UWU	Definição da *vision*
	Método Benetti	Etapa 3: Verificação da aceitabilidade das tecnologias
	IUWM	Engajamento das partes interessadas no processo de planejamento
D – Concepção de Grupos de Medidas	Modelo UWU	Entrada de dados: Definição das medidas de conservação de água e Grupo de Medidas Equações
	Método Benetti	Etapa 4: Formação e seleção de Grupos de Medidas (GM)

NOTA: O método de Benetti (2015) é apresentado em ‘2.2.1.2’; o modelo *Urban Water Use* (UWU) e o *Integrated Urban Water Management* (IUWM) são apresentados em ‘2.1.2’.

FONTE: A autora (2023).

3.1.1 A - Caracterização do meio

Nesta etapa, buscou-se realizar um diagnóstico sobre as condições socioambientais da Comunidade Favorita, levantado informações sobre o meio físico, social, ambiental e, especialmente, da situação sanitária.

Foram levantados dados secundários e de dados primários. Os dados primários foram obtidos por meio de duas visitas realizadas na comunidade, onde toda área foi percorrida na companhia da vice-presidente da Associação dos Moradores da Favorita. Nestas visitas foram registradas informações de relatos espontâneos dos moradores e da vice-presidente.

A primeira visita foi realizada em 20/05/2023, para uma aproximação inicial com as características da área; a segunda em 20/09/2023, para um maior detalhamento da infraestrutura de esgotamento sanitário e drenagem existente na comunidade.

Os dados secundários foram obtidos por meio de levantamento documental e bibliográfico, imagens de satélite e plataformas de dados (INDE, IAT, PARANÁINTERATIVO, entre outros). Na revisão documental e de literatura para caracterização, três fontes de informações demonstram importância elevada: o

Relatório Socioeconômico Favorita do TETO (2018); o estudo ambiental da área conduzido por Gaia Ciência Consultoria em Geociências (GCCG) (2023); e o levantamento topográfico realizado pela Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social (2022). Estes documentos foram cedidos pelos autores para os fins acadêmicos desta pesquisa.

Também foram utilizados o software SAGA GIS, QGIS e AutoCAD CIVIL 3D para elaboração de mapas e geoprocessamento, com adoção do sistema de coordenadas dos mapas é SIRGAS 2000/UTM Zona 22S.

Nos QUADRO 17 apresentam-se os dados levantados para caracterização da comunidade.

QUADRO 17 - Dados levantados na caracterização do meio

Assunto	Dados
Gerais	Localização e área
	Atores sociais da comunidade
Meio Físico	Clima: Temperaturas mínimas, médias e máximas; precipitação média anual
	Recursos hídricos: Bacia hidrográfica; sistema hidrográfico e classe de uso; bacia de contribuição; Qualidade da água; nascentes, áreas úmidas e alagadas; manchas de inundação; aquíferos e lençol freático.
	Geologia e solo: solo predominante; coeficiente de permeabilidade; processos erosivos.
	Geomorfologia: curvas de nível ou mapa topográfico; declividade do terreno.
Meio Biótico	Áreas de Preservação Permanente (identificação, localização, estado de conservação, uso e ocupação)
	Presença de vegetação nativa
	Unidades de Conservação no entorno
Meio socioeconômico	Histórico: histórico e dinâmica de ocupação, situação fundiária da área
	População: população total, densidade demográfica, condições de vida (renda familiar, habitação, etc.), casos de doenças/mortes relacionadas à falta de saneamento
	Diversos: Áreas de lazer, áreas de convívio social, parques e áreas esportivas; presença ou proximidade de comunidades tradicional; existência de hortas individuais e/ou coletivas; Patrimônio histórico, arqueológico e cultural na área.
	Problemas: percepção dos moradores sobre os problemas da comunidade e sobre o meio ambiente; demandas, expectativas e receios da população em relação ao saneamento
	Planos e programas governamentais: plano diretor, plano habitação e de saneamento básico, plano de saneamento básico e plano diretor de drenagem
	Uso e ocupação do solo: tipo de uso do solo (residencial, industrial, comercial, preservação ambiental, etc.) e parâmetros de ocupação (nível de impermeabilização, ocupação dos terrenos).
	Caracterização da infraestrutura de energia elétrica e do sistema viário (existência de vias, rotatórias, canteiros, passeio; modais que circulam na região; intensidade de tráfego)
Situação Sanitária	Abastecimento de água: modo de obtenção de água potável, existência e índice de atendimento de serviços públicos, regularidade.
	Resíduos sólidos: atendimento pela coleta municipal, disposição irregular de resíduos.
	Esgotamento sanitário e drenagem pluvial: existência, índices de atendimento, sistemas construídos pelos moradores, estado de conservação, instalações prediais (banheiros, tratamento no lote, calhas, etc.), banheiros comunitários, práticas de manutenção, medidas de drenagem existentes (estruturais, sustentáveis, convencionais, etc), mapeamento dos sistemas existentes

FONTE: A autora (2023).

Após levantamento dos dados exarados no QUADRO 17, elencou-se as principais situações (diagnóstico) a serem levadas em consideração quando da execução das próximas etapas.

3.1.2 B -Triagem Técnica de Tecnologias

O QUADRO 18 apresenta as medidas de saneamento consideradas nesta pesquisa. Estas tecnologias foram elencadas com base nas medidas e dispositivos levantados na revisão de literatura, priorizando apresentação de medidas apropriadas para sistemas descentralizados de tratamento de esgoto e medidas direcionadas para os conceitos de sustentabilidade, *Green Infrastructure* (GI) e *Sustainable Urban Drainage System*s (SUDS).

As tecnologias apresentadas no QUADRO 18 passaram por um processo prévio de seleção: a triagem técnica. Na triagem técnica alguns dados levantados na caracterização do meio são confrontados com as particularidades das tecnologias de saneamento. Os dados contrapostos são:

a. Abastecimento de água nas edificações;
b. Profundidade do lençol freático;
c. Solo predominante e taxa de infiltração do solo;
d. Existência de infraestrutura viária;
e. Espaços disponíveis (áreas de lazer, áreas esportivas, terrenos/áreas desocupadas, canteiros de vias, passeios, área livre em lote)
f. Existência de infraestrutura adequada e consolidada

As tecnologias que não demonstraram compatibilidade com as características do meio foram eliminadas ou restringidas. As particularidades para análise de cada variável estão expostas na sequência.

QUADRO 18 - Medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial

Classe	Medidas
Transporte de Águas Residuárias - TAR	Ligação à rede pública
	Sistema condominial de esgotamento sanitário
	Sistema Separador Absoluto
	Sistema Único Alternativo
Interface com o Usuário - IU	Banheiro a seco
	Banheiro com despejo de água
Tratamento de Esgoto - TE	Caixa de gordura
	Tanque séptico
	Reator anaeróbio compartimentado (RAC)
	Biodigestor
	Fossa verde ou bacia de evapotranspiração (BET)
	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) compacto
	Vermifiltro
	Filtro anaeróbio
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial horizontal
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial vertical
	Filtro de areia
	Vala de filtração
Transporte e Disposição final - TD	Fossa seca
	Sumidouro
	Vala de infiltração
	Círculo de bananeiras
	Disposição em corpo hídrico
	Destinação de lodo para empresas especializadas
	Esvaziamento e transporte manual
	Esvaziamento e transporte mecanizado
Medidas de Drenagem - MD	Poço de infiltração
	Trincheira de infiltração
	Faixa gramada
	Pavimentos permeáveis e porosos
	Cisternas
	Bacia de retenção
	Bacia de detenção
	Jardins de chuvas
	Microrreservatórios
	Arborização
	Canaletas plantadas
	Drenos filtrantes
	Intervenção em corpo hídrico

FONTE: A autora (2023).

3.1.2.1 Abastecimento de água nas edificações

Para o caso de ausência de abastecimento de água, somente o banheiro a seco e a fossa seca são mantidas. Para a situação inversa, todas demais tecnologias são consideradas.

3.1.2.2 Profundidade do lençol freático

O QUADRO 19 apresenta os dispositivos que possuem restrições ou que não são compatíveis com nível de lençol freático raso (a menos de 1 m da superfície).

QUADRO 19 – Análise da compatibilidade das medidas: profundidade do lençol freático

Classe	Dispositivo	Compatibilidade
TE - Tratamento de Esgoto	Tanque séptico	Restrição
	Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	Restrição
	Vermifiltro	Restrição
	Filtro anaeróbio	Restrição
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial horizontal	Restrição
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial vertical	Restrição
	Filtro de areia	Restrição
	Vala de filtração	Restrição
TD – Transporte e disposição final	Fossa seca	Exclusão
	Sumidouro	Exclusão
	Vala de infiltração	Exclusão
	Círculo de bananeiras	Exclusão
MD – Medidas de Drenagem	Poço de infiltração	Exclusão
	Trincheira de infiltração	Exclusão
	Faixa gramada	Restrição
	Pavimentos permeáveis e porosos	Restrição
	Bacia de retenção	Restrição
	Bacia de detenção	Restrição
	Jardins de chuvas	Restrição
	Microrreservatórios	Restrição
	Canaletas plantadas	Restrição
	Drenos filtrantes	Restrição

FONTE: A autora (2023).

3.1.2.3 Coeficiente de permeabilidade e solo predominante

O QUADRO 20 apresenta as taxas de infiltração do solo, ou tipologia do solo, as quais as tecnologias devem ser excluídas ou restringidas.

QUADRO 20 – Análise da compatibilidade das medidas: coeficiente de permeabilidade e solo predominante

Classe	Dispositivo	Exclusão	Restrição
TD – Transporte e disposição final	Sumidouro	Solos muito permeáveis	
	Vala de infiltração	Solos argilosos	
	Círculo de bananeiras	Sem informação	Solos arenosos
MD – Medidas de Drenagem	Poço de infiltração	< 4 mm/h	
	Trincheira de infiltração	< 4 mm/h	
	Canaleta plantadas		< 7 mm/h
	Pavimentos permeáveis e porosos		< 7 mm/h*
	Faixa gramada	< 1 mm/h	
	Bacia de retenção	> 200 mm/h	
	Bacia de detenção	> 200 mm/h	
	Jardins de chuvas		< 7 mm/h*
	Microrreservatórios		< 7 mm/h*
	Drenos filtrantes		< 7 mm/h*

FONTE: Adaptado de ABNT (1997); Paraná (2002); Tonetti *et al.* (2018, cap. 5).
NOTA: *Aplicáveis a sistemas com infiltração, sendo indicado para estas situações adoção de sistemas sem infiltração.

3.1.2.4 Existência de infraestrutura viária

O QUADRO 20 apresenta as tecnologias que são excluídas caso não haja infraestrutura viária na comunidade para instalação dos equipamentos ou para acesso de veículos.

QUADRO 21 – Análise da compatibilidade das medidas: existência de infraestrutura viária

Classe	Dispositivos
TAR – Transporte de Águas Residuárias	Ligação à rede pública
	Sistema Separador Absoluto
	Sistema Único Alternativo
TE - Tratamento de Esgoto	Filtro anaeróbio
TD – Transporte e disposição final	Sumidouro
	Esvaziamento e transporte mecanizado

FONTE: A autora (2023).

3.1.2.5 Espaços disponíveis

Classifica-se as áreas para aplicações dos dispositivos em: lote, vias (ruas ou passeios), loteamento (estacionamentos, parques, praças, etc) e macrodrenagem (dispositivos de drenagem pluvial). O QUADRO 22 apresenta as medidas de saneamento e a possibilidade de aplicação nas áreas mencionadas. As áreas assinaladas para cada tecnologia são aquelas que são indicadas para sua instalação.

Mediante a disponibilidade de espaço na comunidade, as tecnologias são eliminadas ou mantidas na análise.

QUADRO 22 – Análise da compatibilidade das medidas: espaços disponíveis

Classe	Medidas	Lote (L)	Vias (Vs)	Loteamento (LM)	Macrodrenagem (M)
TAR	Ligação à rede pública	-	X	-	-
	Sistema condominial de esgotamento sanitário	X	X	X	-
	Sistema Separador Absoluto		X		-
	Sistema Único Alternativo		X		-
IU	Banheiro a seco	X		X	-
	Banheiro com despejo de água	X		X	-
TE	Caixa de gordura	X		X	-
	Tanque séptico	X		X	-
	Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	X		X	-
	Biodigestor	X		X	-
	Fossa verde	X			-
	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) compacto	X		X	-
	Vermifiltro	X		X	-
	Filtro anaeróbio	X		X	-
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial horizontal	X		X	-
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial vertical			X	-
	Filtro de areia	X		X	-
	Vala de filtração	X	X	X	-
TD	Fossa seca	X			-
	Sumidouro	X			-
	Vala de infiltração	X		X	-
	Círculo de bananeiras	X			-
	Disposição em corpo hídrico		X		X
	Destinação de lodo para empresas especializadas	-	-	-	-
	Esvaziamento e transporte manual	-	-	-	-
	Esvaziamento e transporte mecanizado	-	-	-	-
MD	Poço de infiltração	X		X	
	Trincheira de infiltração	X	X	X	
	Faixa gramada	X	X	X	X
	Pavimentos permeáveis e porosos	X	X	X	
	Cisternas	X			
	Bacia de retenção			X	X
	Bacia de detenção			X	X
	Jardins de chuvas	X	X	X	
	Microrreservatórios	X			
	Arborização	X	X	X	X
	Canaletas plantadas		X	X	
	Drenos filtrantes		X	X	
	Intervenção em corpo hídrico				X

FONTE: A autora (2023).

LEGENDA: TAR – Transporte de Águas Residuárias; IU – Interface com o Usuário; TE -Tratamento de Esgoto; TD – Transporte e disposição final; MD – Medidas de Drenagem.

3.1.2.6 Existência de infraestrutura adequada e consolidada

Não são previstas medidas para a mesma finalidade de medidas com uso consolidado na comunidade. Exemplos:

- se as residências já possuem banheiros com despejo de água e caixa de gordura instalados e em bom funcionamento, as medidas de interface com o usuário e a caixa de gordura não são propostas;
- caso haja rede de coleta instalada não deve ser concebida nova rede;
- caso haja rede de esgotamento, mas não rede de drenagem, não são propostos sistemas únicos alternativos, pois a adoção destes implicaria na desativação de uma rede já instalada.

3.1.2.7 Sistematização

Após a análise de todas variáveis, os resultados são elencados em formato de tabela, ou tópicos, para melhor visualização dos resultados, conforme modelo apresentado no QUADRO 23.

QUADRO 23 - Modelo de sistematização dos resultados da triagem

Classe	Medida	Restrições	Espaços			
			Lote	Vias	Loteamento	Macrodrenagem
		[inserir variáveis com restrições]	[inserir se é viável, inviável ou restrita]	[inserir se é viável, inviável ou restrita]	[inserir se é viável, inviável ou restrita]	[inserir se é viável, inviável ou restrita]

FONTE: A autora (2023).

3.1.3 C – Seleção de tecnologias

As principais características das tecnologias que não foram eliminadas na triagem foram contrapostas aos costumes, demandas e expectativas da população, e também às características do meio que se destacaram e que não foram consideradas na triagem técnica. Foram apresentadas à representante da comunidade (vice-presidente da Associação dos Moradores) as principais características das tecnologias que não foram excluídas, para avaliação da aceitabilidade dos dispositivos.

Após consideração das expectativas, demandas e aceitabilidade da comunidade, excluiu-se e preteriu-se tecnologias com base neste resultado, culminando no mantenimento de tecnologias que harmonizam com as expectativas, desejos e demandas da população. As tecnologias restantes foram elencadas para melhor visualização.

3.1.4 D - Concepção de Grupos de Medidas

Neste momento, foram feitas combinações dos dispositivos elencados na seleção de tecnologias, resultando em Grupos de Medidas para os sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial.

Após a definição dos Grupos de Medidas, foram levantadas as áreas passíveis de instalação de estações de tratamento de esgoto descentralizadas e foram pré-dimensionados os dispositivos de tratamento de esgoto. Para este levantamento, considera-se que os dispositivos propostos tem caráter temporário, pois quando da urbanização da área e implantação da rede pública, os moradores serão obrigados a fazerem a ligação predial à esta rede.

Os dispositivos que não demonstraram viabilidade de aplicação nas áreas disponíveis na comunidade foram eliminados da análise.

Após a locação de estações de tratamento de esgoto descentralizadas, foram concebidas redes de esgotamento sanitário para comunidade, harmonizando com as estações propostas e considerando as redes de esgotamento sanitário e drenagem pluvial existentes na comunidade. As redes de esgotamento, se instaladas, são passíveis de aproveitamento quando da urbanização da comunidade.

Para a drenagem pluvial, analisou-se a aplicabilidade das medidas propostas no Grupo de Medida mediante a situação atual da comunidade e em um cenário futuro em que ocorra a regularização e realocação de moradores. Para a drenagem pluvial, as medidas propostas são passíveis de aproveitamento.

Após a concepção e avaliação dos grupos de medidas, apresentou-se as medidas selecionadas no processo, que se apresentaram como viáveis para aplicação na comunidade.

3.2 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES E ESTRUTURA DE FERRAMENTA DE APOIO PARA CONCEPÇÃO INTEGRADA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADES URBANAS EM ASSENTAMENTOS IRREGULARES

Mediante a concepção de medidas para comunidade Favorita, foram apreciadas(os):

- Dificuldades e impasses experimentados na execução da concepção;
- Abrangência da metodologia proposta para tratar a situação sanitária vigente na comunidade;
- Nível de participação social adotado;
- Grupo de medida selecionado frente a requisitos normativos;
- Adaptabilidade do grupo de medida selecionado a cenários futuros;
- Sustentabilidade das medidas propostas.

A concepção das medidas de saneamento e as apreciações supracitadas proporcionaram o levantamento de aspectos técnicos, ambientais, sociais e políticos que demandaram atenção e ponderação. Estes aspectos foram propostos como diretrizes para concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidades urbanas em assentamentos irregulares.

As diretrizes propostas e os passos metodológicos utilizados para concepção das medidas de saneamento foram consideradas para proposição de uma estrutura de uma ferramenta de apoio para concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidades urbanas em assentamentos irregulares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico apresenta-se os resultados da concepção de medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para a comunidade Favorita e as diretrizes e estrutura de ferramenta de apoio para concepção destas medidas em comunidades urbanas em assentamentos irregulares.

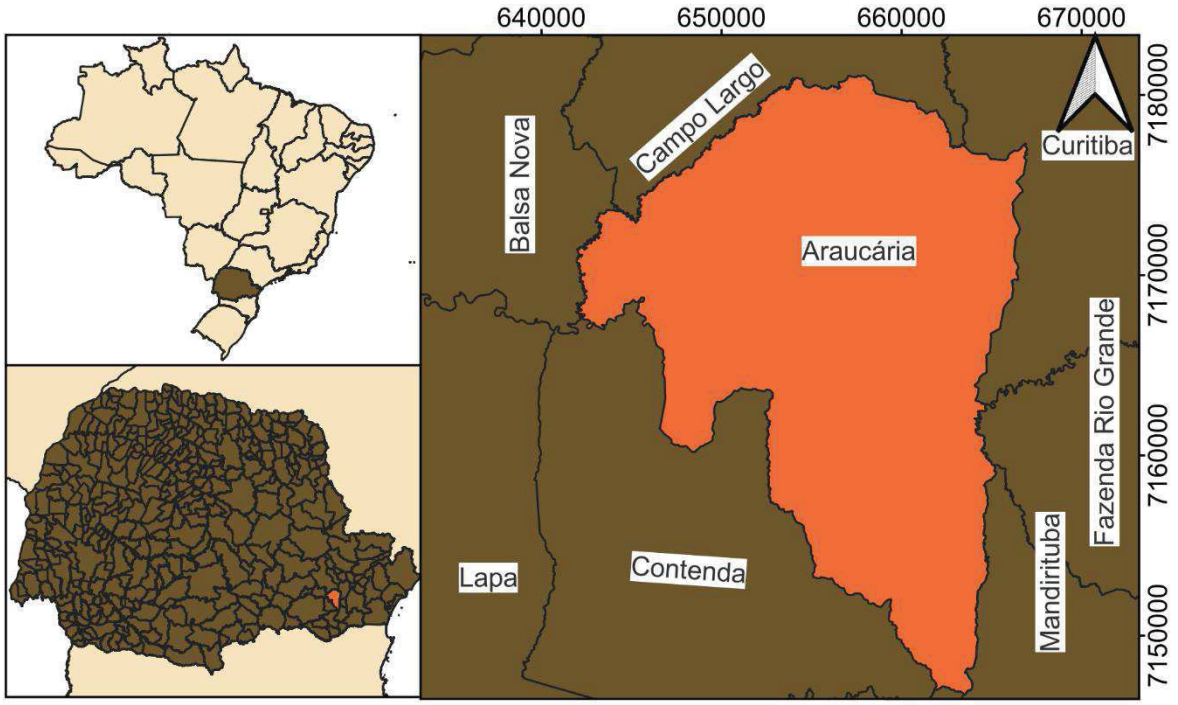
4.1 A – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO

A caracterização da Comunidade Favorita é apresentada nos tópicos: apresentação inicial, meio físico, meio biótico, meio socioeconômico, situação sanitária e principais situações.

4.1.1 Apresentação inicial

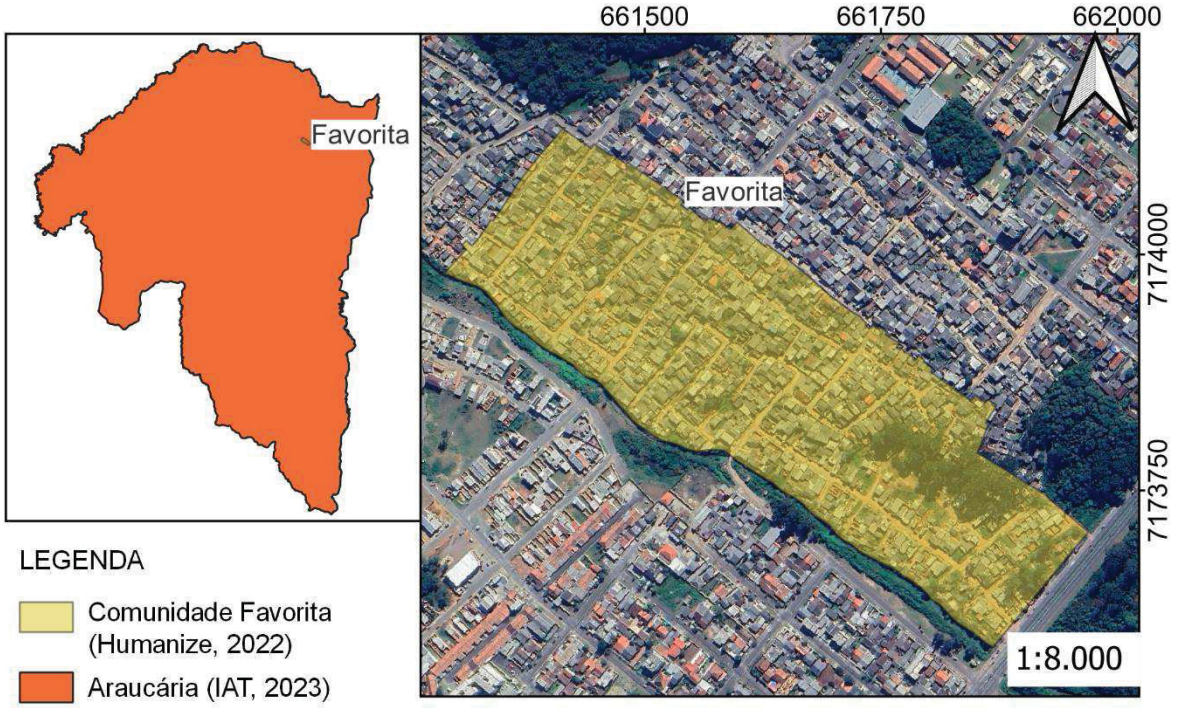
A comunidade Favorita se insere no município de Araucária, região metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná, conforme apresentado na FIGURA 39 e na FIGURA 40. A comunidade se estende por 138.012 m², conforme levantamento de Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social (2022).

FIGURA 39 – Localização de Araucária



FONTE: A autora (2023).

FIGURA 40 - Localização Favorita



FONTE: A autora (2023).

Na comunidade, três organizações se destacam pela sua atuação social: TETO, Associação de Moradores Favorita e Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social.

TETO é uma organização social internacional que atua no Brasil há 15 anos na defesa dos direitos dos habitantes de favelas engajando moradores das comunidades e mobilizando voluntários para trabalharem na construção de uma sociedade integrada (TETO, 2018). O objetivo da TETO é fortalecer as capacidades comunitárias de identidade, organização, autogestão e trabalho em rede, e entidades comunitárias, por meio de Programas Sociais e intervenção contínua (TETO, 2018).

Até 2018, o TETO construiu 13 moradias na Favorita (TETO, 2018) e realizou 2 aplicações de Enquete de Caracterização Socioeconômica, sendo uma em 2018 e outra em 2022. O Relatório Socioeconômico Favorita da TETO de 2018 foi disponibilizado para esta pesquisa.

Quanto à Associação de Moradores, esta tem fortalecido sua atuação ao longo dos anos, promovendo eventos e lutando pela regularização do assentamento. As principais figuras desta associação são a presidente e vice-presidente da Associação, sendo esta segunda a representante que acompanhou a pesquisadora nas visitas à comunidade, que tiveram grande contribuição para a caracterização do meio e para seleção de tecnologias desta pesquisa.

Atualmente, a Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social, empresa de advocacia, também faz parte do cenário da comunidade, pois foi contratada pela comunidade para atuar no processo de regularização da área, promovendo estudos necessários no processo e representando a comunidade.

4.1.2 Meio físico

A caracterização do meio físico da comunidade é apresentada na sequência, nos seguintes tópicos: geologia e geomorfologia, recursos hídricos e clima.

4.1.2.1 Geologia e geomorfologia

De acordo com SUDERHSA (2000), na área em que se insere a comunidade há ocorrência das unidades: complexo gnáissico-migmatítico, terraços aluvionares e aluviões atuais. Os dados da Superintendência indicam a presença de: migmatitos no Complexo gnáissico-migmatítico e, para as demais unidades, sedimentos areno-síltico-argilosos no ambiente fluvial, intercalados com camadas de areia fina a grossa e cascalhos na parte superior da planície de inundação.

No estudo ambiental desenvolvido por Gaia Ciência Consultoria em Geociências (2023), apresenta-se que há um elevado grau de intemperismo e antropismo no local, identificando que os afloramentos dos gnaisses-migmatitos não são comuns, devido ao elevado aterramento do solo. O referido estudo indica que estas rochas são identificadas nas áreas de maior declividade e no Córrego Favorita[6].

Gaia Ciência Consultoria em Geociências (2023) também aponta que são observados blocos de argilito, bancos de areia e cascalho no leito do córrego Favorita e que as rochas da comunidade não têm fragilidades no quesito estrutural.

No portal de dados INDE se encontra a informação de que a região apresenta relevo suave ondulado, com solo de textura argilosa, predominantemente do tipo Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos. Os latossolos vermelho-amarelos de textura argilosa são caracterizados pela permeabilidade e retenção de água medianas.

Gaia Ciência Consultoria em Geociências (2023) expõe que os solos são areno-argilosos, provenientes do intemperismo das rochas, com textura argilosa, e que se encontram diversos aterros com saibro (solo residual areno-argiloso).

Portanto, para esta pesquisa, considerando as informações levantadas e os dados obtidos em revisão de literatura (QUADRO 24), o solo da região será considerado como de média permeabilidade, com coeficiente de permeabilidade entre 36 a 360 mm/h.

---

[6] Nomenclatura sugerida pela autora para identificação do corpo hídrico margeado pela comunidade.

QUADRO 24 - Coeficiente de permeabilidade dos solos

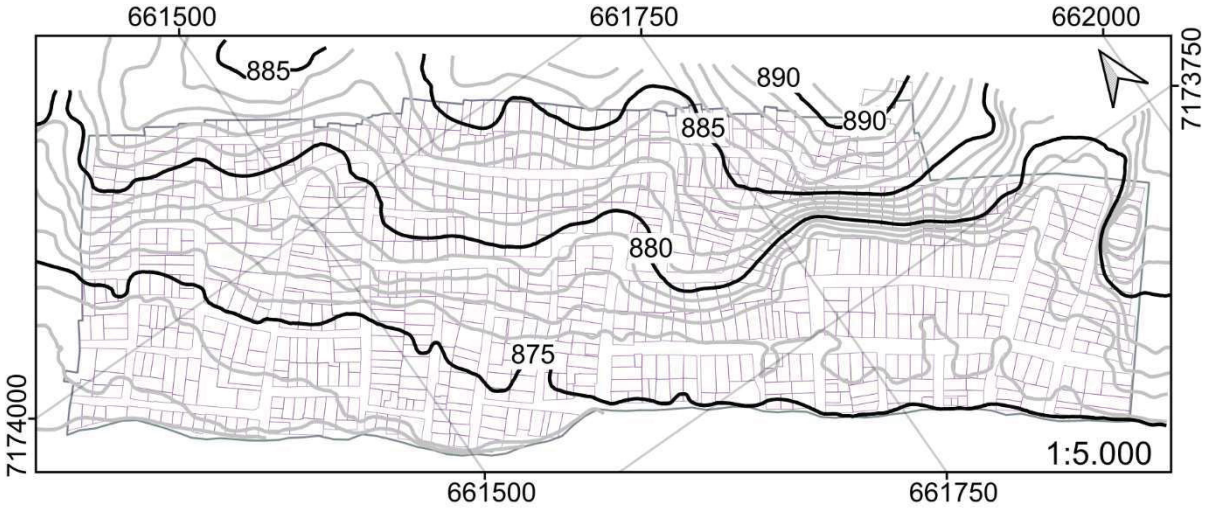
Tipo de solo	Coeficiente de permeabilidade (mm/h)	Grau de permeabilidade
Cascalho grosso, seixos e matacões	>3.600.000	Alto
Cascalhos limpos	3.600.000 a 36.000	Alto
Areia grossa	36.000 a 3.600	Alto
Areia média	3.600 a 360	Médio
Areia fina	360 a 36	Médio
Areia siltosa	36 a 3,6	Baixo
Siltes	3,6 a 0,036	Muito baixo
Argilas	0,036 a 0,00036	Muito baixo a praticamente impermeável

FONTE: Adaptado de Fernandes (2016) e Barnes (2016).

A comunidade, no geral, não apresenta revestimento (pavimentação, vegetação, etc.) nas vias, passeios e áreas externas das residências. Portanto, entende-se que ocorre o carreamento das partículas dos solos, principalmente pelo efeito das águas pluviais.

Quanto às altitudes da comunidade, a Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social (2022) realizou um levantamento topográfico da área da Comunidade Favorita, resultando nas curvas de nível apresentadas na FIGURA 41, que apontam que as altitudes variam entre 872 e 891 m. Um mapa hipsométrico e um mapa de declividade foram executados com base nas curvas de nível levantadas pela Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social (2022) e são apresentados, respectivamente, na FIGURA 42 e FIGURA 43.

FIGURA 41 - Curvas de nível da comunidade



LEGENDA

Fonte de dados: Humanize (2022)

Curvas mestras

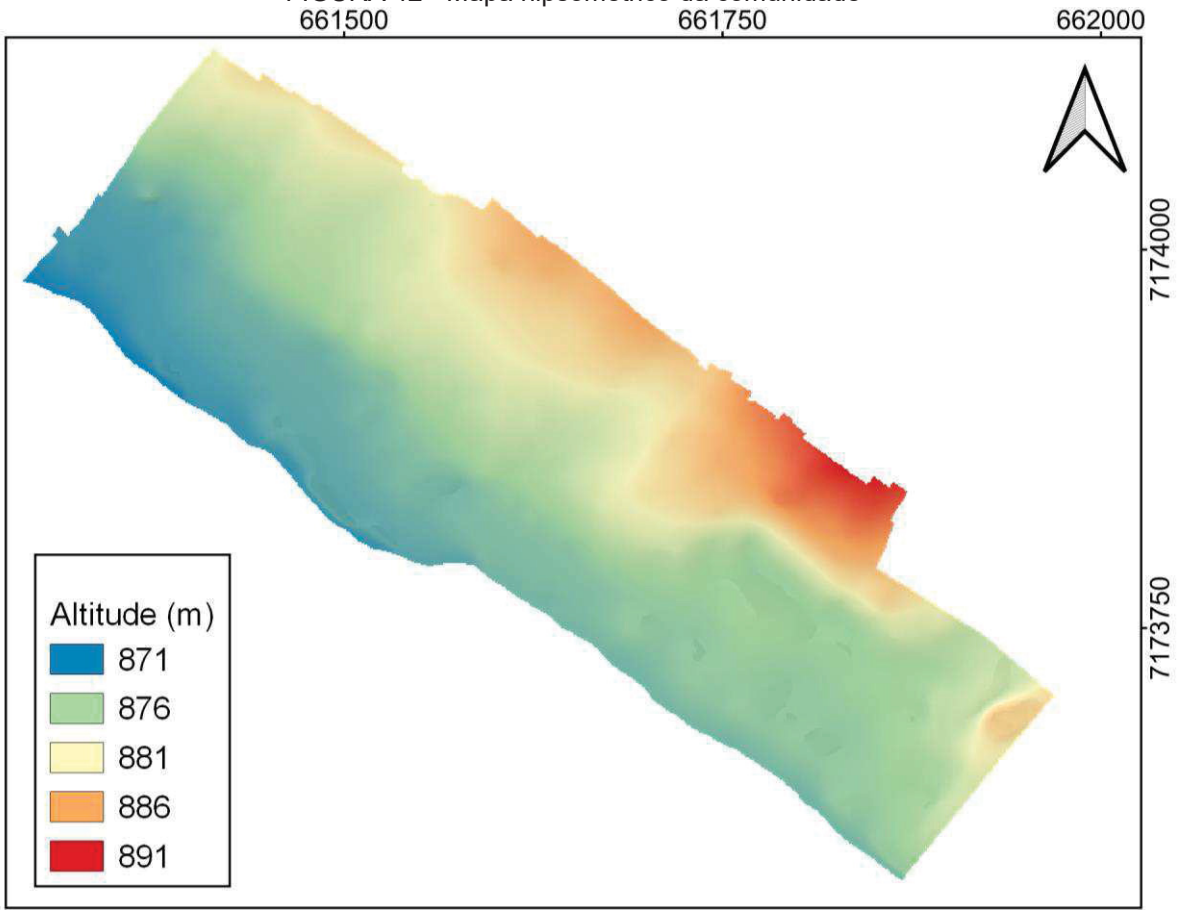
Curvas intermediárias

Loteamento Favorita

Perimetro Comunidade Favorita

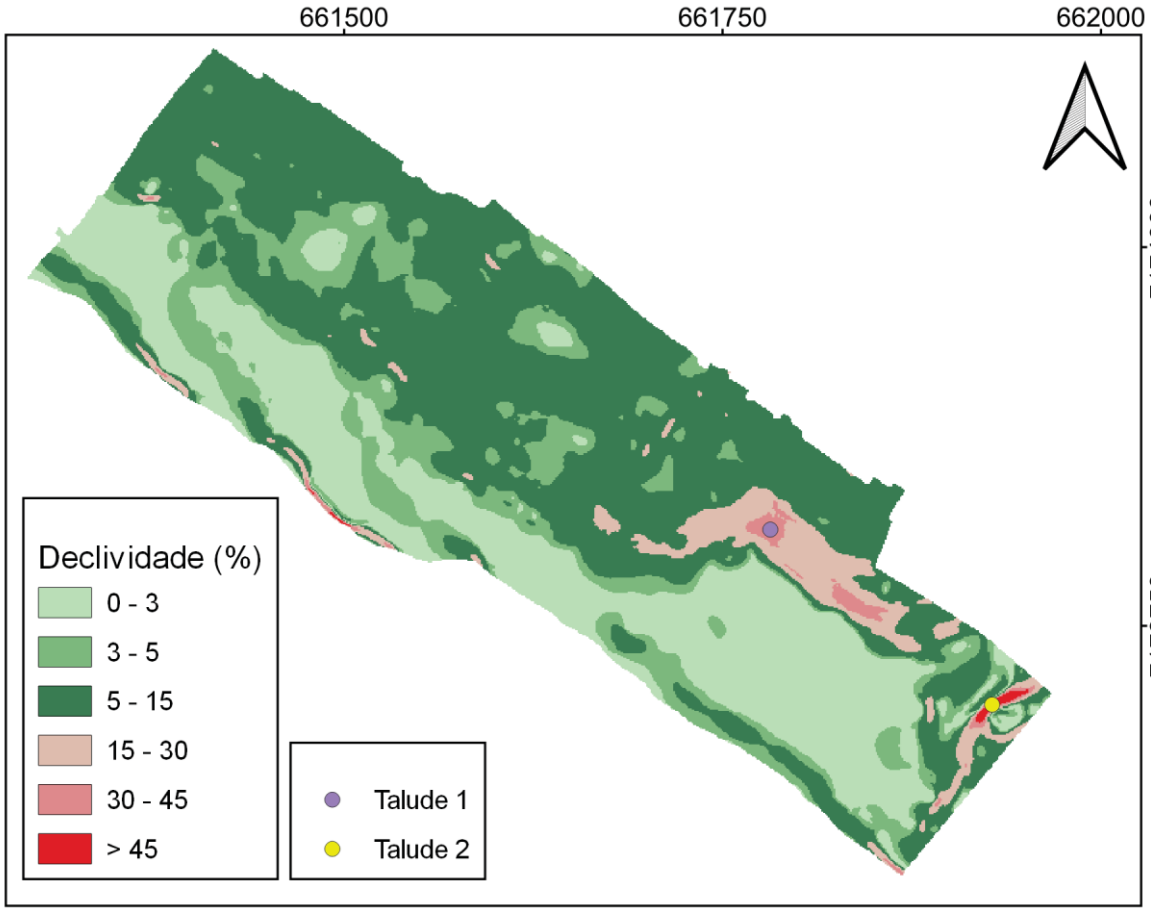
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 42 - Mapa hipsométrico da comunidade



FONTE: A autora (2023).

FIGURA 43 – Mapa de declividade da comunidade



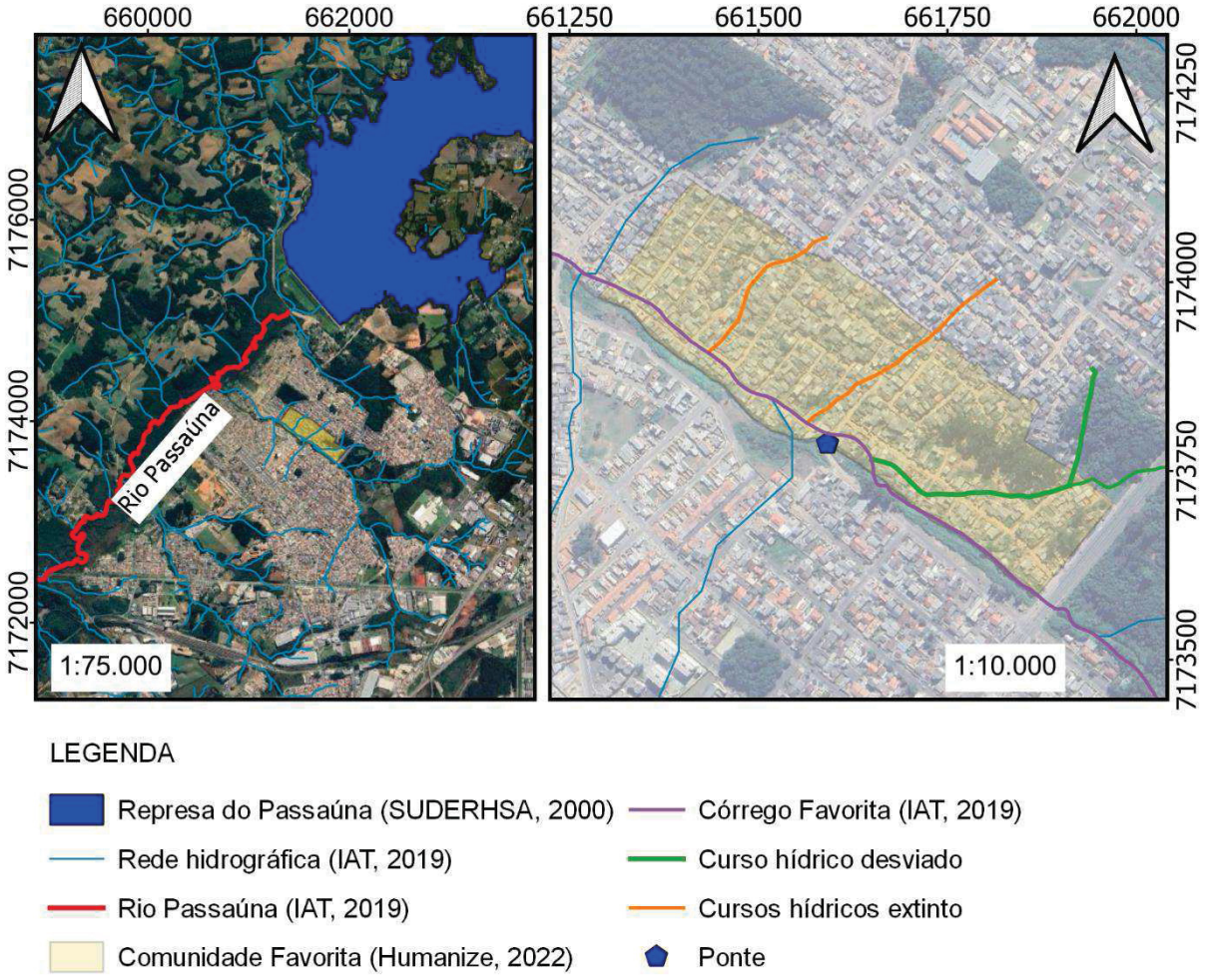
FONTE: A autora (2023).

Ademais, em visita à área, registrou-se taludes com indícios de erosão e de instabilidade (APÊNDICE 4), coincidentes com as áreas de declividade maiores que 30%, destacadas na FIGURA 43 como “Talude 1” e “Talude 2”. O talude do Córrego Favorita também apresenta quebras abruptas de relevo em diversos locais, sendo notável a instabilidade geotécnica em pontos onde os moradores realizaram aterros.

4.1.2.2 Recursos Hídricos

Conforme dados da SUDERHSA (2000), o município de Araucária está inserido na Bacia do Iguaçu e o assentamento em análise se situa no interior da sub-Bacia do Passaúna. A comunidade localiza-se a jusante do reservatório do Passaúna (FIGURA 44), na microbacia do Córrego Favorita, afluente direto do Rio Passaúna. Não se dispõe da informação quanto à canalização a montante da comunidade.

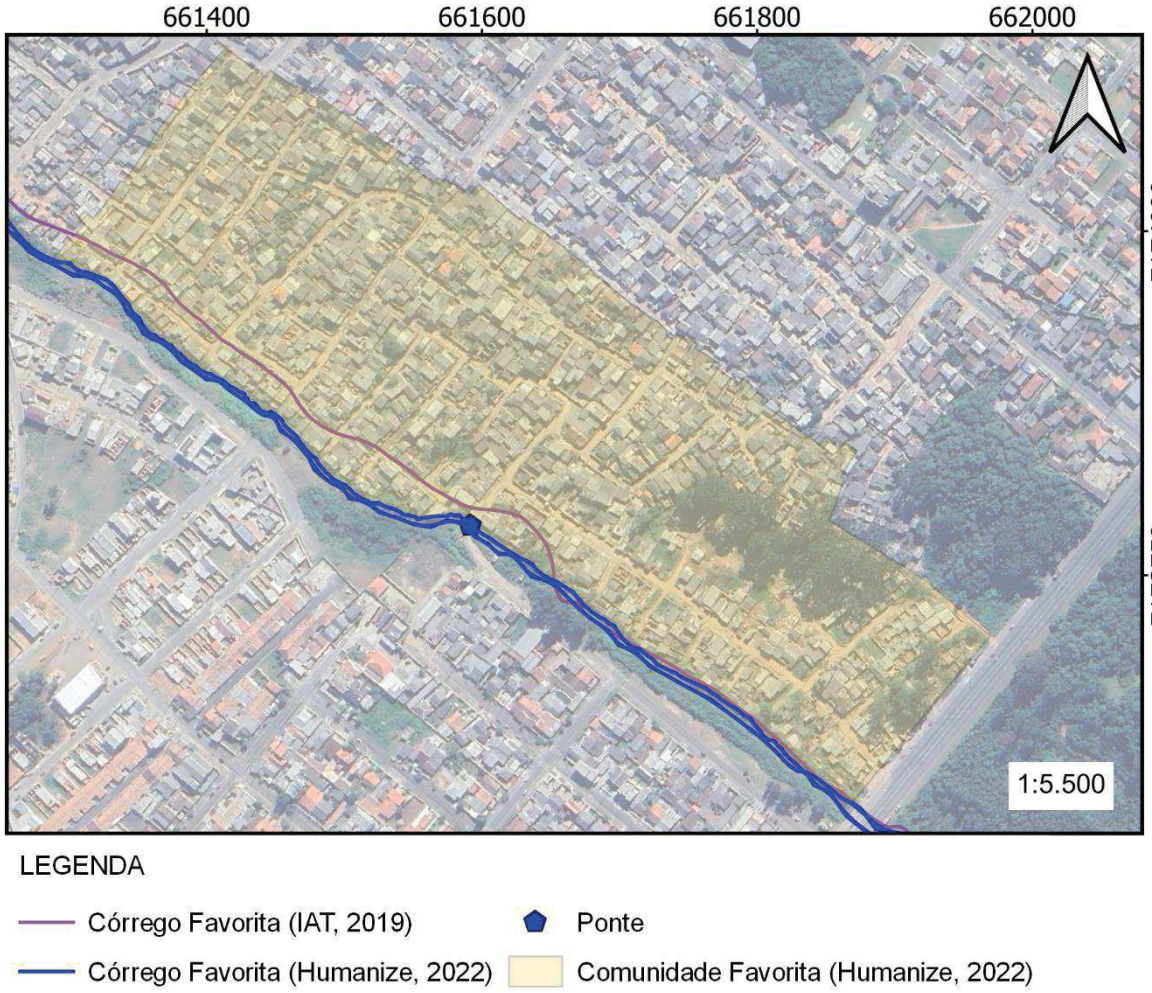
FIGURA 44 - Hidrografia do entorno



FONTE: A autora (2023).

Ressalta-se que as frequentes intervenções nas margens do Córrego Favorita fornecem justificativas para a não-coincidência do traçado do Córrego obtida em banco de dados do Instituto Água e Terra com as imagens de satélite mais recentes e com o perímetro da comunidade, conforme exposto na FIGURA 45.

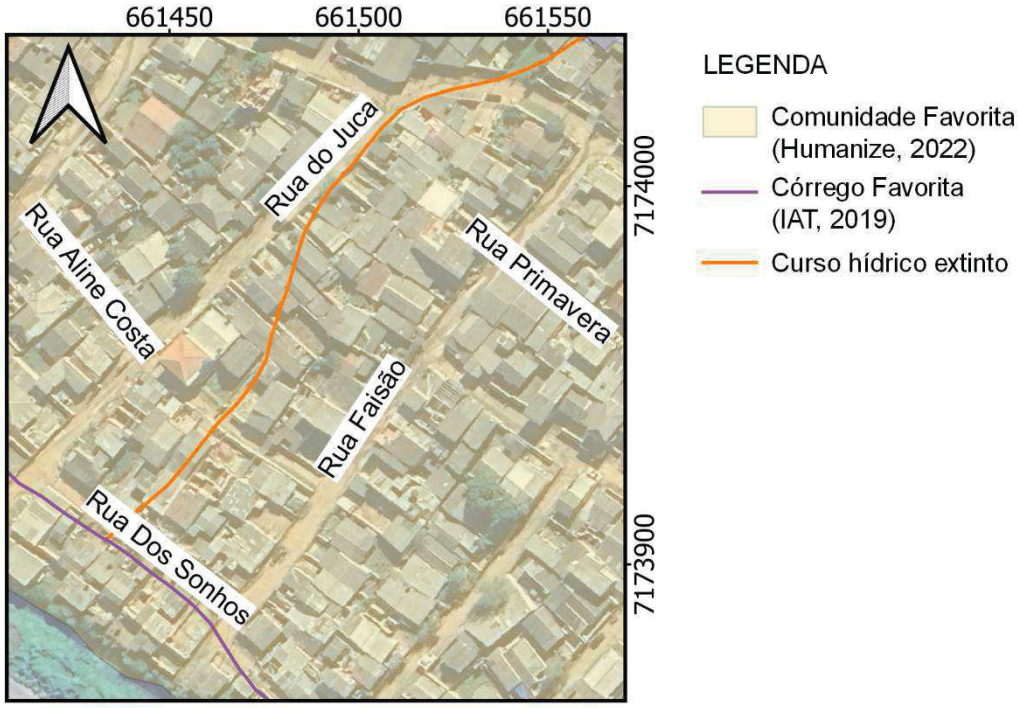
FIGURA 45 – Comparação do traçado do Córrego Favorita



FONTE: A autora (2023).

Quanto aos cursos hídricos extintos, conforme exposto pela análise de GCCG (2023), a vegetação prévia à ocupação corrobora com a existência dos mesmos. Atualmente, a área onde se encontrariam está ocupada e não há canais de escoamento. No entanto, a predisposição do terreno para o fluxo por estes caminhos é constatada na área de escoamento do curso hídrico extinto mais a oeste da comunidade. O referido curso localizava-se entre as Ruas do Juca e a Rua Faisão (FIGURA 44), locais em que o escoamento superficial é exacerbado nos períodos de chuva e que, inclusive, ocasiona alagamento nas ruas perpendiculares aos mesmos (Rua dos Sonhos e rua Aline Costa).

FIGURA 46 - Detalhamento da área entre as Ruas do Juca e Rua Faisão



FONTE: A autora (2023).

Quanto ao curso hídrico desviado, é relatado a presença de uma nascente a montante da comunidade, nas proximidades do local em que a hidrografia aponta como o início deste curso. Atualmente, o corpo hídrico foi alterado pelos moradores e tem seu curso em uma vala na Rua dos Irmãos, recebendo contribuições de esgoto de residências em seu entorno e apresentando elevado nível de degradação visual. No APÊNDICE 3 se apresenta trechos do referido curso hídrico, apontando, inclusive, a destinação inadequada da resíduos e efluentes sanitários sobre o fluxo de água.

4.1.2.2.1 Recursos subterrâneos

Dados do portal do SGB (2014) indicam que a área em estudo está inserida na unidade estratigráfica aflorante denominada ‘Embasamento Fraturado indiferenciado’, com grau baixo de fraturamento e com coeficiente de permeabilidade entre 10^{-08} e 10^{-5} m/s.

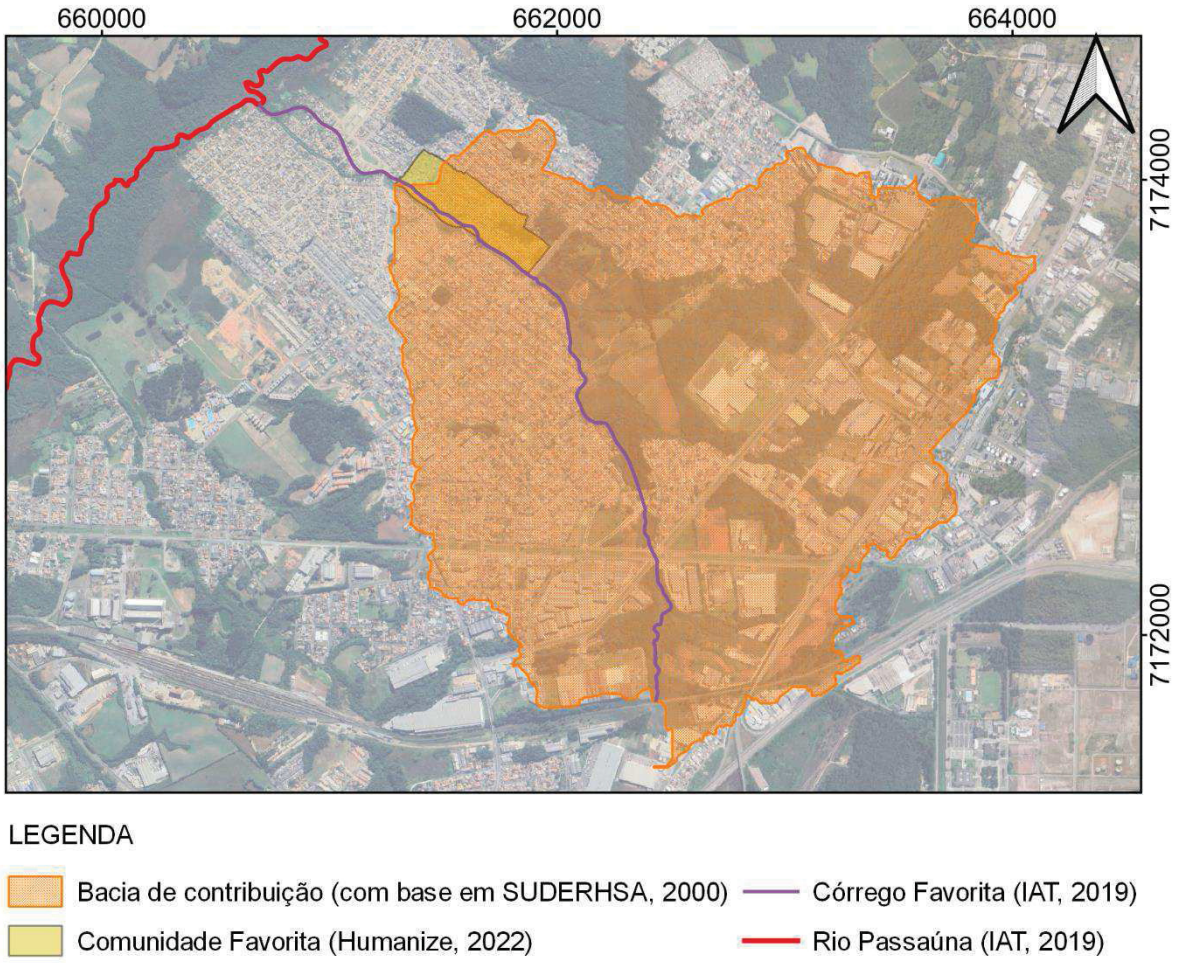
Considerando que os moradores da comunidade relatam a surgência de água quando da escavação no solo e que se trata de área de relevo predominantemente suave ondulado, locada na planície de inundação de um corpo hídrico, conclui-se que

o nível do lençol freático é raso. Portanto, deve-se tomar precauções para que este recurso não seja degradado.

4.1.2.2.2 Bacia de contribuição

A partir das curvas de nível da Bacia do Alto Iguaçu (isolinhas de 5 m) disponibilizadas pela SUDERHSA (2000), foi delimitada uma aproximação da bacia de contribuição do Córrego Favorita no ponto mais a jusante da comunidade, conforme apresentado na FIGURA 47. A bacia de contribuição totalizou 515,855 ha e demonstra que a comunidade se encontra próximo da afluência ao Rio Iguaçu.

FIGURA 47 - Bacia de contribuição a jusante da comunidade



FONTE: A autora (2023).

4.1.2.2.3 Qualidade da água

Quanto à qualidade da água, de acordo com enquadramento do Coliar (2013) os afluentes do Rio Passaúna, entre a represa e sua foz, são enquadrados como classe 3. Mediante observação visual, nota-se no córrego Favorita o não atendimento ao enquadramento à classe 3, com presença de materiais flutuantes e resíduos sólidos objetáveis no córrego, e também a comunicação de odor nas proximidades do corpo hídrico.

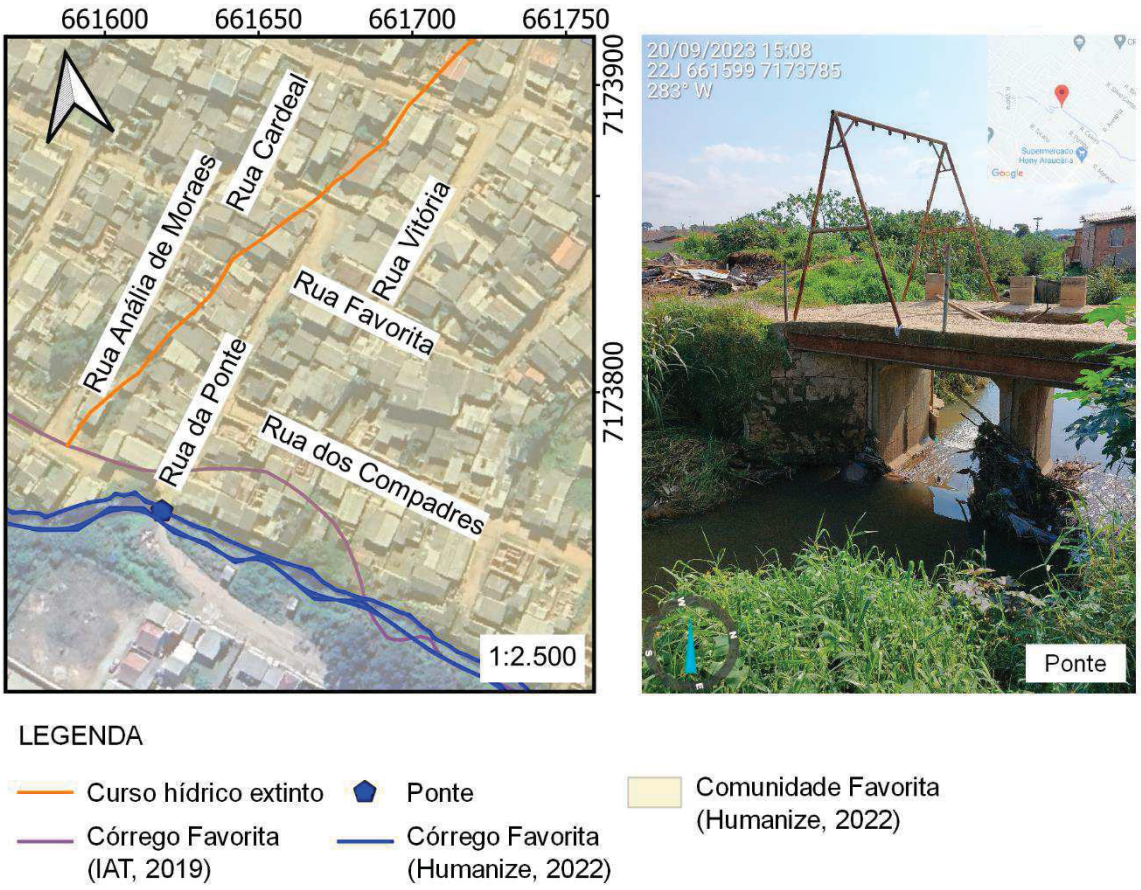
4.1.2.2.4 Inundações, alagamentos e áreas úmidas

Durante as visitas à comunidade, observou-se que a comunidade entende as inundações e alagamentos como um mesmo fenômeno[7]. Representantes da comunidade relataram que os problemas hídricos causados pelo aumento do nível do corpo hídrico (inundação) são mais frequentes no trecho entre o início da comunidade até a ponte (Rua da Ponte). Entende-se a redução da área de fluxo ocasionada tanto pela presença da ponte como pelos resíduos que são detidos na estrutura podem fomentar esta situação.

---

[7] A inundação trata do transbordamento da água para os leitos maiores sazonal ou excepcional de um rio; o alagamento, por sua vez, é definido como a cobertura de uma área por água, sendo mais comum a definição de alagamentos em áreas urbanas como o acúmulo de água em elementos urbanos (ruas, calçadas, etc.) devido à precipitações intensas, impermeabilização de grandes áreas e deficiência dos sistemas urbanos (SOUZA; ROCHA, 2022)

FIGURA 48 - Localização da ponte construída pela comunidade



FONTE: A autora (2023).

Após o trecho da ponte, os problemas da comunidade são relacionados a alagamentos em pontos específicos, em especial na Rua dos Sonhos e Rua Aline Costa (FIGURA 46), apresentadas anteriormente.

De acordo com TETO (2018), alagamentos são um dos principais problemas relatados pelos moradores da comunidade, e GCCG (2023) apresenta que os moradores relatam que é comum ocorrerem episódios de inundação nas áreas próximas ao rio. O relato é compatível com a situação de proximidade das edificações ao corpo hídrico, com o grau de impermeabilização das áreas a montante da comunidade e com a destinação irregular de resíduos sólidos. Nas visitas à comunidade, notou-se que é evidente a presença de calçadas e de pavimentação asfáltica no entorno (montante) da comunidade e que é comum o descarte inadequado de resíduos sólidos nas vias da comunidade. O descarte inadequado de resíduos sólidos pode levar ao carreamento destes resíduos ao corpo hídrico, bloqueando os fluxos de água e intensificando as inundações.

Ademais, na porção leste da comunidade, observa-se uma área com surgência de água (ANEXO 1), próximo à área do curso hídrico desviado. Esta região, de acordo com GCCG (2023), apresenta plantas de pequeno porte adaptadas a ambiente úmido, o que reforça que a área não é resultado único do acúmulo de águas pluviais, mas que se trata de uma área úmida. GCCG (2023) ainda demonstra que, previamente à ocupação da área, esta área tratava-se já de uma área úmida, com vegetação preservada, e que, em 2019, esta área já traz indícios de ocupação.

Essa área úmida/alagável é alvo de diversos aterramentos, por parte dos moradores, e está severamente antropizada. Nos demais tópicos serão abordadas outras características dessa área.

4.1.2.3 Clima

Conforme dados obtidos no portal GeoPR, o município de Araucária está inserido no Clima Subtropical (Cfa) - classificação climática de Koppen. Conforme INMET (2022), no período entre 1991-2020, os valores apresentados no QUADRO 25 foram registrados para o município de Curitiba, que é limítrofe à Araucária. De acordo com estes dados, o mês mais frio do ano é o mês de julho. Gaia Ciência Consultoria em Geociências (2023) indica que os meses de verão são mais favoráveis à ocorrência de inundações, pois se apresentam mais chuvosos.

QUADRO 25 - Dados climatológicos

Dado	Unidade	Valor
Evapotranspiração potencial anual acumulada média	mm	1235,0
Evaporação total (evaporímetro piche) média	mm	834,6
Temperatura média mensal mínima (julho)	ºC	13,8
Temperatura mínima (registrada em julho)	ºC	9,3
Temperatura média compensada anual	ºC	17,8

FONTE: INMET (2022).

4.1.3 Meio biótico

A comunidade localiza-se a jusante do reservatório do Passaúna (FIGURA 44) e, portanto, a jusante da Área de Proteção Ambiental deste reservatório. A referida APA possui zoneamento ecológico-econômico delimitado pelo Decreto Estadual n° 9.878/2021, o qual não incide na área em análise (PARANÁ, 2021).

Ademais, conforme descrição dos recursos hídricos, o assentamento margeia o córrego Favorita com residências no interior da Área de Preservação Permanente (APP) deste corpo hídrico, conforme apresentado no APÊNDICE 1. De acordo com o levantamento, 166 lotes estão inseridos integralmente ou parcialmente na APP.

No APÊNDICE 3 expõe-se fotografias do córrego Favorita. Observa-se que, apesar da vegetação presente no talude da margem da comunidade em alguns locais, a Área de Preservação está severamente degradada, com diversas intervenções neste local (edificações, aterro, ponte) e com presença de resíduos sólidos nas margens e leito do corpo hídrico. Observa-se, inclusive, que a estabilidade dos taludes das margens está comprometida em diversos pontos. No APÊNDICE 3 apresenta-se fotografias do Córrego e da Área de Preservação Permanente.

Quanto à vegetação, o portal do INDE apresenta que se trata de campo subtropical, caracterizado pela presença de araucárias. No local, encontra-se diversas Araucárias isoladas, conforme fotografias apresentadas no APÊNDICE 4. Algumas das espécimes estão em um talude íngreme e, de acordo com informações repassadas nas visitas, deverão ser retiradas com o aval da Defesa Civil. Ressalta-se que diversas araucárias estão próximas à área úmida apresentada anteriormente e também que diversos indivíduos arbóreos são utilizados como apoio para o cabeamento de energia elétrica dentro da comunidade.

4.1.4 Meio socioeconômico

A seguir serão apresentados os itens referentes à caracterização do meio socioeconômico da comunidade Favorita.

4.1.4.1 Histórico

Segundos os moradores da comunidade, a ocupação da área – de propriedade privada - iniciou em 2006; nas imagens aéreas, nota-se uma sutil ocupação nos limites atuais da comunidade no ano mencionado pelos moradores. Conforme as imagens de satélite apresentadas no APÊNDICE 5APÊNDICE 5, a ocupação da área deu-se no sentido norte para o Sul e do Oeste para Leste. Esta característica pode ter sido influenciada pela presença do Curso Hídrico desviado e da área úmida no lado leste, bem como do Córrego Favorita no Sul. Os referidos cursos hídricos podem ter postergado a construção das moradias nestas regiões.

De acordo com TETO (2018), a comunidade teve um grande crescimento em 2016 e 2017, o que é corroborado pelas imagens de satélite que indicam a ocupação das margens do Córrego Favorita em 2016. Também se observa uma significativa ocupação da área alagável entre os anos de 2020 e 2023, indicando um crescimento da ocupação neste período também. Atualmente, esta área úmida é objeto de atividades de terraplanagem e manilhamento, indicando que a população se prepara para ocupar integralmente a região.

A área é de domínio privada e tem sido alvo de processos, tal como uma ação de reintegração de posse, visando a regularização fundiária do assentamento.

4.1.4.2 População

Em 2018, a comunidade contava com aproximadamente 400 domicílios, com média de três moradores por residência (TETO, 2018). Atualmente, a vice-presidente da Associação dos Moradores apresenta que o assentamento abriga 700 famílias. Considerando a média do TETO (2018), de três moradores por residência, conclui-se que a população total da comunidade é estimada em 2100 moradores.

Os dados de Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social (2022) apontam que a comunidade possui 138.012 m² resultando, portanto, em densidade de 152,2 hab/ha.

Conforme enquete realizada por TETO (2018), dentre os motivos para a população mudar para a comunidade figuram: possibilidade de não pagar aluguel (48%), família e/ou amigos na comunidade (16%), melhor condição de vida (14%), falta de dinheiro para se manter em outro lugar (11%), entre outros.

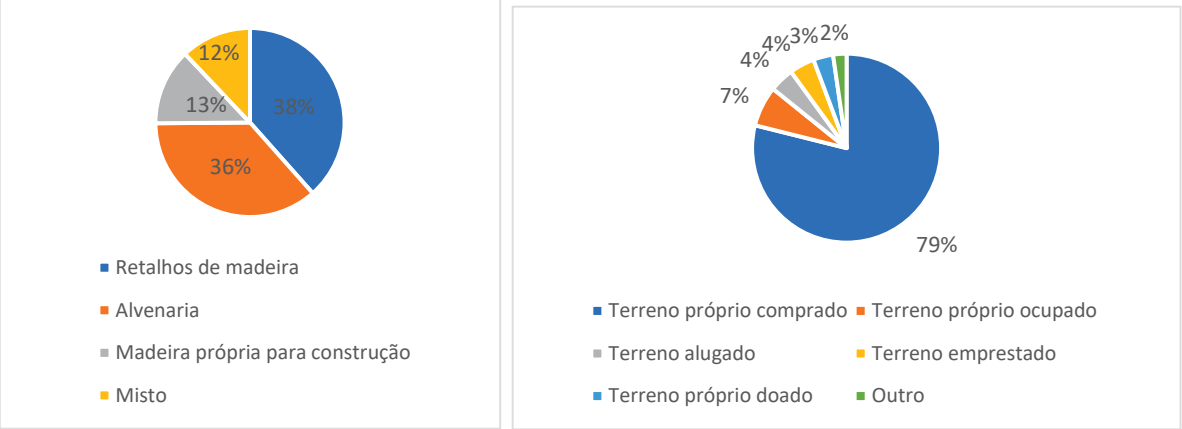
Quanto à renda da população, de acordo com TETO (2018), 50,1% dos habitantes não possuem nenhuma fonte de renda mensal e 62,3% dos adultos com 18 anos ou mais têm renda mensal inferior ao salário mínimo. A construção civil se destaca como área de trabalho dos moradores, representando a atuação de 19,7% dos moradores (TETO, 2018).

TETO (2018) apresenta que a renda per capita da comunidade é de R$ 348,71, representando um valor inferior às médias paranaense e brasileira que são 4 e 3 vezes maior que esta, respectivamente.

Quanto às moradias, TETO (2018) apresenta que 38% são em retalhos de madeira (materiais reaproveitados e restos de madeiras) e que a maior parte dos terrenos são terrenos próprios comprados pelos moradores. Além disso, TETO (2018) também apresenta que a área média das residências é de 53,3 m².

A FIGURA 49 apresenta a representatividade dos materiais empregados na construção das moradias e a situação dos terrenos.

FIGURA 49 – Dados de moradia: material e situação do terreno



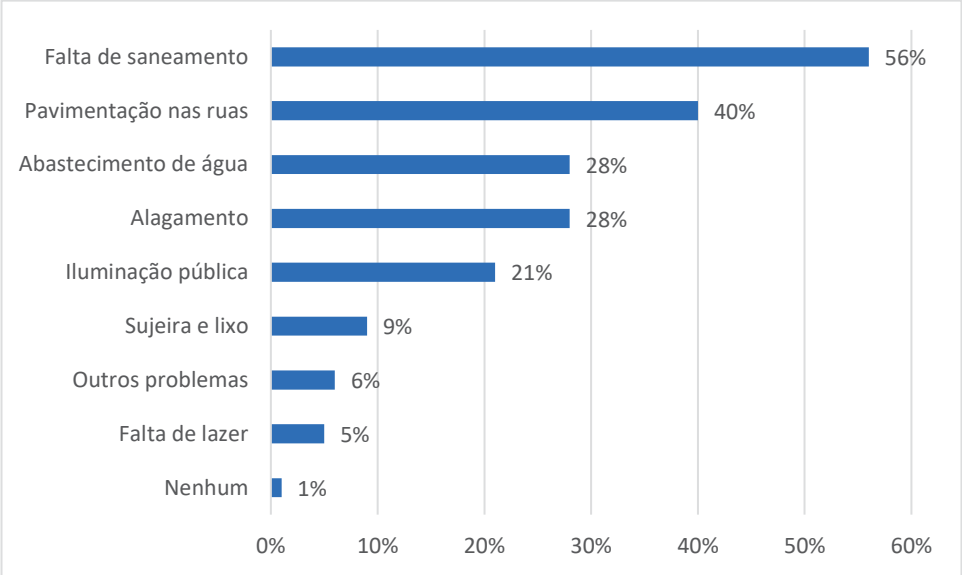
FONTE: Adaptado de TETO (2018)

Com relação às doenças possivelmente relacionadas à falta de saneamento, TETO (2018) apresenta que 6,8% dos habitantes já foram acometidos de diarreia e 4% por infecção na pele ou olhos.

4.1.4.3 Problemas da comunidade

TETO (2018) apresenta que a falta de saneamento e alagamentos são alguns dos principais problemas relacionados à infraestrutura apontados pelos moradores da comunidade, conforme gráfico apresentado na FIGURA 50.

FIGURA 50 - Problemas relacionados à infraestrutura apontados pelos moradores da Favorita

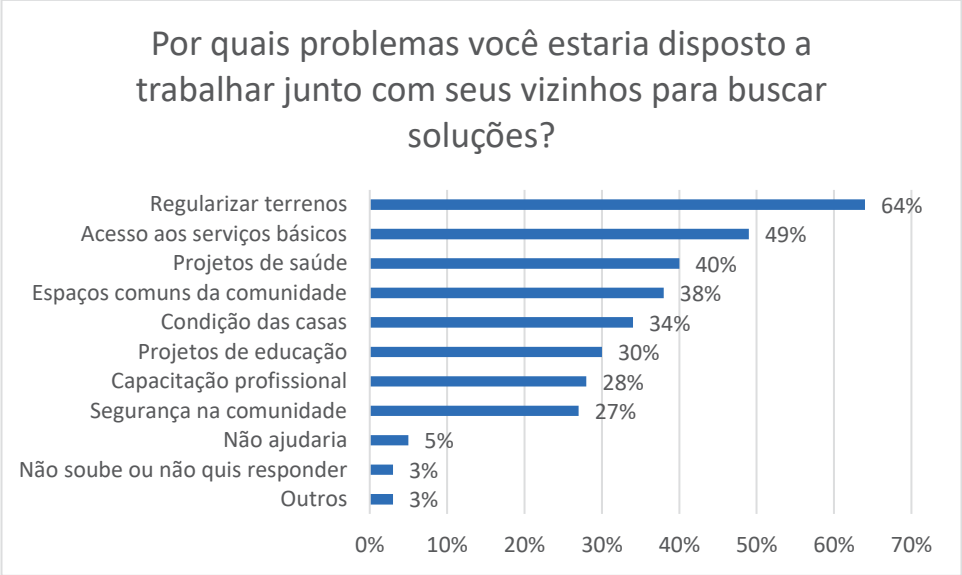


FONTE: Adaptado de TETO (2018)

Quanto aos desejos da comunidade, TETO (2018) apresenta que o maior deles é a regularização dos terrenos, evidenciando-se também o saneamento e a pavimentação das vias. Esta constatação alinha-se à manifestação dos problemas da comunidade (FIGURA 50)

O relatório do TETO (2018) apresenta também uma análise referente ao relacionamento dos moradores, indicando que 49% destes estariam dispostos a trabalhar juntos para soluções quanto ao acesso aos serviços básicos, conforme apresentado na FIGURA 51.

FIGURA 51 - Problemas que com potencial de mobilização dos moradores



FONTE: TETO (2018)

Durante as visitas realizadas na comunidade, constatou-se que o esgotamento sanitário, entre os diversos problemas de saneamento que serão abordados posteriormente, é o problema mais evidente para os moradores. Também foi observada uma grande expectativa quanto à ligação às redes públicas, tanto de esgotamento sanitário como de drenagem pluvial – esta última em associação com a pavimentação das vias.

4.1.4.4 Energia elétrica e sistema viário

A comunidade não possui iluminação pública e 98,4% das residências possui energia elétrica irregular (“gato”), de acordo com TETO (2018).

Quanto ao sistema viário, a comunidade possui arruamento medianamente organizado, apresentando algumas vielas e becos. Como não há pavimentação nas vias, não há divisão entre via de circulação, passeio e canteiros.

De acordo com a vice-presidente da Associação dos Moradores, há circulação ocasional de caminhões nas vias. Durante as visitas à comunidade, observou-se a presença desta modalidade de veículo, em pequena escala, bem como de veículos de passeio, motocicletas e bicicletas. Portanto, caracteriza-se o tráfego na comunidade como leve (SÃO PAULO, 2004). No APÊNDICE 6 se apresenta o arruamento da comunidade.

4.1.4.5 Planos, programas e legislações governamentais

O município de Araucária possui Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) (ARAUCÁRIA, 2016). No Plano, as diretrizes de planejamento para áreas não edificáveis em função de eventos de inundação e alagamentos são baseadas no Plano Diretor de Drenagem da bacia do Alto Iguaçu, de 2002, e na cota do evento de inundação extrema ocorrido em 1983. Ressalta-se que as intervenções nos cursos hídricos e no seu entorno ao longo dos anos podem prejudicar a exatidão dos dados base destas diretrizes.

Araucária (2016) aponta que o sistema de drenagem pluvial adotado no município é tradicional, com elementos de drenagem conduzindo as águas aos corpos hídricos, e que há ausência de informações sobre o sistema implantado. Os serviços de drenagem são vinculados à Secretaria Municipal de Obras Públicas e Transportes (ARAUCÁRIA, 2016).

No cronograma físico e financeiro do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais, apresenta-se o Programa de Universalização deste sistema, que inclui o Programa Regularização Fundiária, de responsabilidade da COHAB, em parceria com a Secretaria do Meio Ambiente e a Secretaria de Assistência Social. (ARAUCÁRIA, 2016).

Quanto ao esgotamento sanitário, o PMSB apresenta que a remoção mínima de DBO requerida pelo município é de 80% para as estações de tratamento (ARAUCÁRIA, 2016). O Plano também apresenta que o bairro Capela Velha faz parte do sistema Passaúna, atendido pela ETE Passaúna e indica parâmetros normatizados para o sistema de esgotamento sanitário:

- Coeficiente de variação máxima diária (K1) = 1,20;
- Coeficiente de variação máxima horária (K2) = 1,50;
- Vazão de infiltração unitária = 0,2 L/s.km.

O município também possui Plano Diretor Participativo, no qual se estabelece como diretriz para o esgotamento sanitário: “Eliminar os lançamentos de esgotos nos cursos d`água e no sistema de drenagem e de coleta de águas pluviais, contribuindo para a recuperação de rios, córregos e represas.” (ARAUCÁRIA, 2019)

Para o manejo de águas pluviais, o Plano Diretor apresenta entre suas diretrizes:

> II - Garantir o equilíbrio entre absorção, retenção e escoamento de águas pluviais a partir das características do solo e da capacidade de suporte das bacias hidrográficas, observando-se a obrigatoriedade de previsão de áreas para execução das estruturas e sistemas de drenagem sustentável; [...]; V - Preservar e recuperar as áreas de interesse para a drenagem, tais como várzeas, fundos de vale, faixas marginais dos cursos de água, áreas sujeitas a inundações e cabeceiras de drenagem, compatibilizando, caso possível, com o uso de parques, praças e áreas de recreação; (ARAUCÁRIA, 2019)

O Plano traz, portanto, a drenagem sustentável como diretriz e elemento a ser implantado no município.

A Lei Municipal nº 3.368/2018 de Araucária dispõe sobre o Programa Municipal de Habitação de Interesse social e cria o Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social – FMHIS, sendo os recursos deste fundo destinado, inclusive, à implantação de saneamento básico, infraestrutura e equipamentos urbanos complementares aos programas habitacionais de interesse social (ARAUCÁRIA, 2018).

Ressalta-se que, em 2022, a Prefeitura Municipal emitiu o Decreto nº 38.468/2022, instaurando regularização fundiária de interesse social (Reurb-S) no núcleo informal consolidado da Favorita, e autorizou o acompanhamento do Processo Administrativo, na condição de delegatária, pela Companhia Municipal de Habitação de Araucária – COHAB ARAUCÁRIA (ARAUCÁRIA, 2022).

4.1.4.6 Uso e ocupação do solo

Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social (2022) disponibilizou um levantamento com 763 lotes da Comunidade, que pode ser observado no APÊNDICE 6. Ressalta-se que não são todos os lotes que estão ocupados, mas segundo representante do Instituto, todos já têm proprietários.

Na comunidade, a maior parte das áreas é ocupada pelas edificações residenciais, havendo poucos comércios na região. A área de vegetação é mínima, concentrando-se na porção leste que ainda não foi ocupada por residências, e as vias não são pavimentadas, apresentando solo exposto como revestimento.

Quanto à impermeabilização dos terrenos, em visita à comunidade observou-se que grande parte não possui calçadas, sendo o terreno impermeabilizado somente no local da edificação, quando esta não é construída sobre palafitas.

Externamente à comunidade, no sentido nordeste, encontra-se um alto índice de pavimentação e ocupação residencial. No sentido leste, existem áreas com vegetação, seguida da zona industrial.

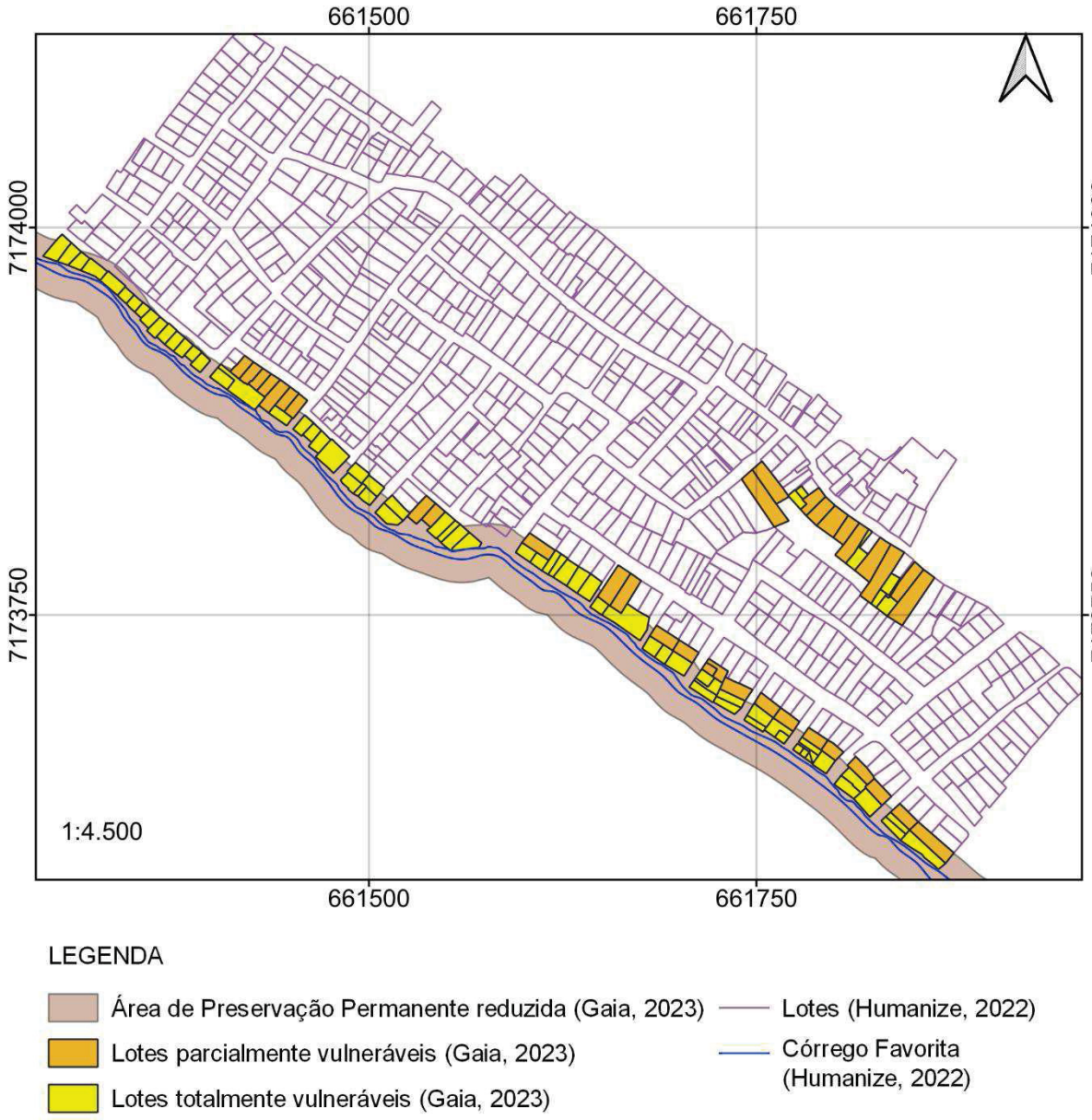
Na porção sul da comunidade, localiza-se o córrego Favorita e sua Área de Preservação Permanente de 30 metros. GCCG (2023) apresenta proposta de consideração da Área de Preservação Permanente de 15 metros das margens do córrego, recomendando a realocação de edificações que se insiram totalmente neste traçado. A proposta expõe que estes imóveis estão, em maioria, em área sujeita à inundação. Os lotes atingidos parcialmente, de acordo com a proposta, poderão ser regularizados mediante execução de obras de drenagem e com consideração das características do lote para ordenamento do seu uso. No APÊNDICE 2 apresenta-se a proposta de APP com 15 metros. É importante apresentar que a faixa sem ocupação proposta por GCCG (2023) está alinhada às proposições levantadas na revisão de literatura para os núcleos inseridos em APP.

GCCG (2023) também apresenta que alguns lotes na área próxima à quebra de terreno e com declividade elevada, que abrigam residências precárias e não possuem face para a rua existente, são classificados como parcial ou totalmente vulneráveis. Os lotes parcialmente vulneráveis, de acordo com a proposta, deverão manter 5 m de distância entre a edificação e a borda do talude, para preservar a segurança em situações de movimentação de massa. Na FIGURA 52 se apresentam os lotes total e parcialmente vulneráveis apresentados na proposta de GCCG (2023). Os totais de lotes classificados como vulneráveis são:

- Parcialmente vulneráveis total: 36
- Totalmente vulneráveis em APP: 66
- Totalmente vulneráveis fora de APP: 6

Observa-se que, com a APP reduzida, propõe-se a permanência de 100 lotes na área de APP de 30 metros.

FIGURA 52 - Lotes total e parcialmente vulneráveis



FONTE: A autora (2023).

4.1.4.7 Diversos

A Associação dos Moradores da Favorita possui um espaço onde realiza eventos para os moradores e para as crianças. Ademais, não foram identificadas áreas de lazer ou área esportiva na comunidade.

De acordo com a vice-presidente da Associação dos Moradores, não existem hortas na região devido à falta de espaço para implantação destas.

Outrossim, em consulta ao portal do IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, não foram identificados sítios arqueológicos no local.

Também se ressalta que é observável a presença de materiais de construção civil em diversos lotes, indicando que as construções na área são contínuas e, portanto, há uma tendência de ocupação das poucas áreas desocupadas.

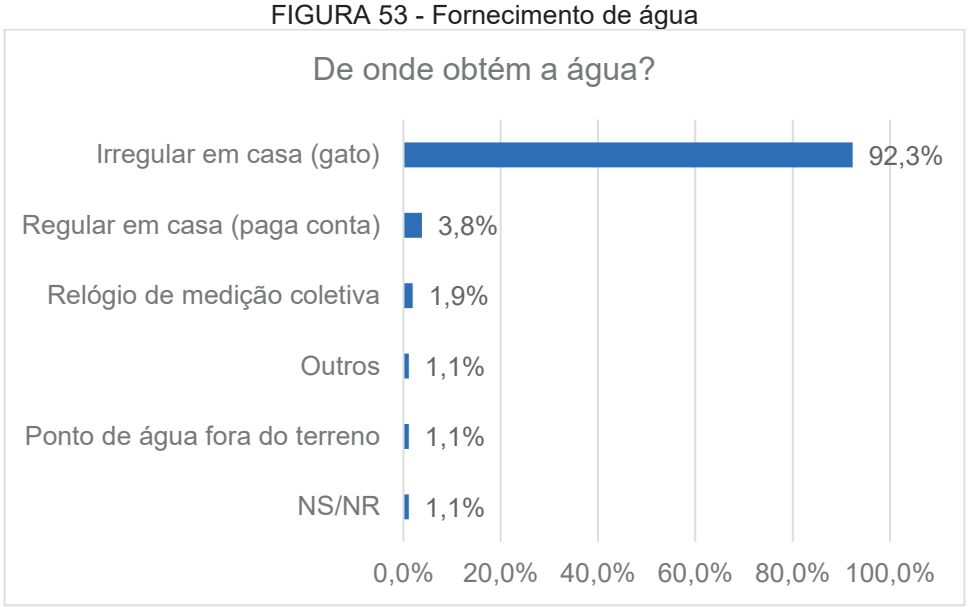
4.1.5 Situação sanitária

A seguir apresenta-se a caracterização quanto ao abastecimento de água, resíduos sólidos, esgotamento sanitário e drenagem pluvial.

4.1.5.1 Abastecimento de água

De acordo com TETO (2018), a maior parte da comunidade obtém água por meio de ligações irregulares “gatos”, conforme apresentado na FIGURA 53. Estas ligações irregulares, no entanto, não fornecem abastecimento constante: existem relatos de períodos de falta de água nas residências.

FIGURA 53 - Fornecimento de água



FONTE: TETO (2018).

4.1.5.2 Resíduos Sólidos

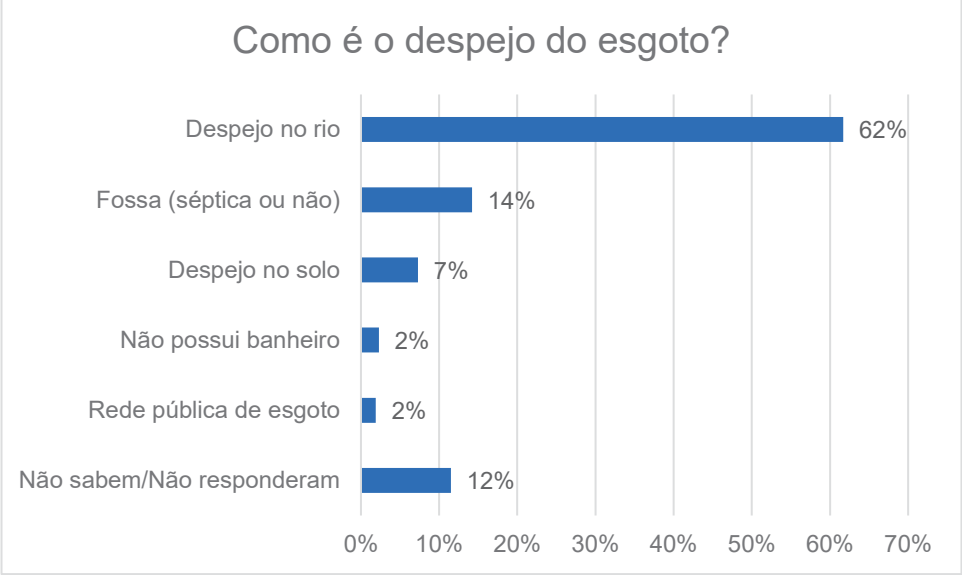
Na visita técnica na comunidade, registrou-se acúmulo de resíduos sólidos em diversos pontos da comunidade. O caminhão da prefeitura, conforme informado, recolhe os resíduos nas ruas nos pontos mais altos da comunidade (tal como na Água Espraiada), mas não acessa as vias mais próximas ao córrego.

É observável a presença de resíduos sólidos nos cursos hídricos e em diversas áreas da comunidade. No APÊNDICE 4 pode-se observar diversas fotografias que exibem resíduos sólidos descartados incorretamente.

4.1.5.3 Esgotamento Sanitário e Drenagem Pluvial

O despejo de esgoto da maioria das edificações é feito no córrego Favorita, sendo que outra parte significativa das residências destinam seus esgotos para o solo (despejo no solo ou fossa), de acordo com TETO (2018). A FIGURA 54 apresenta as porcentagens levantadas por TETO (2018).

FIGURA 54 - Destinação dos esgotos sanitários



FONTE: TETO (2018).

Ressalta-se que, pelas características do local, o lançamento do esgoto em fossas e no solo não é recomendado, pois pode ocasionar a degradação das águas subterrâneas. Ademais, o lançamento direto no córrego também é fator de

contaminação do meio ambiente, sendo recomendado o tratamento deste efluente previamente ao lançamento no corpo hídrico.

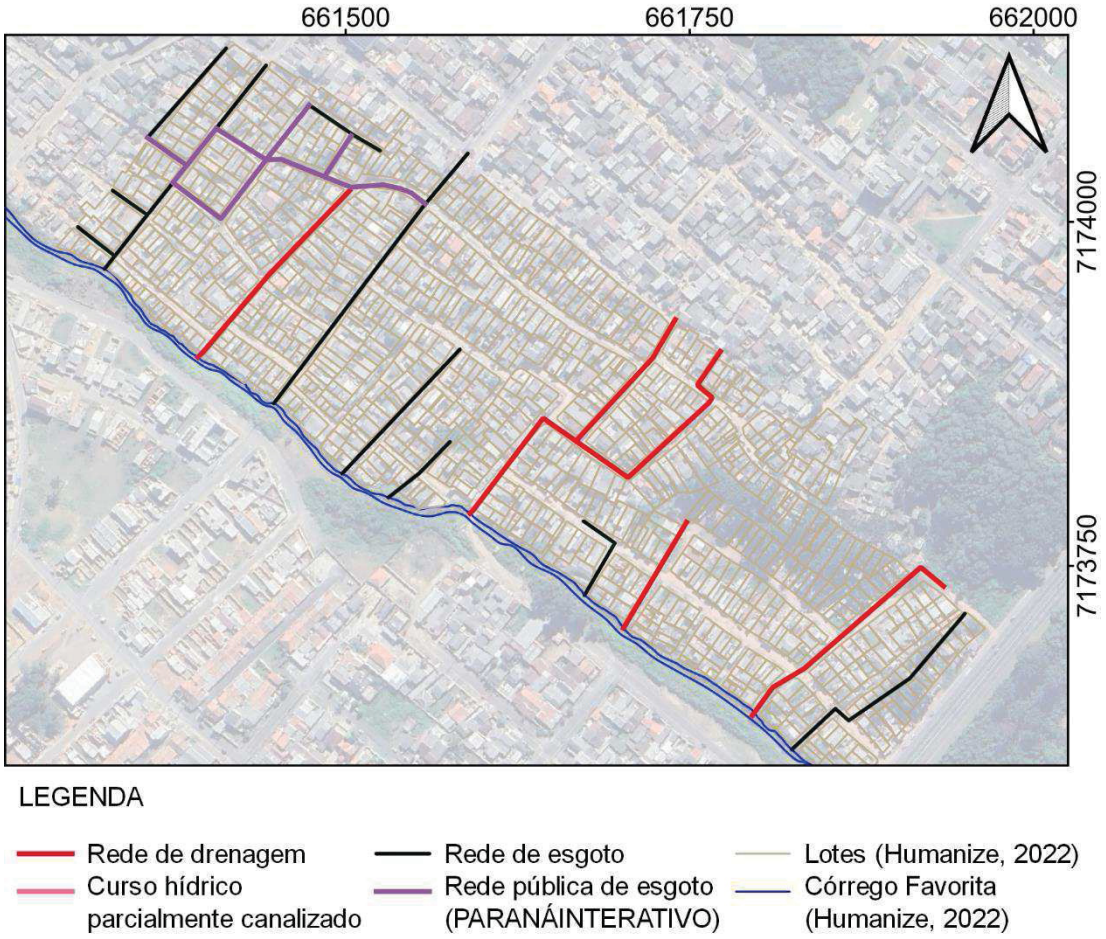
Quando às edificações que não possuem banheiros, nas visitas ao local foi repassada a informação de que, atualmente, todas as residências possuem instalação sanitária e que não existem banheiros comunitários.

Também foi observado nas visitas que não é comum as residências possuírem caixa de gordura para retirada de óleos e gorduras da pia da cozinha e que há um desconhecimento dos moradores no que concerne à necessidade de manutenção de sistemas de esgotamento sanitário.

Quanto à conservação do sistema de esgotamento sanitário, encontra-se diversos pontos que evidenciam encanamentos danificados e escoamento a céu aberto dos esgotos, conforme pode ser visto nas fotografias no APÊNDICE 4 Neste sentido, observa-se também que existem diversos lançamentos de esgoto sanitário no que seriam manilhas de drenagem pluvial.

Outrossim, diversas redes de esgotamento direcionando os esgotos ao córrego foram construídas pelos moradores (apresentadas como rede de esgoto na FIGURA 55) os quais costumam dividir os gastos destas construções. Os moradores, inclusive, construíram uma caixa de passagem em um ponto de conexão entre diversas redes. Na visita ocorrida em 20/09/2023 a referida caixa apresentava problemas, provavelmente, ocasionados pela ausência de manutenção. A situação de ausência de caixas de gordura pode ter colaborado para o entupimento da caixa.

FIGURA 55 – Redes de esgotamento e drenagem pluvial existentes na comunidade



FONTE: A autora (2023).

Conforme dados do PARANÁINTERATIVO, algumas vias da comunidade possuem rede pública de esgoto sanitário, conforme apresentadas na FIGURA 55. Levanta-se, a possibilidade de as redes construídas pelos moradores terem adaptado a rede pública no interior da comunidade, direcionando-as para o córrego, ou destas redes não estarem em funcionamento.

Ademais, há diversos pontos de acúmulo de esgoto nas residências, como é o caso na Rua Esperança, que tem esgoto acumulado em área de sua residência e de diversas outras residências que têm acúmulo de esgoto sob as edificações – muito provavelmente sendo as residências que despejam o esgoto no solo. No APÊNDICE 4 expõem-se fotografias destas situações.

Quanto à drenagem das águas da chuva, algumas residências possuem sistema de aproveitamento das águas pluviais, mas relata-se que estes sistemas não estão sendo utilizados adequadamente nas residências. Considerando a

precariedade das residências, entende-se que em muitas destas não há viabilidade estrutural para instalação de calhas e aparatos.

Quanto à microdrenagem ressalta-se que as vias não são pavimentadas e, portanto, não há ordenamento das águas pluviais pelos elementos comuns a estes tipos de via, como sarjetas e boca de lobo. No entanto, existem galerias de água pluvial que transpassam a comunidade, conforme relatado anteriormente. Muitas destas galerias recebem contribuição de esgoto das moradias e se apresentam danificadas, apresentando canalização parcial e, portanto, exposição das águas transportadas. Cabe destacar que o curso hídrico desviado, apresentado no item 4.1.2.2, é parcialmente canalizado.

Outro destaque cabe ao aporte de sedimento nas redes: os moradores apontam que existe entrada de areia nas redes. Adota-se como hipótese causal para esta situação a predominância de solo exposto nas vias e o estado de conservação das redes.

Pontua-se que, na perspectiva da comunidade, o esgoto sanitário se apresenta como um problema mais urgente do que a drenagem pluvial. No entanto, diversos moradores são atingidos por inundações e, vale ressaltar, que há o lançamento conjunto destes dois efluentes nas redes existentes.

No que concerne aos traçados das redes, nas visitas à comunidade, identificou-se algumas tubulações, tanto por observação visual como por relatos (apresentadas na FIGURA 55). No entanto, destaca-se que não é possível afirmar o material, diâmetro e efluentes transportados pelas tubulações, ou mesmo garantir que estas são as locações corretas das tubulações existentes na comunidade.

4.1.6 Diagnóstico

Considerando a caracterização do meio, apresenta-se no QUADRO 26 uma listagem de situações consideradas quando da execução das próximas etapas.

QUADRO 26 - Situações a serem consideradas nas próximas etapas

Tema	Situação
Sistemas de abastecimento de água e manejo de resíduos sólidos	Não há constância de abastecimento de água. Observa-se destinação dos resíduos sólidos no solo e nos corpos hídricos
Instalações prediais	Presentes: instalações sanitárias, sistemas de aproveitamento de água pluvial (poucas residências), fornecimento irregular de energia elétrica, tratamento no lote (poucas residências e ausência de dados dos dispositivos)
	Ausentes: caixas de gordura, instalações prediais de drenagem pluvial
Características hídricas	Nível de lençol freático raso Proximidade com corpo hídrico Posicionamento próximo à foz no Rio Iguaçu
Características geológicas-geotécnicas	Solos medianamente permeáveis Margens íngremes do córrego Relevo predominantemente ondulado suave
Terrenos	Pouca área disponível para instalação de estações descentralizadas
Sistemas de esgotamento e drenagem existentes	Redes existentes apresentam problemas com aporte de sedimento, manutenção e conservação dos sistemas Existência de sistemas de esgotamento sanitário implantados pelos moradores Lançamento de esgoto bruto nas galerias pluviais Desvio de cursos naturais de água Ocupação de área úmida Lançamento de esgoto bruto no corpo hídrico e no solo Escoamento superficial em grande volume proveniente das áreas a montante da comunidade Perspectivas de ligação às redes públicas quando da regularização do assentamento
Pavimentação	A comunidade tem grande expectativa quanto à pavimentação das vias.

FONTE: A autora (2023).

4.2 B – TRIAGEM TÉCNICA DE TECNOLOGIAS

4.2.1 Abastecimento de água presente

Considerando que, apesar dos episódios de falta de água, os costumes da comunidade estão alinhados com o uso da água, são excluídas as medidas:

- Interface com o usuário (IU) – Banheiro a seco
- Transporte e Disposição Final (TD) – Fossa seca

4.2.2 Profundidade do lençol freático

Levando em consideração o aspecto aflorante do lençol freático e os relatos de que, na escavação de buracos há surgência de água, considera-se que o nível

freático local é raso (menos de 1 m de profundidade). Portanto, são eliminados os dispositivos:

- Transporte e Disposição Final (TD) – Fossa seca, Sumidouro, Vala de infiltração, Círculo de bananeiras;
- Medidas de Drenagem (MD) – Poço de infiltração e trincheira de infiltração.

Os seguintes dispositivos apresentam restrição de aplicação:

Tratamento de Esgoto (TE) – Tanque séptico, RAC, Vermifiltro, Filtro Anaeróbio, Sistemas Alagados Construídos, Filtro de Areia, Vala de filtração;

Medidas de Drenagem (MD) – Faixa gramada, Pavimentos permeáveis e porosos, Bacia de retenção, Bacia de detenção, Jardins de Chuvas, Microrreservatórios, Canaletas plantadas, drenos filtrantes.

4.2.3 Coeficiente de permeabilidade e solo predominante

Considerando que o solo local foi caracterizado como de média permeabilidade, com capacidade de infiltração entre 36 a 360 mm/h, com textura argilosa, os seguintes dispositivos são excluídos:

TD – Vala de infiltração;

MD – Bacia de retenção, bacia de detenção.

4.2.4 Existência de infraestrutura viária

A comunidade possui arruamento definido, apesar das vias não possuírem revestimento e alguns acessos se darem por vielas ou ruas estreitas. No entanto, conclui-se que não há necessidade de eliminar da análise os dispositivos que precisem de infraestrutura viária, sendo recomendada observação dos locais de inserção dos dispositivos relacionados no QUADRO 21.

4.2.5 Espaços disponíveis

A aplicação de medidas nos lotes se mostra inviável, considerando a dimensão de intervenções necessárias para este tipo de instalação, a irregularidade

de dimensão dos lotes (presença de lotes limitados em dimensão) e a perspectiva de regularização da área.

Atualmente, a comunidade não possui estacionamentos, parques, praças e outros espaços de uso comum que possam ser ocupados, inviabilizando a implantação de dispositivos nas áreas de ‘loteamento’. No entanto, ao avaliar os espaços disponíveis na comunidade e considerando a conjuntura atual, considera-se possível a instalação de dispositivos nas extremidades das vias de circulação (extremidades próximas ao córrego) e, eventualmente, em esquinas de forma a não impedir o acesso a residências. Estas áreas serão tratadas como ‘loteamento’.

Apesar da proposta ocupar a Área de Preservação Permanente e, possivelmente, estar sujeitas à inundação, a instalação nestas áreas demonstra viabilidade para atendimento de todas residências de forma emergencial, sendo proposto o desativamento destes dispositivos quando da urbanização da área.

Quanto aos espaços das vias, considerando que não há separação entre passeios e circulação de veículos, as aplicações nestes locais devem ser avaliadas como restritas. Quando da urbanização da área, pode-se prever a instalação de medidas que se mostrem inviáveis devido à ausência da urbanização das vias.

Quanto à macrodrenagem, com exceção das intervenções nos corpos hídricos, as demais medidas para macrodrenagem não são passíveis de aplicação na comunidade neste momento. Na hipótese de realocação de famílias da Área de Preservação Permanente, é possível considerar outras intervenções nesta área.

Portanto, apresenta-se as medidas que são restritas (R), viáveis (V), inviáveis (I) e propostas para cenários futuros (F). As medidas que mostrarem-se Inviáveis (I) em todas suas aplicações são excluídas.

QUADRO 27 – Análise de espaços disponíveis para implantação dos dispositivos na Favorita

Classe	Medidas	Lote (L)	Vias (Vs)	Loteamento (LM)	Macrodrenagem (M)
TAR	Ligação à rede pública		R		-
	Sistema condominial de esgotamento sanitário	V	R	V	-
	Sistema Separador Absoluto		R		-
	Sistema Único Alternativo		R		-
IU	Banheiro a seco	V		R	-
	Banheiro com despejo de água	V		R	-
TE	Caixa de gordura	V		V	-
	Tanque séptico	I		V	-
	Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	I		V	-
	Biodigestor	I		V	-
	Fossa verde ou bacia de evapotranspiração (BET)	I			-
	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) compacto	I		V	-
	Vermifiltro	I		V	-
	Filtro anaeróbio	I		V	-
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial horizontal	I		V	-
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial vertical			V	-
	Filtro de areia	I		V	-
	Vala de filtração	I	R	V	-
TD	Fossa seca	I			-
	Sumidouro	I			-
	Vala de infiltração	I		V	-
	Círculo de bananeiras	I			-
	Disposição em corpo hídrico		R		V
	Destinação de lodo para empresas especializadas	-	-	-	-
	Esvaziamento e transporte manual	-	-	-	-
	Esvaziamento e transporte mecanizado	-	-	-	-
MD	Poço de infiltração	I		V	
	Trincheira de infiltração	I	R	V	
	Faixa gramada	I	R	V	F
	Pavimentos permeáveis e porosos	V	R	V	
	Cisternas	V			
	Bacia de retenção			V	F
	Bacia de detenção			V	F
	Jardins de chuvas	I	R	V	
	Microrreservatórios	V			
	Arborização	V	R	V	F
	Canaletas plantadas		R	V	
	Drenos filtrantes		R	V	
	Intervenção em corpo hídrico				V

FONTE: A autora (2023).

LEGENDA: TAR – Transporte de Águas Residuárias; IU – Interface com o Usuário; TE -Tratamento de Esgoto; TD – Transporte e disposição final; MD – Medidas de Drenagem.

4.2.6 Existência de infraestrutura adequada e consolidada

Conforme levantado na caracterização, as edificações possuem banheiros, portanto excluem-se aquelas da classe IU do rol de tecnologias a serem concebidas. Ademais, as caixas de gordura não estão presentes na comunidade com um todo e, portanto, devem ser consideradas para a concepção dos sistemas, pois proporcionam melhor desempenho das demais medidas e menores investimentos em manutenção.

Outrossim, apesar de algumas residências possuírem tratamento de esgoto (fossa séptica ou não), os dispositivos de tratamento de esgoto devem ser considerados na seleção de tecnologias pois se desconhece o estado de conservação destas estruturas e se as fossas existentes permitem a infiltração no solo (situação não recomendada para o local).

Quanto a rede de esgotamento sanitário, construídas pelos moradores, conclui-se que estas se caracterizam como um sistema condominial no que concerne às posições dos ramais. Sugere-se que, quando possível, estes sistemas sejam aproveitados na proposta de rede de esgotamento.

Quanto às tipologias de Sistema Único Alternativo e Sistema Separador Absoluto, considerando a existência de manilhas de drenagem pluvial e dos sistemas construídos pelos moradores, sugere-se o mantenimento dos dois sistemas para as próximas etapas.

Considerando que já existem cisternas na comunidade, mas que estão sendo subutilizadas, recomenda-se aplicação de medidas não estruturais para incentivar o uso destas cisternas e, mediante os resultados futuros das medidas não estruturais, recomenda-se que outras residências instalem as cisternas. Entre as medidas não estruturais, recomenda-se realizar campanhas para conscientizar a população quanto ao auxílio que estes dispositivos podem desempenhar na mitigação das inundações e para instruí-los quanto aos usos da água e à manutenção necessária.

Considerando, ainda, que as cisternas tem um papel na retenção do escoamento, e já são utilizadas na comunidade, os microrreservatórios não serão considerados nos grupos de medidas.

4.2.7 Sistematização

O QUADRO 28 apresenta os parâmetros em que as medidas apresentaram restrições e a análise dos espaços disponíveis para as medidas, considerando a seguinte nomenclatura quanto às variáveis com restrição na triagem:

a. Abastecimento de água nas edificações;
b. Profundidade do lençol freático;
c. Solo predominante e taxa de infiltração do solo;
d. Existência de infraestrutura viária;
e. Espaços disponíveis (áreas de lazer, áreas esportivas, terrenos/áreas desocupadas, canteiros de vias, passeios, área livre em lote)
f. Existência de infraestrutura adequada e consolidada

QUADRO 28 - Resumo da triagem técnica para a comunidade

Classe	Medidas	Restrições	Espaços			
			Lote	Vias	Loteamento	Macrodrenagem
TAR	Ligação à rede pública	d		R		
	Sistema condominial de esgotamento sanitário		V	R	V	
	Sistema Único Alternativo	d		R		
	Sistema Separador Absoluto	d		R		
TE	Caixa de gordura		V		V	
	Tanque séptico	b	I		V	
	Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	b	I		V	
	Biodigestor		I		V	
	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) compacto		I		V	
	Vermifiltro	b	I		V	
	Filtro anaeróbio	b, d	I		V	
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial horizontal	b	I		V	
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial vertical	b			V	
	Filtro de areia	b	I		V	
	Vala de filtração	b	I	R	V	
TD	Disposição em corpo hídrico			R		V
	Destinação de lodo para empresas especializadas		-	-	-	-
	Esvaziamento e transporte manual		-	-	-	-
	Esvaziamento e transporte mecanizado	d	-	-	-	-
MD	Faixa gramada	b	I	R	V	F
	Pavimentos permeáveis e porosos	b	V	R	V	
	Cisternas	-				
	Jardins de chuvas	b	I	R	V	
	Arborização		V	R	V	F
	Canaletas plantadas	b		R	V	
	Drenos filtrantes	b		R	V	
	Intervenção em corpo hídrico					V

FONTE: A autora (2023).

LEGENDA: TAR – Transporte de Águas Residuárias; IU – Interface com o Usuário; TE -Tratamento de Esgoto; TD – Transporte e disposição final; MD – Medidas de Drenagem; (R), V – Viável; I – Inviável; F - Propostas para cenários futuros; d – variável ‘existência de infraestrutura viária’; b – variável ‘espaços disponíveis’.

4.3 C - SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS

A seguir apresenta-se discussões quanto à aplicabilidade das medidas que apresentam restrições, quanto às singularidades dos espaços aplicáveis, bem como às expectativas e demandas da população.

4.3.1 Transporte de Águas Residuárias

Considerando a situação fundiária da comunidade, a ligação à rede pública, se mostra inviável no momento. Quanto ao sistema condominial, faz-se a recomendação de que, se adotado, os diâmetros não sejam reduzidos, devido ao aporte de sedimentos relatado nas redes, que pode reduzir a eficiência dos sistemas com diâmetros reduzidos.

4.3.2 Tratamento de Esgoto

Considerando que os tanques sépticos e os reatores anaeróbios compartimentados (RAC) apresentam restrição para locais com lençol freático raso e que a aplicação por lotes se mostra inviável, para aplicação no loteamento será considerado somente o tanque séptico, considerando que é uma tecnologia mais conhecida e difundida do que a outra alternativa.

Quanto aos vermifiltros, os mesmos apresentam também restrição para locais com lençol freático raso. Considerando o composto acumulado no dispositivo demandaria desidratação para uso como adubo e que há restrição quanto à disponibilidade local de áreas, tanto para locais de desidratação como para aplicação deste adubo, o vermifiltro será excluído.

No que tange aos sistemas RAFA compacto e o biodigestor, existe a possibilidade de geração de odores e esta situação não é bem vista pela comunidade. Tendo em vista que a disponibilidade de áreas não permite que os dispositivos sejam instalados com grandes distâncias das residências, ambas tecnologias serão excluídas desta concepção.

O filtro anaeróbio possui restrições quanto ao lençol freático raso e à infraestrutura viária. Para a primeira situação, deverá ser considerada a altura do lençol quando da determinação dos materiais de construção do filtro; para a segunda,

deverá ser avaliada a viabilidade de acesso de veículos ao filtro para execução de manutenção.

Por sua vez, os sistemas alagados construídos também possuem restrição quanto ao nível do lençol freático, mas o sistema de fluxo subsuperficial vertical será considerado nas demais etapas, tendo em vista a possibilidade de construção acima do nível do solo.

Por último, considerando que a vala de filtração não fica exposta ao tempo (possui tampa) e se caracteriza pela menor intervenção no lençol freático raso devido à sua longitudinalidade, esta será preterida aos filtros de areia para as próximas etapas.

4.3.3 Transporte e disposição final dos subprodutos dos sistemas

Nesta modalidade somente o esvaziamento e transporte mecanizado apresentou restrições, no entanto, este foi preterido ao esvaziamento e transporte manual. Nas visitas à comunidade, observou-se que ambas modalidades não fazem parte da vivência da comunidade; no entanto, considerando os riscos que o esvaziamento manual apresenta para a saúde da população se executado sem os devidos cuidados, optou-se por eliminar esta modalidade. Ressalta-se que deve-se atentar na locação dos dispositivos que demandarão acesso de veículos para manutenção.

Outrossim, a disposição de águas residuárias em corpos hídricos consiste no lançamento destas águas no Córrego Favorita.

4.3.4 Medidas de drenagem pluvial

As faixas gramadas, quando adotadas com o objetivo principal de incremento de infiltração, devem ser aplicadas em áreas que não possuam lençol freático raso. Neste cenário, considera-se que, na hipótese de realocação de famílias que ocupam a APP, esta medida poderia ser proposta com os objetivos de harmonia estética e remoção de sedimentos na macrodrenagem. Para estas situações deverá ser propostos difusores para evitar erosão. Quanto à aplicação nas vias, considerando que a exposição do solo é massiva na área em análise, é necessário a instalação de difusores. Quanto à aplicação nas áreas definidas como ‘loteamento’, será dada

prioridade para as medidas de esgotamento sanitário nestas regiões, considerando as demandas da comunidade para este sistema.

A aplicação de jardins de chuvas em áreas definidas como ‘loteamento’ não será considerada, pois será dada prioridade para as medidas de esgotamento sanitário nestas regiões, considerando as demandas da comunidade para este sistema. A implantação de jardins de chuva nas vias também não será considerada devido à ausência de definição adequada das áreas de circulação de veículos, pedestres, etc.

No que concerne aos pavimentos permeáveis e porosos, a literatura apresenta a recomendação de que não sejam adotadas em área de tráfego pesado. Considerando que há tráfego de caminhões na comunidade, indica-se que a adoção destes pavimentos seja restrita a vias de circulação de pedestres, vielas de passagem de bicicletas e motocicletas, vias com menor tráfego e calçadas residenciais. Outra recomendação é que os pavimentos sejam dotados de camada impermeável na base, devido à superficialidade do lençol freático.

Quanto aos drenos filtrantes, mediante comparação das recomendações de declividade (recomendados para declividades de até 2%) com as declividades predominantes na comunidade (FIGURA 43), a medida será excluída.

Quanto às canaletas plantadas, existem soluções que viabilizam a sua aplicação em declividades superiores a 3%. Apesar de a medida ser recomendada para áreas com baixa densidade de ocupação (até 60 habitantes/hectare) e a comunidade Favorita ultrapassar este valor, devido ao caráter emergencial de ordenação das águas pluviais incidentes na comunidade, a referida medida será mantida.

Referente à intervenção em corpo hídrico, apesar das dificuldades construtivas inerentes à ocupação das margens por residências, esta medida será mantida devido à criticidade da estabilidade das margens do corpo hídrico.

4.3.5 Medidas selecionadas

O QUADRO 29 apresenta as medidas que foram selecionadas para consideração na concepção de grupos de medidas.

QUADRO 29 - Medidas selecionadas para concepção

Classe	Medidas	Classe	Medidas
TAR	Sistema condominial de esgotamento	TD	Disposição em corpo hídrico
	Sistema Separador Absoluto		Destinação de lodo para empresas
	Sistema Único Alternativo		Esvaziamento e transporte mecanizado
TE	Caixa de gordura	MD	Faixa gramada
	Tanque séptico		Pavimentos permeáveis e porosos
	Filtro anaeróbio		Arborização
	Sistemas Alagadas Construídos de fluxo subsuperficial vertical		Canaletas plantadas
			Intervenção em corpo hídrico
	Vala de filtração		Cisternas (não-estrutural)

FONTE: A autora (2023).

LEGENDA: TAR – Transporte de Águas Residuárias; TE -Tratamento de Esgoto; TD – Transporte e disposição final; MD – Medidas de Drenagem.

4.4 D - CONCEPÇÃO DE GRUPOS DE MEDIDAS

Apresenta-se a seguir os tópicos: organização dos grupos de medidas, concepção das estações de tratamento de esgoto, das redes de esgotamento e das medidas de drenagem (cenário atual e futuro).

4.4.1 Organização de Grupos de Medidas

As medidas elencadas no QUADRO 29 foram organizadas em três grupos de medidas, os quais se diferenciam entre si pelo tratamento de esgoto no loteamento. Os Grupos de Medidas (GM) são apresentados no QUADRO 30.

QUADRO 30 - Grupos de medidas para saneamento na comunidade

GM	Função	Dispositivo
Todos	Tratamento de Esgoto no lote	Caixa de Gordura
	Transporte de Águas Residuárias	Sistema Condominial de esgotamento sanitário, Sistema Separador Absoluto e Sistema Único Alternativo
	Transporte e disposição final de subprodutos	Esvaziamento e transporte mecanizado (lodo)
		Destinação de lodo para empresas
		Disposição em corpo hídrico (Córrego Favorita)
	Medidas de drenagem	Canaletas plantadas
		Faixa gramada
		Arborização
		Pavimentos permeáveis e porosos
		Intervenção em corpo hídrico
1	Tratamento de esgoto no loteamento	Tanque séptico e vala de filtração
2	Tratamento de esgoto no loteamento	Tanque séptico e filtro anaeróbio
3	Tratamento de esgoto no loteamento	Tanque séptico e SAC fluxo subsuperficial vertical

FONTE: A autora (2023).

LEGENDA: GM – Grupo de Medida.

No que concerne o Transporte de Águas Residuárias, os três sistemas elencados foram considerados quando da concepção das redes de esgotamento. Ademais, na hipótese de revitalização da APP e urbanização da área, sugere-se a avaliação de técnicas de bioengenharia para proteção das margens do Córrego, bem como a adoção de faixas vegetadas nas margens.

4.4.2 Concepção das estações de tratamento de esgoto

Conforme apresentado anteriormente, será considerada a instalação de estações de tratamento descentralizadas nas extremidades das vias de circulação (próximo ao Córrego) e em esquinas.

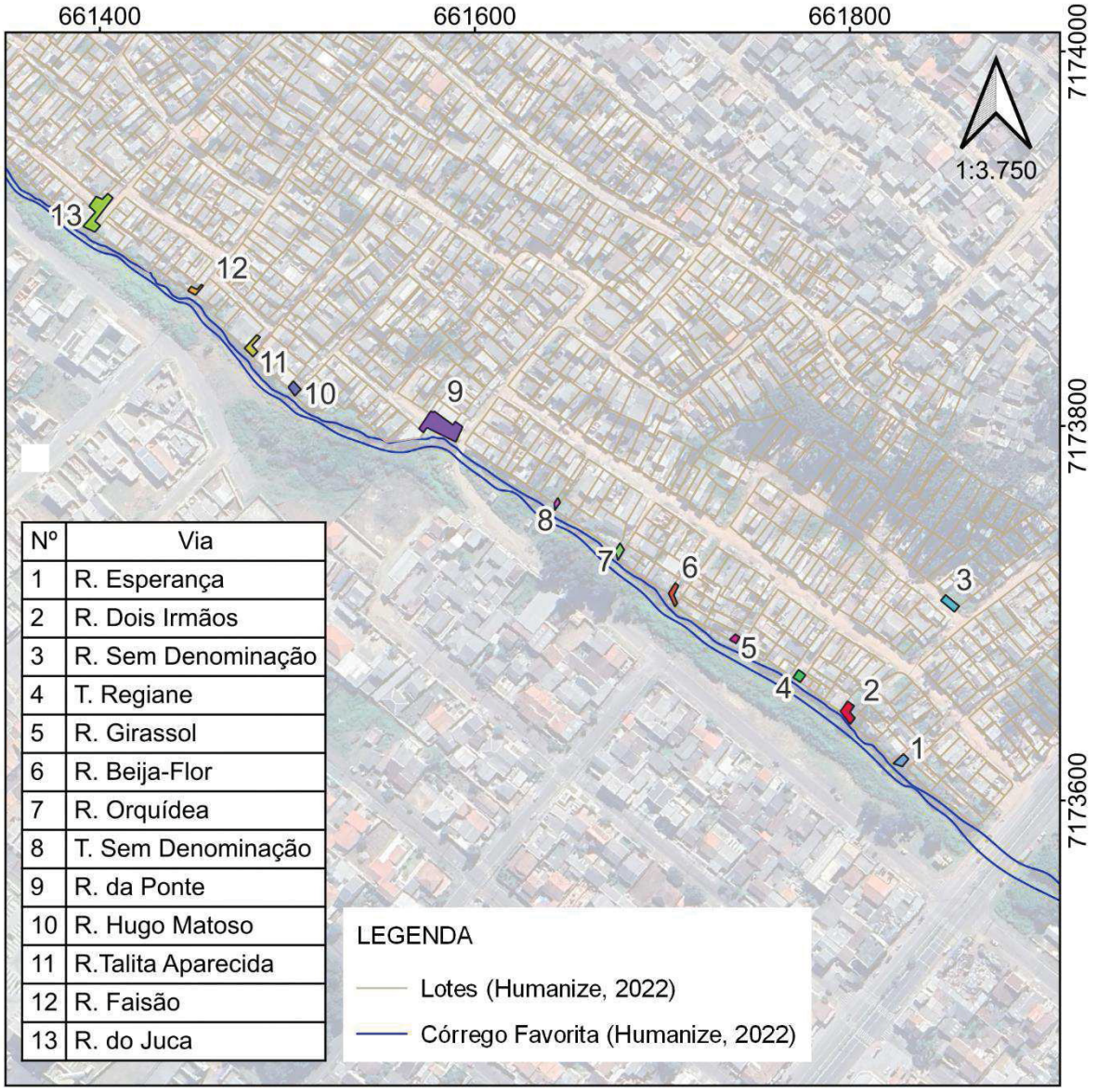
As denominações das ruas e as áreas disponíveis aproximadas na região proposta são apresentadas no QUADRO 31. Para determinação das áreas disponíveis, considerou-se um espaçamento livre médio de 3 m nos lotes contíguos ao córrego Favorita, para permitir acesso adequado ao lote. Os lotes que apresentam fachada com esta largura tiveram um maior recuo entre suas fachadas e as áreas consideradas disponíveis. As áreas são apresentadas na FIGURA 56 e totalizam 582,12 m².

QUADRO 31 - Largura das vias que terminam no córrego Favorita

Rua	Largura (m)	Área (m²)	Rua	Largura (m)	Área (m²)
Esperança	6,8	24,7	T. Sem denominação	2,2	9,82
Dois Irmãos	8,4	48,3	da Ponte	28	179,3
Rua sem denominação	9,3	37,36	Hugo Matoso	5,6	25,6
Travessa Regiane	6,8	22,8	Talita Aparecida	6,3	36,4
Girassol	6,5	13,2	Faisão	4,6	18,0
Beija-Flor	6,8	28,8	do Juca	6,6	116,4
Orquídea	3,8	21,4			

FONTE: A autora (2023).

FIGURA 56 - Localização das áreas disponíveis



FONTE: A autora (2023).

A população total da área é calculada com base no quantitativo de lotes levantados por Humanize Regularização Fundiária e Urbanização Social (2022), 763 lotes, e na população média por residência de TETO (2018), 3 habitantes por residência, resultando em 2.289 habitantes.

Para uma análise prévia dos grupos de medidas, considera-se a instalação de uma estação única para toda a região. Para esta situação, o dimensionamento básico das áreas dos dispositivos e grupos de medida é apresentado na TABELA 1. O memorial de cálculo é apresentado no APÊNDICE 7.

TABELA 1 - Áreas necessárias para instalação dos dispositivos de tratamento de esgoto

GM	Áreas dispositivos (m²)		Área total (m²)
	Tanque séptico	Complementar	
1 (Tanque séptico + vala de filtração)	136,85	4.578,00	4.714,85
2 (Tanque Séptico + filtro Anaeróbio)	136,85	277,59	414,44
3 (tanque séptico + SAC)	136,85	1.907,50	2.044,35

FONTE: A autora (2023).

Tendo em vista as áreas disponíveis na comunidade, somente o Grupo de Medida 2 apresenta viabilidade de aplicação. No que concerne às eficiências do sistema, Von Sperling (2005, cap. 4) apresenta que o sistema tanque séptico e filtro anaeróbio possuem eficiência média de remoção de DBO_5 de 80 a 85% e de DQO entre 70 e 80%.

Para estimar a quantidade de lotes atendidos por cada estação, procedeu-se ao cálculo das áreas necessárias para atendimento de diversas quantidades de lotes, utilizando os procedimentos previstos em normativas, de modo similar ao memorial apresentado no APÊNDICE 7, resultando nas áreas expostas na TABELA 2.

TABELA 2 - Áreas necessárias para atendimento de quantidade de lotes

Quant. Lotes	Área (m²)	Quant. Lotes	Área (m²)	Quant. Lotes	Área (m²)	Quant. Lotes	Área (m²)
5	4,85	90	49,80	175	95,79	260	142,82
10	8,45	95	52,31	180	98,22	265	145,79
15	11,70	100	55,17	185	102,14	270	147,54
20	14,39	105	58,12	190	104,65	275	150,55
25	15,90	110	61,14	195	107,20	280	153,60
30	17,95	115	63,09	200	108,70	285	155,40
35	20,27	120	66,24	205	111,29	290	158,49
40	22,56	125	68,27	210	115,46	295	161,62
45	25,70	130	71,54	215	118,13	300	163,46
50	27,72	135	74,53	220	120,83	305	166,64
55	31,18	140	77,95	225	122,43	310	169,84
60	33,40	145	79,23	230	125,18	315	171,74
65	36,32	150	81,45	235	127,96	320	174,99
70	38,72	155	85,02	240	130,77	325	178,27
75	41,86	160	87,31	245	133,61	330	178,27
80	44,43	165	89,64	250	136,97	335	181,58
85	47,08	170	93,38	255	139,88	340	184,93

FONTE: A autora (2023).

Utilizando os resultados apresentados na TABELA 2, determinou-se as quantidades de lotes previstas para atendimento para cada área apresentada na FIGURA 56. A estimativa está exposta na TABELA 3.

TABELA 3 - Quantidade de lotes que cada área poderá atender (previsão)

Estação	Área (m²)	Lotes atendidos (estimativa)
Esperança	24,7	40
Dois Irmãos	48,3	85
Intermediária (Rua sem denominação)	37,36	65
Travessa Regiane	22,8	40
Girassol	13,2	15
Beija-Flor	28,8	50
Orquídea	21,4	35
T. Sem denominação	9,82	10
da Ponte*	179,3	330
Hugo Matoso	25,6	40
Talita Aparecida	36,4	65
Faisão	18,0	30
do Juca	116,4	210
Total	582,1	1015,0

FONTE: A autora (2023).

Considerando que a estimativa de lotes atendidos no uso das áreas disponíveis (1015) excede o quantitativo de lotes levantados na comunidade, as estações com menor índice de atendimento foram removidas da concepção, sendo mantidas as estações: Dois Irmãos, Intermediária, Beija-Flor, da Ponte, Talita

Aparecida e do Juca. Com exceção da rua Intermediária, a localização das estações permite o lançamento do efluente tratado no Córrego Favorita e caracterizam os sistemas como Separadores Absolutos. Para a Estação Intermediária, o sistema será o Sistema Único Alternativo, com lançamento do efluente tratado no curso hídrico canalizado da Rua Dois Irmãos.

Quanto às edificações que possuem fossa, deve-se analisar individualmente a destinação dos efluentes. As fossas que destinarem o efluente para o solo deverão ser desativadas ou adaptadas para destinar o efluente ao Córrego ou aos sistemas de tratamento propostos.

4.4.2.1 Caixa de Gordura

Conforme apresentado anteriormente, prevê-se a instalação de caixas de gordura nas edificações, buscando reduzir os entupimentos de tubulações e colaborar na eficiência dos tratamentos de esgoto. De acordo com a NBR 8160/1999 (ABNT, 1999), para uso em uma cozinha pode ser utilizada uma caixa pequena, com 0,30 m de diâmetro, capacidade de retenção de 18 L e tubo de saída de 75 mm de diâmetro.

4.4.3 Concepção redes de esgotamento

Com base nas estimativas de lotes atendidos pelas estações, definiu-se as áreas de abrangência de cada uma das estações consideradas. Também foi levado em consideração as redes de esgotamento construída pelos moradores, buscando aproveitá-las. No entanto, estas redes devem ser verificadas e reformadas em locais que estejam danificadas. Alguns pontos de redes, muito provavelmente, demandam desativação e nova construção devido à provável mudança de direção do fluxo de esgoto requerida para encaminhamento às estações.

No lançamento das redes de esgoto considerou-se que até mesmo as áreas com rede pública de esgoto (FIGURA 55) estão sendo direcionadas ao córrego, contribuindo assim pela segurança do sistema proposto.

Outrossim, é de extrema importância que o esgoto das áreas a montante da comunidade seja encaminhado para a rede pública presente no entorno, evitando o encaminhamento deste fluxo para a rede proposta.

A rede proposta é apresentada no APÊNDICE 8. Ressalta-se que a concepção das redes não resultou na utilização dos conceitos do sistema condominial de esgotamento sanitário no traçado das redes.

Na TABELA 4, são apresentados os lotes efetivamente atendidos por cada estação.

TABELA 4 - Lotes atendidos pelas estações em conformidade com a rede de esgoto proposta

Estação	Lotes atendidos
Dois Irmãos	83
Rua sem denominação	59
Beija-Flor	50
da Ponte*	313
Talita Aparecida	56
do Juca	204

FONTE: A autora (2023).

A rede lançada possui 3.829 m de comprimento. Na comunidade, conforme levantamento apresentado na FIGURA, existem 1.571 m de rede de esgoto, dos quais prevê-se desativação de 450 m. Os trechos desativados dizem respeito a pequenas interligações entre quadras e ao lançamento no córrego. Portanto, teria que ser instalada uma rede de dimensão aproximada de 2.708 m. Ressalta-se que as galerias de águas pluviais, caracterizadas por diâmetros maiores, não devem ser utilizadas para transporte de esgoto bruto e que as redes devem passar por manutenção adequada.

4.4.4 Concepção medidas de drenagem – cenário atual

No APÊNDICE 9 se apresentam as canalizações e valas presentes na comunidade, definidas na referida imagem como a rede de drenagem.

Considerando que as edificações, em sua maioria, não possuem instalações prediais de drenagem das águas da chuva e que as vias não possuem revestimento, situação que impossibilita o ordenamento das águas precipitadas, propõe-se que sejam instaladas canaletas plantadas para transporte das águas pluviais. Devido à inexistência de ordenamento viário, sugere-se que, de modo emergencial, estas canaletas sejam implantadas nas vias que se caracterizam pelos problemas com enxurradas: Rua Faisão, Rua dos Sonhos, Rua Aline Costa, e outras que apresentarem potencial de inundação ou alagamento. A Rua do Juca já possui

manilha de drenagem, que escoa a céu aberto parcialmente; esta manilha-vala deve ser exclusiva para a drenagem pluvial. Conforme a declividade da área de aplicação (APÊNDICE 9), não são necessárias instalações de barragens para redução da velocidade do escoamento. No entanto, conforme indicação de SUDERHSA (2002), o nível do lençol freático implica na necessidade de adoção de valas de retenção, que possuem fundo impermeabilizado e regulação dirigida para um orifício instalado em uma barragem. Entendendo que a impermeabilização do fundo poderia dificultar a implantação do projeto, devido aos investimentos necessários e as prioridades da comunidade, sugere-se que, na impossibilidade de impermeabilização com lona, seja realizada adaptação para vala com enrocamento em pedras.

Em associação às canaletas, é recomendado a instalação de faixas gramadas para redução da velocidade de escoamento e redução do aporte de sedimentos nas canaletas. No entanto, considerando os espaços disponíveis nas vias e que Paraná (2002) apresenta que para declividades de 2% seria necessária uma largura de 10 m para remover 75% dos finos, esta medida não será parte da proposta de drenagem no cenário atual.

Quanto à arborização, recomenda-se que, sempre que possível, sejam plantadas árvores e outras vegetações nas vias e terrenos. Por sua vez, considerando que há expectativa de regularização da área, sugere-se que a execução de revestimentos no arruamento seja procedida quando da urbanização da região. No entanto, recomenda-se que, sempre que os moradores forem executar calçadas ou impermeabilizar o solo, seja adotado os pavimentos permeáveis e porosos. Apesar de ser recomendado a execução de base impermeável no pavimento, considerando o panorama socioeconômico da população e que estas aplicações devem ocorrer em áreas pequenas, esta recomendação será sugerida com maior afinco para a urbanização da área.

Por último, quanto aos elementos de transporte da rede de drenagem presentes na comunidade, é indicado que estes sejam reservados exclusivamente para esta finalidade, sem lançamento de esgoto bruto nas valas e canais e direcionamento destes efluentes para as estações de tratamento. O rio parcialmente canalizado na Rua Dois Irmãos, no entanto, deverá receber o efluente tratado na Estação Intermediária, caracterizando-se como um sistema único alternativo. Apesar das canalizações atualmente apresentarem danos na sua estrutura, entende-se que não fará parte do escopo desta proposta o conserto destas, mas sim a conservação

das estruturas. Esta conservação pode ser traduzida pela destinação adequada de resíduos e o lançamento de esgoto bruto em canalização separada, bem como pela execução de limpeza nos pontos que o fluxo de água é aberto (valas).

No que concerne à intervenção em cursos hídricos, deve-se considerar que existe uma ocupação severa das margens do córrego, com execução de aterros nesta região e contenções improvisadas. Destaca-se que estas intervenções podem colaborar com a ocorrência das inundações, devido ao estreitamento da seção do córrego, e com episódios de movimentação de solo. Mediante esta situação, no cenário atual, recomenda-se a implantação de obras que colaborem com a estabilidade dos taludes e desestimulem a execução de outros aterros. Entre as medidas que podem atender à demanda levantada estão os muros de gabiões, enrocamento do corpo hídrico, e outras. No entanto, para a implantação desta medida, é necessário avaliação geotécnica e hidráulica mais aprofundada do Córrego.

Por último, conforme apresentado anteriormente, sugere-se que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (cisternas) sejam reativados nos locais que estiverem desativados e que sejam repassadas aos moradores informações quanto ao funcionamento do sistema e o papel deste na retenção do escoamento.

A proposta de canaletas e sistema único alternativo podem ser visualizados no APÊNDICE 9.

4.4.5 Concepção medidas de drenagem – cenário futuro

Considerando que na proposta de GCCG (2023) é delimitada uma área de 15 m na margem do córrego para revitalização da Área de Preservação Permanente, em que será possível a implantação de faixas gramadas e arborização (recomposição flroestal). Esta faixa poderá ser, inclusive, utilizada para o lazer da comunidade, se caracterizando como uma área de uso comum. Ademais, deve-se analisar a necessidade geotécnica de adoção de medidas mais intrusivas para revitalização das margens, tal como intervenções no traçado do corpo hídrico.

Quanto à possibilidade de urbanização da área, reitera-se a indicação de que sejam adotados pavimentos permeáveis sempre que possível, com base impermeável e condução do fluxo para um exutório, e de jardins de chuva com base impermeável nos locais que as larguras das vias viabilizarem esta implantação.

Recomenda-se a implantação de instalações prediais para as águas pluviais nas residências, para ordenamento do fluxo e também para implantação de sistemas de aproveitamento sempre que possível. No entanto, considerando os materiais empregados na construção das residências, entende-se que esta recomendação não poderá ser amplamente seguida. Desta maneira, recomenda-se que as canaletas propostas para o cenário atual sejam mantidas, visando a captação das águas pluviais incidentes nas residências, e implantada nas demais vias.

4.4.6 Concepção integrada de esgotamento sanitário e drenagem urbana proposta à Comunidade Favorita

As medidas e dispositivos selecionadas são apresentadas sucintamente no QUADRO 32. Os sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial propostos são evidenciados em planta no APÊNDICE 8 e no APÊNDICE 9, respectivamente.

QUADRO 32 – Medidas e dispositivos selecionados

Tratamento de esgoto no lote	Caixas de Gordura nas edificações
Tratamento de esgoto no loteamento (6 estações)	Tanque séptico e filtro anaeróbio
Transporte de Águas Residuárias	Sistema Separador Absoluto e Sistema único Alternativo
Transporte e disposição final de subprodutos	Esvaziamento e transporte mecanizado (lodo)
	Destinação de lodo para empresas
	Disposição em corpo hídrico (Córrego Favorita)
Medidas de Drenagem – cenário atual	Canaletas plantadas
	Arborização
	Pavimentos permeáveis e porosos - orientativa
	Intervenção em corpo hídrico
	Cisternas (não estrutural)
Medidas de Drenagem – cenário futuro	Faixa gramada
	Arborização
	Pavimentos permeáveis e porosos
	Canaletas plantadas

FONTE: A autora (2023).

O transporte das águas do esgotamento sanitário proposto é realizado, em sua maioria, por sistema separador absoluto. A exceção para utilização do Sistema Único Alternativo é para a Estação Intermediária, o qual foi concebida para destinar o efluente tratado para o sistema de drenagem existente na rua Dois Irmãos. Portanto, as demais tubulações de drenagem existentes na comunidade devem ser exclusivas para o sistema de drenagem. Conforme apresentado anteriormente, a concepção das

redes de esgotamento sanitário não resultou na aplicação dos conceitos de sistema condominial no traçado das redes.

Quanto às medidas de drenagem para o cenário atual, os pavimentos permeáveis e porosos são apresentados como medidas orientativas para execução de revestimento no solo, em substituição ao concreto, asfalto e outros materiais que induziriam a uma impermeabilização mais severa. Para a arborização não se apresenta o quantitativo de indivíduos a serem plantados, sendo esta medida também orientativa, para que os moradores busquem aumentar as áreas verdes e vegetação na comunidade no cenário atual, e no cenário futuro que seja aplicada a arborização da Área de Preservação Permanente.

Na proposição da intervenção em corpo hídrico não se especifica o método a ser utilizado, pois a definição desta intervenção deve ser alvo de análise geotécnica e hidráulica mais criteriosa. No entanto, mencionam-se os muros de gabiões e o enrocamento do corpo hídrico.

4.5 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES E ESTRUTURA DE FERRAMENTA DE APOIO PARA CONCEPÇÃO INTEGRADA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM PLUVIAL PARA COMUNIDADES URBANAS EM ASSENTAMENTOS IRREGULARES

A seguir são apresentados os tópicos: avaliação da concepção de medidas, diretrizes para concepção integrada de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidades urbanas em assentamentos irregulares e estrutura de ferramenta de apoio para concepção integrada de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidades urbanas em assentamentos irregulares.

4.5.1 Avaliação da concepção de medidas para Comunidade Favorita

Tendo em vista que está em andamento um processo de regularização da área, e que os moradores possuem grande expectativa quanto à implantação dos serviços públicos de saneamento, os grupos de medidas concebidos focalizam na sustentabilidade da comunidade de forma emergencial. Os dispositivos de tratamento de esgoto, por exemplo, foram locados majoritariamente em Área de Preservação Permanente e não atendem a todos requisitos previstos nas normativas vigentes

(como por exemplo, distância de 15 m de corpos hídricos). No entanto, com exceção dos dispositivos de tratamento de esgoto, todos os demais têm possibilidade de aproveitamento quando da urbanização da comunidade.

Ressalta-se que a urgência pela sustentabilidade encontra sua justificativa na associação entre a morosidade dos processos de regularização e a situação sanitária vigente na comunidade. Esta última é agente causador de impactos ambientais e sociais, prejudicando a qualidade de vida dos moradores e o meio ambiente.

Quanto à localização das estações, destaca-se que a análise conjunta da drenagem pluvial e do esgotamento sanitário viabilizou a concepção da Estação Intermediária, tendo em vista que esta foi concebida de forma que o efluente tratado seja destinado à rede de drenagem da rua Dois Irmãos.

Ainda quanto aos resultados, estes evidenciaram que o âmbito técnico e ambiental das medidas não são necessariamente alinhados às expectativas, costumes e demandas da comunidade. Por exemplo, os sistemas de biodigestor e RAFA compacto são alternativas interessantes do ponto de vista técnico, mas não são interessantes para a comunidade devido à possibilidade de geração de odor. Outro exemplo desta apreciação se observa na preferência da comunidade para resolução da situação do esgoto em detrimento da drenagem pluvial, que se embasa na crença de que, com a pavimentação das vias e instalação de galerias, o problema das inundações estaria resolvido. Esta última situação, no entanto, evidencia também necessidade de troca de saberes com a comunidade, que pode desconhecer as causas dos problemas por ela enfrentados. No entanto, é imprescindível que o aspecto técnico e ambiental e os desejos da comunidade sejam considerados de forma equilibrada.

No que concerne ao nível de participação social da comunidade na concepção, ressalta-se que, caso não fosse disponibilizado o relatório do TETO (2018), seria imprescindível aplicação de pesquisa social para levantamento dos dados que foram obtidos no referido relatório.

Também notou-se que uma participação social mais abrangente na seleção de tecnologias, com utilização de amostras da população, promoveria uma maior representatividade na verificação da aceitabilidade dos dispositivos.

A participação na comunidade na concepção de grupos de medidas, por sua vez, teria potencial de refinar os resultados da pesquisa. Esta apreciação advém dos impasses verificados na concepção das estações de tratamento de esgoto,

permeados pela controversa instalação na Área de Preservação Permanente, pela ausência de espaços de uso comum para instalação dos dispositivos e pela possibilidade de cessão de áreas de propriedade dos moradores para instalação. Para instalação temporária nas áreas denominadas como ‘lote’, ou seja, de propriedade dos moradores, seria necessário maior engajamento com a comunidade. Apesar do escopo desta pesquisa não se aprofundar na efetiva instalação dos dispositivos, o assunto, mesmo que superficialmente tratado nesta etapa, possibilitaria a proposição de outras configurações das redes ou até mesmo de outros grupos de medidas.

Observa-se também que, apesar de sugeridos três grupos de medidas, mediante dimensionamento inicial das tecnologias, somente um destes grupos demonstrou viabilidade de aplicação. Esta situação demonstra que não é ideal que a concepção de medidas para comunidades urbanas em assentamentos irregulares tenha uma estrutura rígida, sendo necessário flexibilidade na avaliação caso a caso.

Quanto aos passos metodológicos, nota-se que, caso fosse diagnosticado que a Favorita não tivesse abastecimento de água, as medidas elencadas para triagem seriam demasiadamente restringidas. Outrossim, não foi considerada uma análise de custos nesta pesquisa. No entanto, o aspecto financeiro tem demasiada importância para a efetiva implantação dos sistemas e deve ser elencado em situações em que mais de um grupo de medida se mostra aplicável. Portanto, evidencia-se nesta pesquisa que uma estrutura metodológica para comunidades em assentamentos irregulares não deve ser rígida e deve estar propensa a adaptações quando aplicadas em diferentes áreas.

Por último, salienta-se que a promoção da sustentabilidade foi considerada na concepção das medidas par a comunidade, apresentando-se essencialmente na delimitação de medidas e tecnologias e na participação social da comunidade. No entanto, as limitações do ambiente estudado restringiram aplicações de medidas que são notadamente propensas a sustentabilidade, como, por exemplo, medidas que priorizam o contato com a natureza, como os sistemas alagados construídos. As medidas selecionadas, portanto, não atenderam a todas dimensões da sustentabilidade (expostas no QUADRO 2), mas, tanto as soluções encontradas como o processo de análise das medidas, promoveram especialmente:

- Sustentabilidade ambiental por meio da prevenção de poluição e respeito à capacidade de carga dos ecossistemas;

- Sustentabilidade política por meio da participação social na tomada de decisão;
- Sustentabilidade cultural por meio da adaptação da solução ao ecossistema;
- Sustentabilidade geográfica por meio da desconcentração espacial das soluções.

4.5.2 Diretrizes para concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial em comunidades urbanas em assentamentos irregulares

A seguir são apresentadas as diretrizes propostas, organizadas em oito eixos: perspectivas de regularização, redes e dispositivos existentes, características do meio, participação social, viabilidade econômica, legislação ambiental, planos governamentais, dispositivos selecionados.

4.5.2.1 Perspectivas de regularização

Quando o assentamento tiver perspectivas de regularização, com ações judiciais ou similares em andamento, deve-se considerar que as normativas brasileiras obrigam os moradores a se ligarem à rede pública de esgotamento quando esta estiver presente e que, usualmente, quando da pavimentação de vias, instala-se um sistema de drenagem pluvial público. Nestas situações, não é recomendado adotar medidas que cairão em desuso quando da regularização e, concomitantemente, demandem esforços significativos para sua implantação. Na medida do possível, as medidas devem buscar a sustentabilidade do ambiente, no presente e no futuro.

Todavia, mesmo quando da regularização das áreas, a aplicação de ferramentas para concepção dos sistemas pode ser necessária, devido às dificuldades enfrentadas para implantação das redes convencionais nas comunidades que possuam limitações físicas para tanto (declividade, densidade das edificações, etc).

4.5.2.2 Redes e dispositivos existentes

Mesmo que a situação fundiária da área seja irregular, é importante observar a presença de redes públicas e a conservação destas redes, pois a presença destas pode levar à redução das contribuições para os sistemas dimensionados. No entanto, recomenda-se que, na impossibilidade de determinação da existência ou do uso real de redes públicas, deve-se considerar a contribuição de toda as edificações para os sistemas propostos, prezando, dessa forma, pela segurança dos dispositivos.

A presença, nível de conservação, efetividade e possibilidade de aproveitamento de dispositivos de tratamento de esgoto ou de drenagem pluvial também devem ser observados. Para o esgotamento sanitário, por exemplo, recomenda-se que fossas negras sejam desativadas e que o efluente seja direcionado a outros tratamentos; sistemas com tanque séptico e filtro anaeróbio, por exemplo, poderiam ser mantidos para tratamento no lote.

Além da presença de dispositivos, é imprescindível avaliar a presença de redes construídas pelos moradores e as características destas redes. O diâmetro das redes, as cotas de assentamento e o estado de conservação devem ser avaliados quando da determinação de recomendações quanto ao uso, reforma ou desativação das redes.

4.5.2.3 Características do meio

A concepção de sistemas de saneamento nesta área deve levar em conta características geológicas, geomorfológicas, hídricas, climáticas, sociais e ambientais do local, bem como a regularidade das dimensões dos lotes, e a aplicabilidade dos dispositivos de saneamento, analisando a compatibilidade entre o sistema e o ambiente. É importante que sejam observadas também as características do entorno que possam influenciar na eficiência dos sistemas, como o uso do solo, e lançamentos de águas residuárias de outras áreas no local.

4.5.2.4 Participação social

A participação social nos processos decisórios nestas áreas é extremamente importante. Como as comunidades não se enquadram nos planejamentos

urbanísticos, as informações compartilhadas pelos moradores se mostram essenciais para a caracterização do meio.

Para seleção de dispositivos também é importante consultar a população quanto à aceitabilidade destes, quanto à possibilidade de participação da comunidade na construção e operação dos sistemas e quanto às expectativas da comunidade para os sistemas propostos. A proposta de medidas e grupos de medidas deve estar alinhada não somente às características técnicas locais, mas também com os desejos e restrições da população.

Recomenda-se que a participação social seja realizada de maneira representativa, com cálculo de amostra de população necessária e aplicação de metodologias de pesquisa social.

4.5.2.5 Viabilidade econômica

Quando da concepção de grupos de medidas, é recomendado que sejam avaliados indicadores econômicos de implantação e operação dos dispositivos, considerando que uma das causas para ocupação de áreas irregulares é a fragilidade econômica dos moradores. Sugere-se que seja considerado nos planos de ações o financiamento das medidas por meio de programas de governo ou outros meios.

4.5.2.6 Legislação Ambiental

Considerando as legislações brasileiras, o processo de regularização urbana deve ser alvo de estudo e licenciamento ambiental. Portanto, no processo de concepção, é recomendado que sejam realizadas caracterizações e propostas medidas de saneamento que colaborem de antemão para o atendimento da legislação ambiental. Por exemplo, quando da elaboração de projetos, é recomendado considerar recomposição de Áreas de Preservação Permanente, medidas compensatórias pelos danos ambientais causados, dentre outros.

4.5.2.7 Planos governamentais

A existência de planos de habitação social, de saneamento básico e de drenagem pluvial no município pode direcionar as decisões quanto aos dispositivos adotados. Ademais, para além da concepção, recursos públicos que possam ser

aplicados nos assentamentos também devem ser levantadas e repassados para a população.

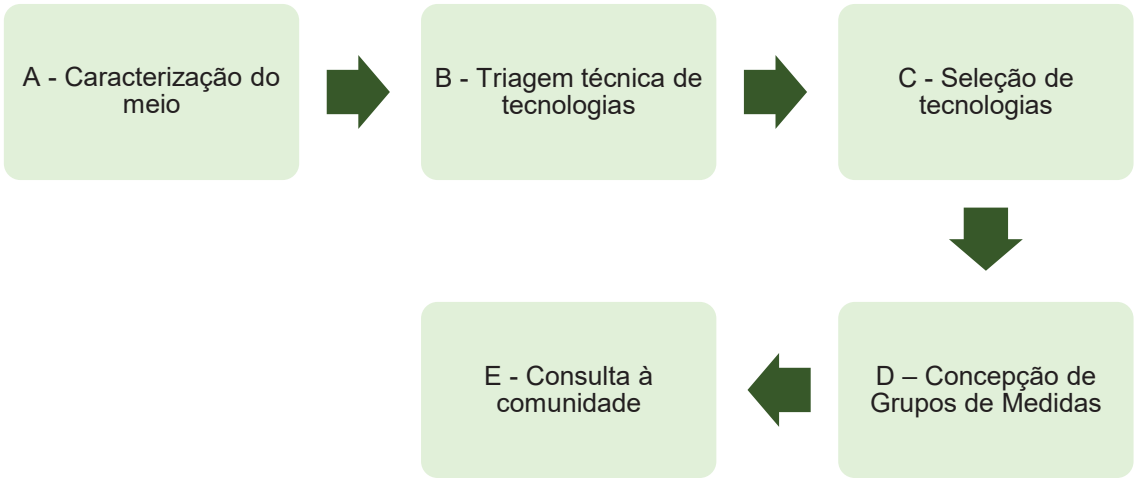
4.5.2.8 Sustentabilidade

Quando da escolha dos dispositivos de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, deve ser priorizado aqueles que se mostram alinhados à construção de áreas verdes e com enfoque na sustentabilidade. No entanto, deve-se sempre proceder com análise dos dispositivos quanto à compatibilidade com o meio, não devendo ser excluídas as medidas convencionais pois estas também tem potencial de aplicação, especialmente em locais que as medidas notadamente sustentáveis não tenham viabilidade de aplicação.

4.5.3 Estrutura de ferramenta para concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial em comunidades urbanas em assentamentos irregulares

Para a concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial em comunidades urbanas em assentamentos irregulares propõe-se as etapas apresentadas na FIGURA 57.

FIGURA 57 – Etapas para concepção integrada medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidade Favorita



FONTE: A Autora (2023).

A ‘Etapa A – Caracterização do meio’ caracteriza-se pelo levantamento de dados do meio físico, biótico, socioeconômico e sanitário da área em análise, culminando na sistematização de situações a serem observadas na proposição de medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial. Para esta etapa apresenta-se a possibilidade de uso dos métodos: levantamento bibliográfico, documental, observacional (visitas na área em análise), geoprocessamento, modelagem computacional e, se necessário, pesquisa social.

A ‘Etapa B – Triagem técnica de tecnologias’ resume-se na análise técnica de medidas de saneamento, eliminando e apresentando ressalvas para as medidas que não sejam compatíveis ao meio estudado. Na ‘Etapa C – Seleção de tecnologias’, é dada sequência no processo iniciado na etapa B, incluindo na análise as perspectivas e opiniões da comunidade sobre os dispositivos triados (aspecto social).

Na ‘Etapa D - Concepção de Grupos de Medidas’, os dispositivos são organizados em Grupos de Medidas, pré-dimensionados e locados na comunidade. Propõe-se que estes grupos de medidas sejam avaliados quanto à sua sustentabilidade, por meio de indicadores. Recomenda-se a consideração da participação da comunidade na locação dos dispositivos.

Na ‘Etapa E – Consulta à comunidade’, propõe-se que os grupos de medidas que não apresentaram inviabilidade de adoção sejam apresentados à população, para análise da aceitabilidade dos grupos e seleção do grupo que melhor atenda à situação da comunidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na revisão de literatura, foram propostos passos metodológicos que propiciaram a caracterização da Comunidade Favorita e, consequentemente, a apresentação de um diagnóstico das condições socioambientais da comunidade, promovendo o cumprimento do objetivo específico a). Para caracterização foram realizadas visitas à comunidade; nestas visitas, acompanhada por atores sociais da comunidade, foram compilados relatos espontâneos dos moradores que contribuíram para caracterização realizada.

Após a caracterização da comunidade foram analisadas e triadas, de forma integrada, medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para a comunidade, contrapondo as tecnologias de saneamento levantadas na revisão de literatura às características da área. Após a triagem das medidas, estas foram selecionadas considerando aspectos não previstos na triagem e o ponto de vista da comunidade, representada pela vice-presidente da Associação dos Moradores. A participação da vice-presidente e o contato com a comunidade ocorrido nas visitas à comunidade viabilizaram o cumprimento do objetivo específico b).

Após seleção das tecnologias, considerando as demandas e desejos da comunidade, foram organizados 03 grupos de medidas para drenagem e esgotamento. Os dispositivos de tratamento de esgoto dos três grupos foram pré-dimensionados, resultando na exclusão de dois grupos que necessitariam de uma área para instalação além daquela disponível na comunidade.

O grupo de medida restante, que teve suas medidas concebidas, apresentou como medida de tratamento de esgoto nas residências as caixas de gordura e seis estações de tratamento de esgoto descentralizadas, compostas por tanque séptico e filtro anaeróbio. As estações de tratamento foram locadas, em sua maioria, na Área de Preservação Permanente do Córrego Favorita, devido à pouca disponibilidade de área na comunidade.

Para transporte do esgoto foi proposto, predominantemente, o sistema separador absoluto, sendo apresentada a necessidade de exclusividade dos canais de drenagem pluvial para as águas pluviais. Somente para o canal de drenagem na Rua Dois Irmãos foi proposta adoção do sistema único alternativo, sendo concebida uma estação de tratamento de esgoto que destina o efluente tratado para este canal. Para transporte e destinação de subprodutos (lodo) foi proposto o esvaziamento e

transporte mecanizado, com destinação para empresas especializadas. Propôs-se a destinação das águas residuárias (efluente tratado e águas pluviais) para o córrego Favorita.

No grupo de medida proposto, foram apresentadas a arborização da comunidade e a adoção de pavimentos permeáveis e porosos quando da execução de revestimento do solo como medidas de drenagem orientativas. Outra medida de drenagem proposta foi a reativação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais existentes na comunidade (cisternas), associada à conscientização da comunidade quanto ao papel destes sistemas na atenuação dos problemas de drenagem. Também foi proposta a implantação de canaletas plantadas em vias que apresentam problemas evidentes de condução das águas pluviais (Rua Faisão, Rua dos Sonhos, Rua Aline Costa) e a intervenção em corpo hídrico, para estabilização das margens e mitigação das inundações.

Em conjunto com estas medidas, foram apresentadas medidas de drenagem que tem potencial de implantação futura, quando executada restauração e conservação da Área de Preservação Permanente do Córrego Favorita, sendo elas: faixas gramadas, arborização, pavimentos permeáveis e porosos e canaletas plantadas. As medidas para o cenário futuro são propostas adicionalmente àquelas previstas para o cenário atual; a repetição das canaletas plantadas, pavimentos permeáveis e porosos e arborização se deve à proposição de expansão destas medidas.

Destaca-se que o objetivo específico c) também foi atingido pois, mediante a avaliação da concepção das medidas e dos passos metodológicos adotados na pesquisa, foram propostas diretrizes e uma estrutura de ferramenta de apoio para concepção integrada de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial para comunidades urbanas em assentamentos irregulares.

Conclui-se, portanto, que a concepção integrada das medidas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, com participação social neste processo, permitiram a proposição de medidas que promovem a sustentabilidade na comunidade, viabilizando o cumprimento do objetivo geral da pesquisa e corroborando com a hipótese da pesquisa. Ressalta-se que algumas medidas que se destacam pela propensão à sustentabilidade ecológica, como fossa verde, sistemas alagados construídos e faixas gramadas, não apresentaram viabilidade de aplicação e/ou não se alinharam às demandas da comunidade; o processo de tomada de decisão e as

medidas selecionadas promoveram especialmente a sustentabilidade ambiental, política, cultural e geográfica.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o aprimoramento e corroboração da estrutura e as diretrizes propostas nesta pesquisa em conjunto com profissionais de áreas afins, como sociólogos, arquitetos, biólogos, entre outros.

REFERÊNCIAS

AISSE, M.M. *et al*. Codisposição de lodos de fossas e tanques sépticos em estações de tratamento de esgoto. In: CARVALHO, E.H.; ANDREOLI, C.V. (org.). **Lodos de fossa e tanque séptico**: Orientações para Definição de Alternativas de Gestão e Destinação. Curitiba: ABES, 2015. p.49-158.

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.

ARAUCÁRIA. Decreto nº 38.468 de 05 de outubro de 2022. Instaura regularização fundiária de interesse social (Reurb-S) no núcleo urbano informal consolidado denominado FAVORITA, conforme especifica. Araucária, 2022.

ARAUCÁRIA. Lei complementar nº 19, de 26 de dezembro de 2019. Aprova a Revisão do Plano Diretor Participativo do Município de Araucária, revoga a Lei Complementar nº 5, de 6 de outubro de 2006, e dá outras providências. Araucária, 2019.

ARAUCÁRIA. Lei nº 3.368/2018. Dispõe sobre o Programa Municipal de Habitação de Interesse Social - PMHIS, cria o Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social - FMHIS, institui o Conselho Gestor do FMHIS e altera dispositivo da Lei Municipal nº 2.485/2012. Araucária, 2018.

ARAUCÁRIA. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). 2016.

ARAUJO, R.S. **Diagnóstico do sistema condominial e esgoto sanitário existente no sítio histórico de Olinda**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969**: Tanque sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14486**: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário – Projeto de redes coletoras com tubos de PVC. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

BARNES, G. **Mecânica dos Solos** – Princípios e Práticas. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155084/. Acesso em: 30 de set 2023.

BENETTI, A. B. **Método para concepção de soluções de saneamento integrado para revalorização de áreas fragilizadas**. 375 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

BÍBLIA. Gênesis. In: **Bíblia Sagrada Almeida Século 21**: Antigo e Novo Testamentos. Tradução: Luiz Alberto Teixeira Sayão (coord.). São Paulo: Vida Nova, 3 ed, 2013, p. 2.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: **Senado Federal**, 1988.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **1º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. Brasília: FUNASA, 2013.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **Manual de saneamento**. 5ed. Brasília: FUNASA, 2019.

BRASIL. Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1997.

BRASIL. Lei n° 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico [...]. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2007.

BRASIL. Lei n° 13.465, de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana [...]. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2017.

BRASIL. Lei n° 14.026 de 26 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 [...]. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Secretaria Nacional de Habitação. Urbanização de favelas**: a experiência do PAC. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. 2010.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento - SNIS.

Diagnóstico Temático: Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, Visão Geral – ano de referência 2021. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2022a. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis. Acesso em: 01 abril 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico Temático**: Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, Visão Geral – ano de referência 2021. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2022b. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis. Acesso em: 01 abril 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico Temático**: Serviços de Água e Esgoto, Visão Geral – ano de referência 2021. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2022c. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis. Acesso em: 01 abril 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento - SNIS. **Do SNIS ao SINISA:** Informações para o planejar o Saneamento Básico. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2022d. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/cadernos-tematicos. Acesso em: 01 abril 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 377, de 9 de outubro de 2006. Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2011.

BRIGHETTI, G. **Estabilização e proteção de margens**. Universidade de São Paulo: 2001.

BURN, S.; SHIROMA, M.; SHARMA, A.K. Utilising integrated urban water management to assess the viability of decentralised water solutions. **Water Science**

& Technology, v. 66, n. 1, p. 113-121, 2012. DOI: 10.2166/wst.2012.071. Acesso em: 20 ago. 2023.

BUTLER, D. *et al*. **Urban Drainage**. 4 ed. Boca Raton: Taylor and Francis, CRC Press, 2018.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R.G. **Environmental health Engineering in the tropics:** water, sanitation and disease control. 3 ed. Abingdon: Routledge, 2019.

CAMPOS, F. *et al*. Vermifiltro: alternativa para tratamento de esgoto em sistemas descentralizados. **Revista DAE**, Edição Especial, v. 68, n. 227, p. 182-196, nov. 2020. DOI:10.36659/dae.2020.089. Acesso em: 10 set. 2023.

CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARDOSO, A.L.; DENALD, R (org.). **Urbanização de favelas no Brasil**: um balanço preliminar do PAC. 1 ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2018.

CASTELANI, L. V. C.; GAVASSONI NETO, E.; ZORZAN, L. G.; FARO, V. P. **Estabilização biotécnica das margens do lago do parque são Lourenço, Curitiba-PR**. *In:* XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309222778_ESTABILIZACAO_BIOTECNICA_DAS_MARGENS_DO_LAGO_DO_PARQUE_SAO_LOURENCO_CURITIBA_-_PR. Acesso em: 10 out. 2023.

CHAMBERS, K. G.; SHERIDAN, P. M.; COOK, S. M. Sanitation Criteria: A Comprehensive Review of Existing Sustainability and Resilience Evaluation Criteria for Sanitation Systems. **Environmental Science & Technology Letters**, v.9, n. 7, p. 583-591, 2022. DOI: 10.1021/acs.estlett.2c00267. Acesso: 20 abril 2023.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COMITÊ DAS BACIAS DO ALTO IGUAÇU E AFLUENTES DO ALTO RIBEIRA (COLIAR). Resolução nº 04, de 11 de julho de 2013. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-05/resolucao_de_enquadramento.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.

COSTA, F. C. V.; ROMEIRO, P. S. Capítulo 9 – Marcos regulatórios da regularização fundiária urbana. *In:* KRAUSE, C.; DENALDI, R. (org). **Núcleos urbanos informais**: abordagens territoriais da Irregularidade fundiária e da precariedade habitacional. 1 ed. Brasília: IPEA, 2022, p. 257-282.

COMISSÃO EUROPEIA. **Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité económico e social europeu e ao Comité das regiões**: Infraestrutura verde – Valorizar o capital natural da Europa. 2013. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0009.03/DOC_1&format=PDF>. Acesso em: 15 out. 2023.

FENDRICH, R. **Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: Gráfica Vicentina Editora Ltda, 2003..

FERNANDES, M. M. **Mecânica dos solos**: conceitos e princípios fundamentais. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

FERREIRA, J. C. **Estruturação de ferramenta baseada na infraestrutura verde e azul para revitalização socioambiental de áreas urbanas**. 328 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

FERREIRA, M. P.; MARQUES, E. C. L.; FUSARO, E. R. Assentamentos precários no Brasil: uma metodologia para estimação e análise. *In:* MORAIS, M.P.; KRAUSE, C.; LIMA NETO, V.C. **Caracterização e tipologia de assentamentos precários**: estudos de caso brasileiros. Brasília: IPEA, 2016, p. 53-74.

FERREIRA, M. M. *et al.* Systematic review of the last 20 years of research on decentralized domestic wastewater treatment in Brazil: state of the art and potentials. **Water Science & Technology**, v. 84, n. 12, p. 3469-3488, dez.; 2021. DOI: 10.2166/wst.2021.487. Acesso em: 01 abril 2023.

FLETCHER, T.D. *et al*. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v.12, n.7, p. 525-542, 2015. DOI: 10.1080/1573062X.2014.916314. Acesso em: 01 abril 2023.

FORTUNATO, R. A. **A sustentabilidade na habitação de interesse social:** Estudos de caso em reassentamentos do Programa Minha Casa, Minha Vida no Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba - Municípios de Curitiba e Fazenda Rio Grande. 360 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

FONSECA, F. R.; VASCONCELOS, C.H. Análise espacial das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 448-453, 2011.

FRACASSI, G. **Proteção de rios com soluções Maccaferri**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

GAIA CIÊNCIA CONSULTORIA EM GEOCIÊNCIAS (GCCG). **Análise Ambiental do Meio Físico** – Favorita, Araucária/PR. Estudo técnico ambiental e geológico. 2023.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 38 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 7 ed. Barueri: Atlas, 2022. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/. Acesso em: 30 abril 2023.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE. **Integrated Urban Water Management**: Background Paper no. 16. Estocolmo: GWP, 2012. Disponível em: https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/16-integrated-urban-water-management-2012.pdf. Acesso: 01 abril 2023.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). **Integrated Urban Water Management (IUWM)**: Training Overview and Case Studies. 2014.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP – GWP. **Toward Diversification and Sustainability**. Policy Brief. Estocolmo: Global Water Partnership – GWP, 2013. Disponível em: https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/policy-briefs/13-integrated-urban-water-management-iuwm.-toward-diversification-and-sustainability.pdf. Acesso: 01 abril 2023.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). **Towards Integrated Urban Water Management**. Perspectives Paper n. 1. Estocolmo: Global Water Partnership – GWP, 2011. Disponível em: https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/01-towards-integrated-urban-water-management-2011-english.pdf. Acesso: 01 abril 2023.

GOMES, U. A. F. **Intervenções de saneamento básico em áreas de vilas e favelas:** Um estudo comparativo de duas experiências na Região Metropolitana de Belo Horizonte. 178 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

HOEPERS, T. R. **Análise Comparativa entre sistema separador absoluto e sistema combinado alternativo**. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

HUMANIZE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA E URBANIZAÇÃO SOCIAL. **Levantamento de curvas de nível e lotes** [conjunto de dados]. 2022.

ICLEI BRASIL (ed.). **Kit de Treinamento SWITCH**: Gestão Integrada das Águas na Cidade do Futuro, Módulo 1 - Planejamento Estratégico: Preparando-se para o futuro. 1 ed. São Paulo: ICLEI BRASIL. 2011.

INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS (INDE). Visualizador de mapas. Disponível em: https://inde.gov.br/VisualizadorMapas. Acesso em: 20 abril 2023.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. Base de dados. 2019 - 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Aglomerados Subnormais** – Resultados preliminares. 2019. Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html>. Acesso em: 10 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas Saneamento:** abastecimento de água e esgotamento sanitário. 3ª ed. 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_saneamento/#/home. Acesso em: 15 março 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010: **Aglomerados subnormais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociências** – Base de Dados. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). **Base de dados**. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/. Acesso em: 05 out. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas:** banco de dados. 2022.Disponível em: <https://portal.inmetgov.br/normais#>. Acesso em: 05 set. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento em áreas irregulares nas grandes cidades brasileiras**. 2022.

JABAREEN, Y. A new conceptual framework for sustainable development. **Environmental Development and Sustainability**, v. 10, p. 179-192, abril, 2008. DOI: 10.1007/s10668-006-9058-z. Acesso em: 18 abril 2023.

KLIGERMAN, D. C. **Esgotamento sanitário**: de alternativas tecnológicas a tecnologias apropriadas – uma análise no contexto brasileiro. 122 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1995.

LEITE, C. H. P.; MOITA NETO, J. M.; BEZERRA, A. K. L. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 27, n. 4, set-out, 2022. DOI: 10.1590/S1413-415220210311. Acesso em: 01 maio 2023.

LEMOS, M. T. R. F. **Regularização e proteção contínua de cursos de água**. Projeto (Especialização) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. 2008. Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59147/1/000129595.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.

LIBRALATO, G.; GHIRARDINI, A. V.; AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal of Environmmental Management**, v. 94, p. 61-68, 2012. DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.07.010. Acesso em: 20 ago. 2023.

LOBATO, M.B. **Sistema de apoio à decisão para planejamento, implementação e gestão de ações estruturais de sistema convencional e único alternativo de esgotamento sanitário e drenagem urbana para municípios**. 435 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

MADRID, F. J. P. L. *et al*. Vermifiltração: o uso de minhocas como uma nova alternativa para o tratamento de esgoto. **Revista DAE**, Edição Especial v. 67, n. 220, p. 128-140, nov. 2019. DOI: 10.4322/dae.2019.060. Acesso em: 10 set. 2023.

MAHEEPALA, S. *et al*. **Towards the Adoption of Integrated Urban Water Management for Planning**. Proceedings of the Water Environment Federation, v. 9, p. 6734-6753, 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia Científica**. 8 ed. Barueri: Atlas, 2022. E-book. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/. Acesso em: 30 abril 2023.

MELO, J. C. **Sistema Condominial**: uma resposta ao desafio da universalização do saneamento. Brasília: Gráfica Qualidade, 2008.

MELO, J. C. **The Experience of Condominial Water and Sewerage Systems in Brazil**: Case Studies from Brasilia, Salvador and Parauapebas. Lima: The World Bank, 2005.

MGUNI, P.; HERSLUND, L; JENSEN, M.B. Sustainable urban drainage systems: examining the potential for green infrastructure-based stormwater management for Sub-Saharan cities. **Natural Hazards**, v. 82, n. 2, p.S241-S257. DOI: 10.1007/s11069-016-2309-x. Acesso em: 18 abril 2023.

MITCHELL, V. G. **Integrated urban water management**: a review of current Australian practice. Highett: CSIRO Manufacturing and Infrastructure Technology, 2004. DOI: 10.25919/3bhs-5x02. Acesso em: 18 abril 2023.

MOURA, L.; LANDAU, E. C.; FERREIRA, A. M. Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. In: LANDAU, E.C.; MOURA, L. **Variação Geográfica do Saneamento Básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Brasília: EMBRAPA, 2016, p.189-211 Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1063680/variacao-geografica-do-saneamento-basico-no-brasil-em-2010-domicilios-urbanos-e-rurais. Acesso em: 25 abril 2023.

NASCIMENTO, G. A. **Saneamento básico em áreas urbanas pobres** – Planejamento e gestão de programas na região sul do Brasil. 230 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NIEMCZYNOWICZ, J. Urban hydrology and water management – present and future challenges. **Urban Water**, v.1, p. 1-14, 1999. DOI: 10.1016/S1462-0758(99)00009-6. Acesso em: 18 abril 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Transformando Nosso Mundo**: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Tradução: Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf. Acesso em 01 abril 2023.

PARANÁ. Decreto n° 9.878. Altera o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental do Passaúna (APA Estadual do Passaúna) [...] Curitiba: **Diário Oficial do Estado**. 2021.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. Portaria nº 130 de 5 de maio de 2020. Curitiba: Diário Oficial do Estado, 2020.

PARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. Portaria nº 46, de 16 de outubro de 2015. Curitiba: Diário Oficial do Estado, 2015.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA). Manual de drenagem urbana: Região Metropolitana de Curitiba-PR. 2002.

PARANÁINTERATIVO. **Base de dados**. Disponível em: https://paranainterativo.pr.gov.br/. Acesso em: 05 maio 2023.

PATERSON, C.; MARA, D.; CURTIS, T. Pro-poor sanitation technologies. **Geoforum**, v. 38, p. 901-907, 2007. DOI:10.1016/j.geoforum.2006.08.006. Acesso em: 10 out. 2023.

PENTEADO, M. B. A. **Desenvolvimento de ferramenta de auxílio para tomada de decisão em drenagem urbana convencional e sustentável**. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, 2023.

PHILIPPI JUNIOR, A; MALHEIROS, T. F. Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente. *In*: JUNIOR, A.P. (ed.). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 2ª ed. Barueri: Manole, 2018. E-book. p. 913-949. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555761337/. Acesso em: 27 fev. 2023.

PHILIPPI JUNIOR, A.; MALHEIROS, T. F.; AGUIAR, A. O. Importância do uso de indicadores de sustentabilidade. *In*: JUNIOR, A.P. (ed.). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 2ª ed. Barueri: Manole, 2018. E-book. p. 913-949. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555761337/. Acesso em: 27 fev. 2023.

PORTAL GEOPR. **Base de dados**. Disponível em: https://geopr.iat.pr.gov.br/portal/home/. Acesso em: 04 abril 2023.

RACIN, J. A.; HOOVER, T. P.; AVILA, C. M. C. **California bank and shore rock slope protection design:** Practitioner's Guide and Field Evaluations of Riprap Methods. Califórnia: California Department of Transportation. 2000.

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. In: RIGHETTO, A.M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 19-73.

RUANGPAN, L. *et al*. Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 20, n. 1, p. 243–270, 2020. DOI: 10.5194/nhess-20-243-2020. Acesso: 18 abril 2023.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTIAGO, A. F. **Sistema condominial de coleta de esgoto e tratamento em decanto-digestor seguido de alagados construídos**. Estudo de caso: município de Nova Redenção – BA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

SANTOS, D. C. **Saneamento para gestão integrada das águas urbanas**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SÃO PAULO (Município). Prefeitura Municipal. **Instrução de Projetos** – 02/2004 Classificação das vias. 2004.

SÃO PAULO (Município). Prefeitura Municipal. **Manual de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais**: Aspectos tecnológicos: diretrizes para projetos. São Paulo: SMDU, 2012.

SAVENIJE, H. H. G.; VAN DER ZAAG, P. Integrated water resources management: Concepts and issues. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 33, n. 5, p. 290-297, 2008. DOI: 10.1016/j.pce.2008.02.003. Acesso em: 18 abril 2023.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). **Base de dados**. 2014. Disponível em: https://geosgb.sgb.gov.br/. Acesso em: 10 out. 2023.

SINGH, R.; BHUNIA, P.; DASH, R. R. A mechanistic review on vermifiltration of wastewater: Design, operation and performance. **Journal of Environmental Management**, v. 197, p. 656-672, jul. 2017. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.04.042. Acesso em: 10 set. 2023.

SOUZA, C.A.; ABDALA, K.O. Sustentabilidade, do conceito à análise. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v.10, n.2, p. 146-166, 2020. Disponível em: https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/1985. Acesso em: 04 fev. 2024.

SOUZA, C. M. N. Participação dos cidadãos e saneamento básico: panorama da legislação nacional. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, v. 63, p.141-158, 2016. DOI:10.11606/issn.2316-901X.v0i63p141-158. Acesso em: 10 out. 2023.

SOUZA, C.S.; SAMORA, P.R. Urbanização precária: descontinuidades e impactos das políticas habitacionais nos assentamentos consolidados da Região Metropolitana de Curitiba. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 14, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2175-3369.014.e20210218. Acesso em: 04 fev. 2024.

SOUZA, L. M. **Saneamento Básico em Assentamentos Precários**: um desafio à universalização dos serviços - Discussão a partir do caso da comunidade Lagoa Azul 2 (Jacareí-SP). 137 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale da Paraíba, São José dos Campos, 2019.

SOUZA, R.V.B; ROCHA, P.C. Inundações e conceitos correlatos: revisão bibliográfica e análise comparativa. *In:* CARVALHO JÚNIOR, O.A. *et al.* (org.). **Revisões de Literatura de Geomorfologia Brasileira**. Brasília: Universidade de Brasília, 2022. E-book. p. 265–277. Disponível em: http://caliandra.ich.unb.br. Acesso em: 20 dez. 2023.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). **Base de dados**. 2000. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais. Acesso em: 06 abril 2023.

TETO. **Relatório Socioeconômico Favorita 2018**. TETO PARANÁ, 2018.

TILLEY, E. *et al*. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies**. 2 ed. EAWAG, 2014. Disponível em: https://www.eawag.ch/en/department/sandec/publications/compendium/. Acesso em: 08 junho 2023.

TONETTI, A. L. *et al*. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: UNICAMP. 2018. E-book. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%C3%A9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avençados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008a. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295. Acesso em: 10 abril 2023.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas: interface no gerenciamento. *In*: JUNIOR, A.P. (ed.). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 2ª ed. Barueri: Manole, 2018. E-book. p. 913-949. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555761337/. Acesso em: 27 fev. 2023.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da Drenagem Urbana**. Brasília: CEPAL. 2012.

TUCCI, C. E. M. Gestão Integrada das Águas Urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina – REGA**, v. 5, n. 2, p. 71-81, jul./dez., 2008b. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=72&SUMARIO=863. Acesso em: 10 abril 2023.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). **Global Framework for Urban Water, Sanitation and Hygiene.** New York: UNICEF, 2019.
UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **State of the World's Sanitation**: An urgent call to transform sanitation for better health, environments, economies and societies. New York: UNICEF e WHO, 2020.

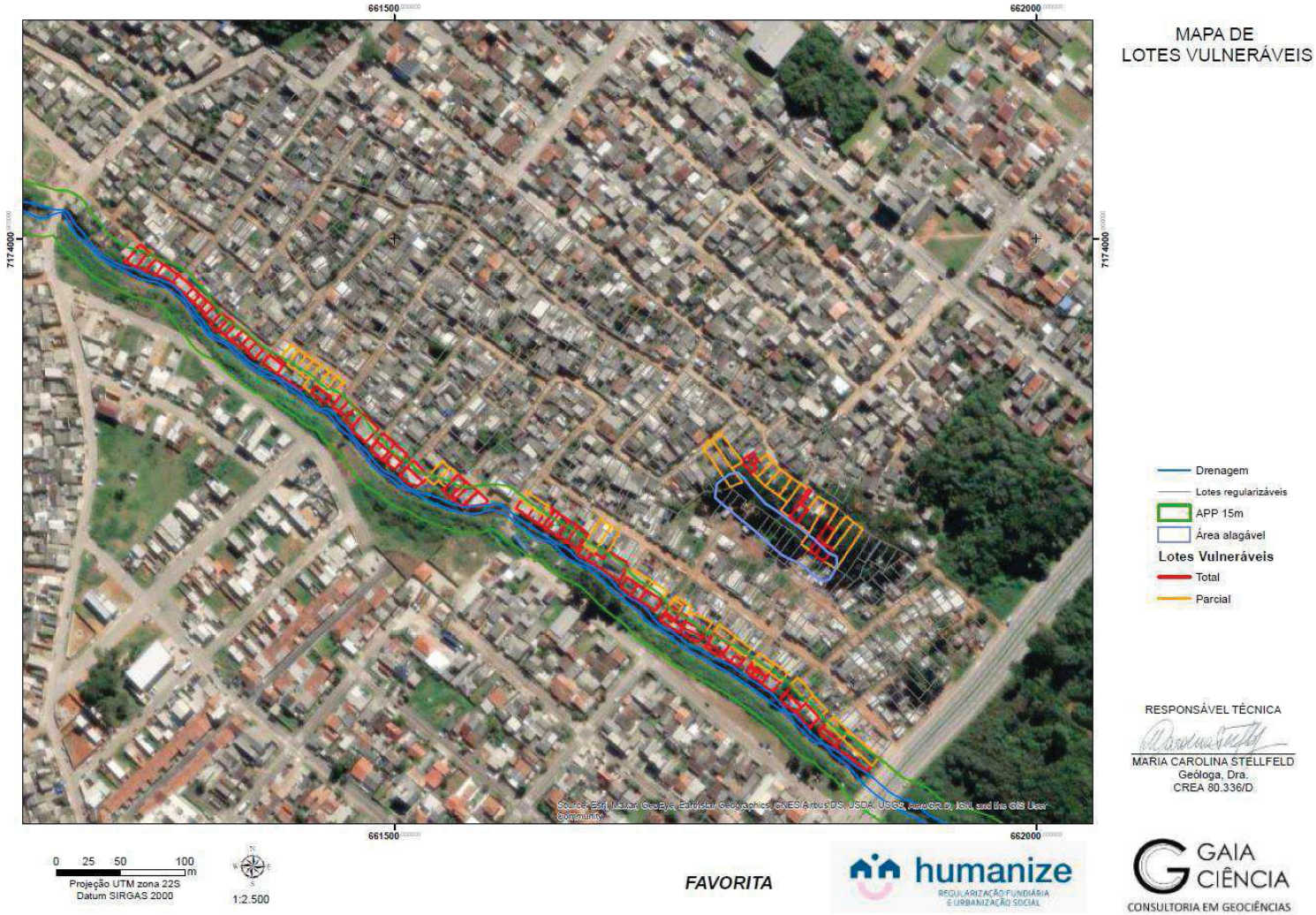
UNITED STATES OF AMERICA. **Public Law 115-436-Jan. 14, 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.congress.gov/115/plaws/publ436/PLAW-115publ436.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

VAN DER STEEN, P.; HOWE, C. Managing water in the city of the future; strategic planning and science. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology,** v. 8, p. 115–12, 2009. DOI: 10.1007/s11157-009-9154-2. Acesso em: 15 out. 2023.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belho Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v.1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.

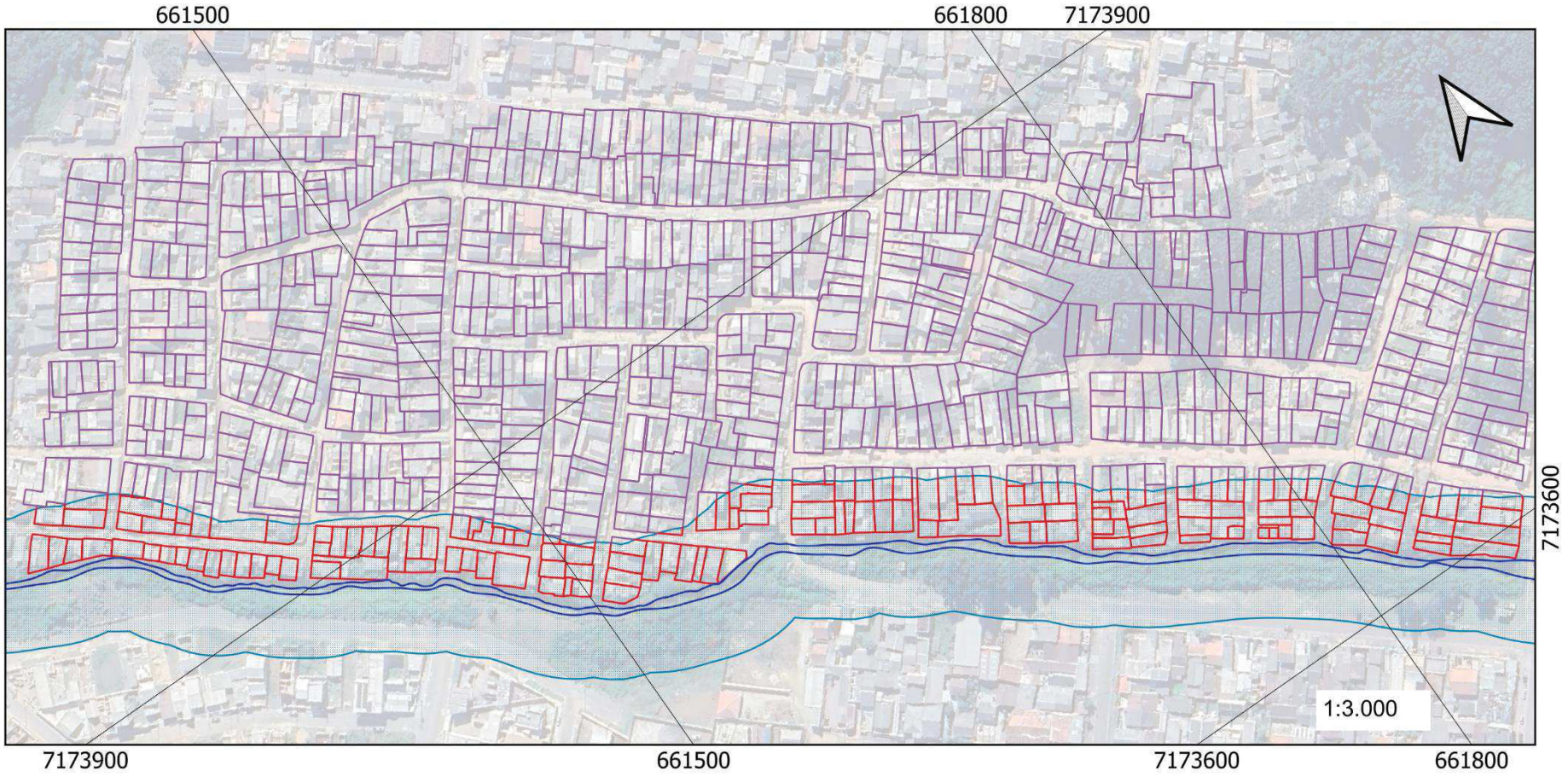
WOODS BALLARD, B. *et al*. **The SUDS Manual**. London: CIRIA, 2015.

ANEXO 1 – ÁREA ALAGÁVEL



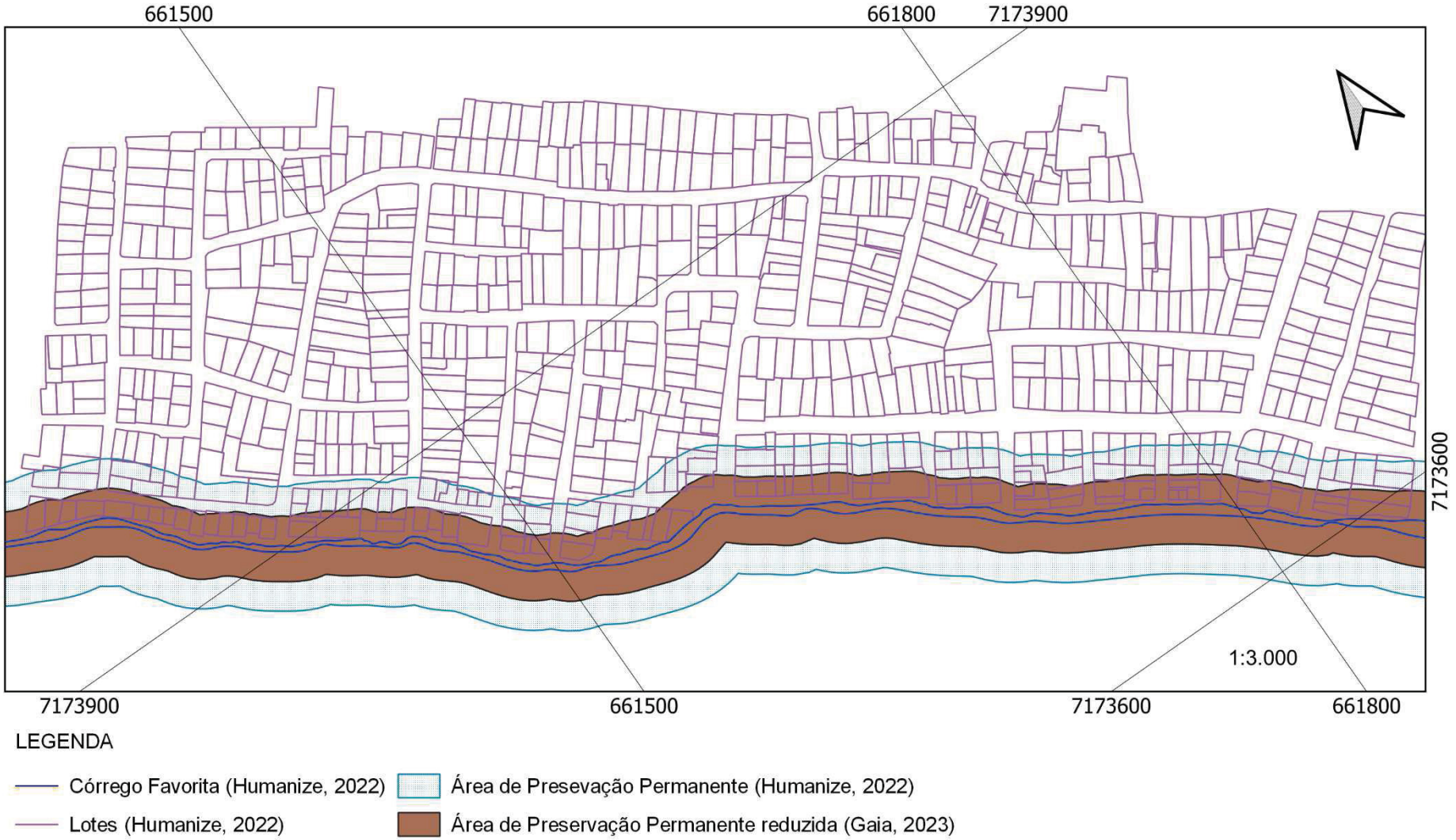
FONTE: GCCG (2023)

APÊNDICE 1 - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA COMUNIDADE FAVORITA



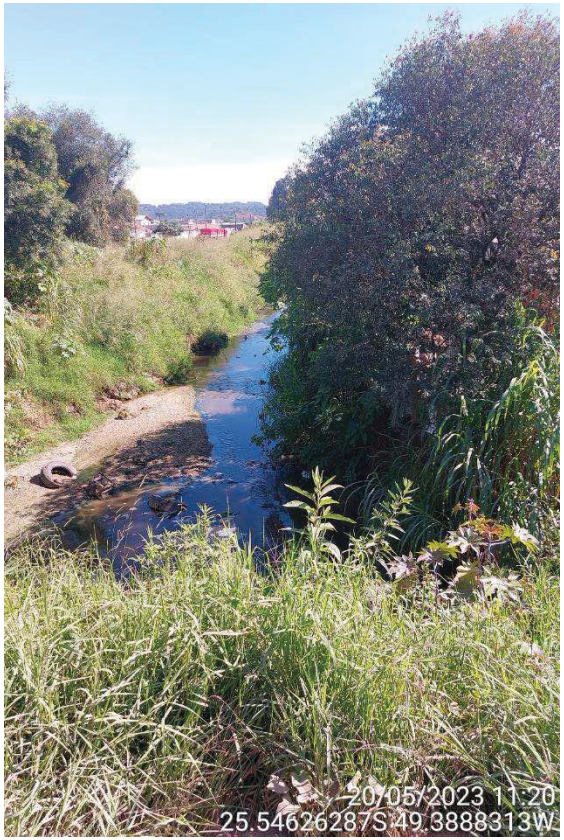
Fonte de dados: Humanize (2022)

APÊNDICE 2 - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE REDUZIDA (15 M)



APÊNDICE 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

a) Trecho inicial do Córrego

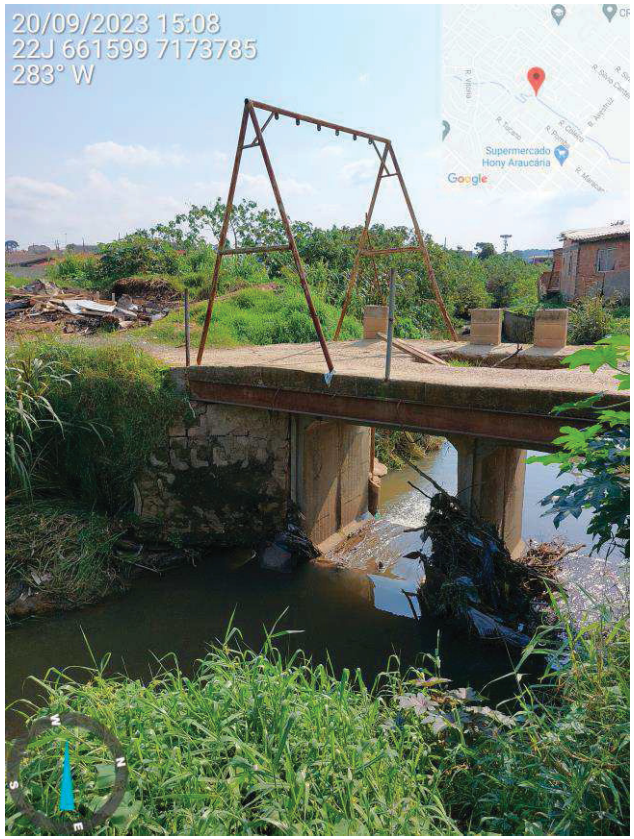


b) Ocupação da área



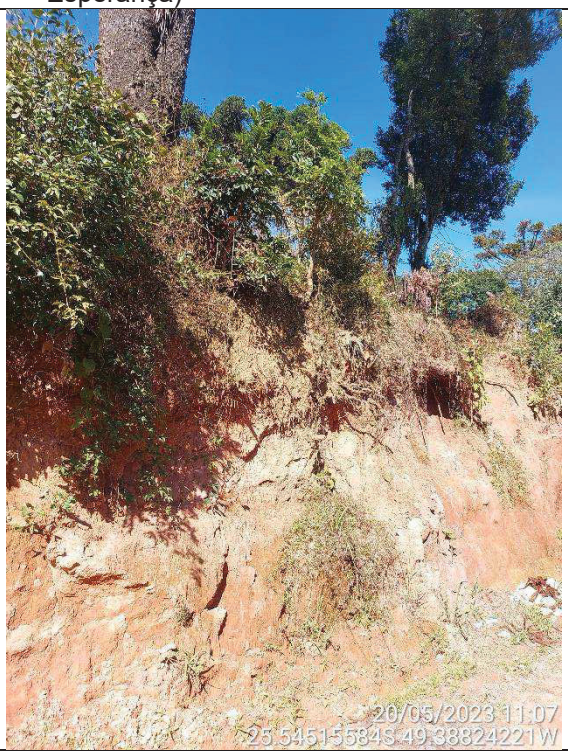
c) Ocupação da área



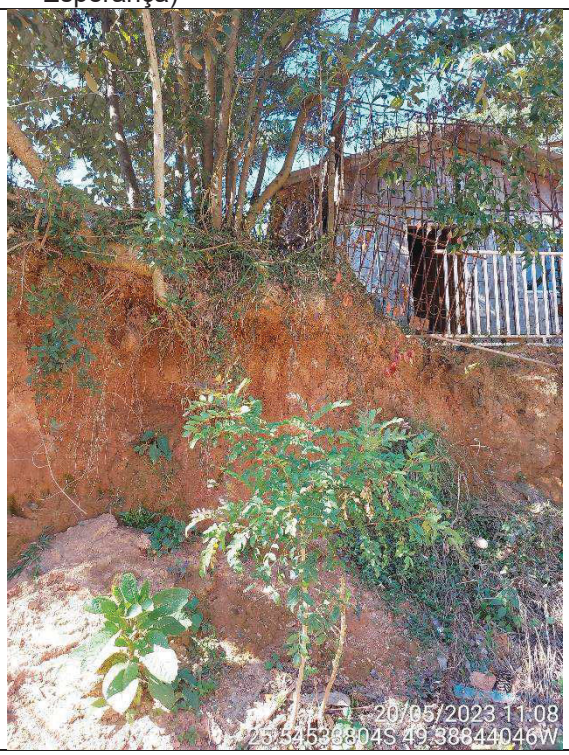
d) Resíduos no leito do córrego	e) Avanço de aterro na APP	f) Ponte sobre o Córrego Favorita
		

APÊNDICE 4 – FOTOGRAFIAS PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO

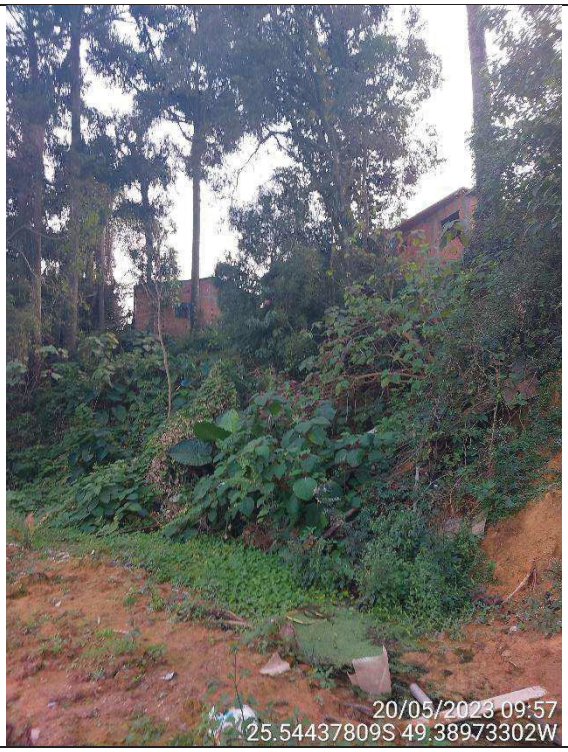
a) Geologia e geomorfologia: Talude 2 (Rua Esperança)



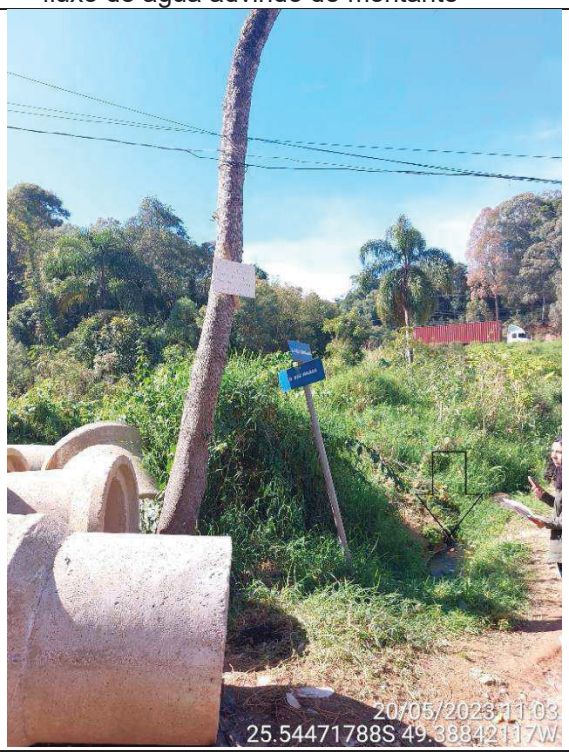
b) Geologia e geomorfologia Talude 2 (Rua Esperança)

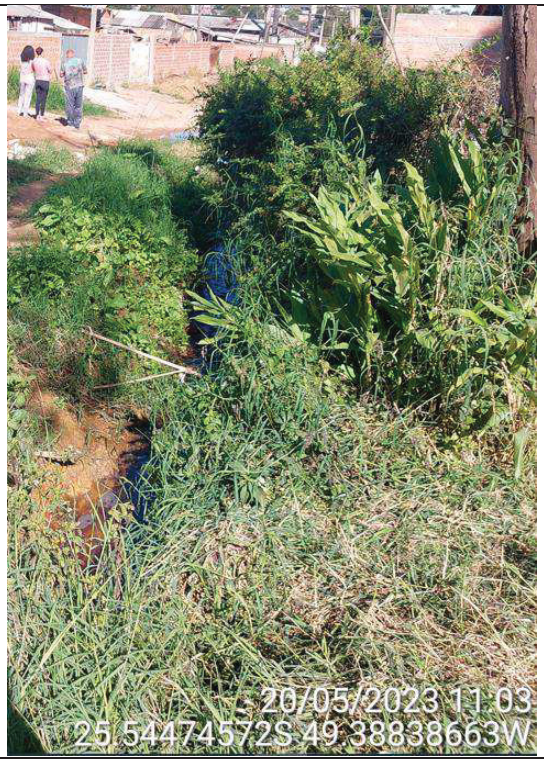


c) Geologia e geomorfologia Talude 1, (fundos dos lotes da R. Água Espraiada)

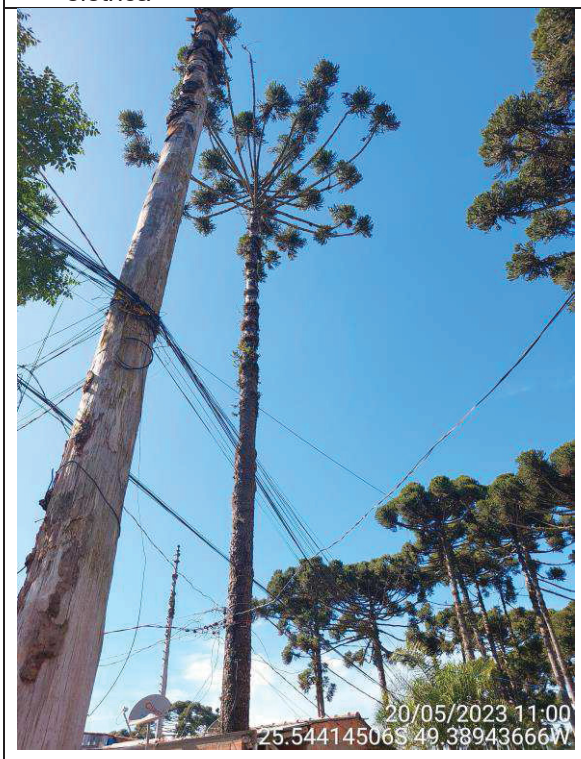
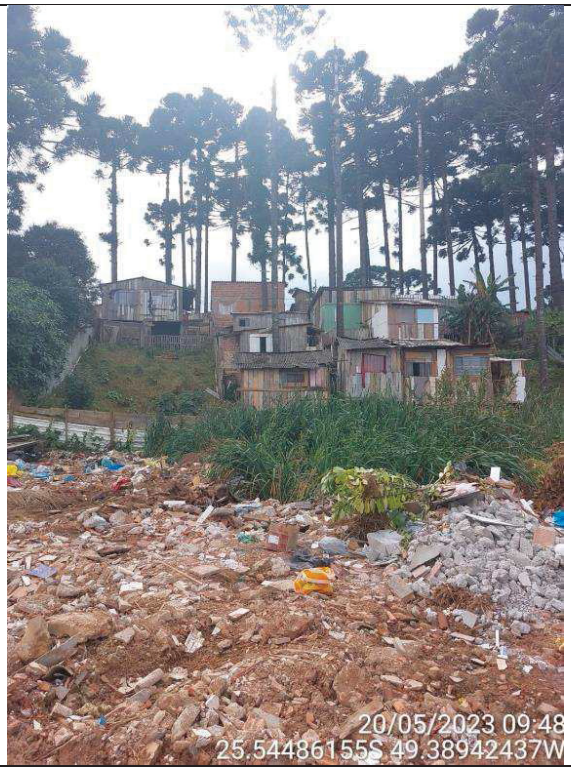


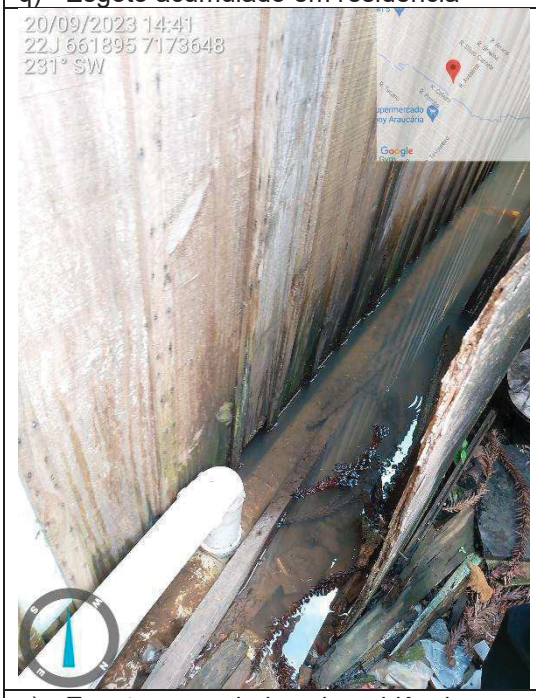
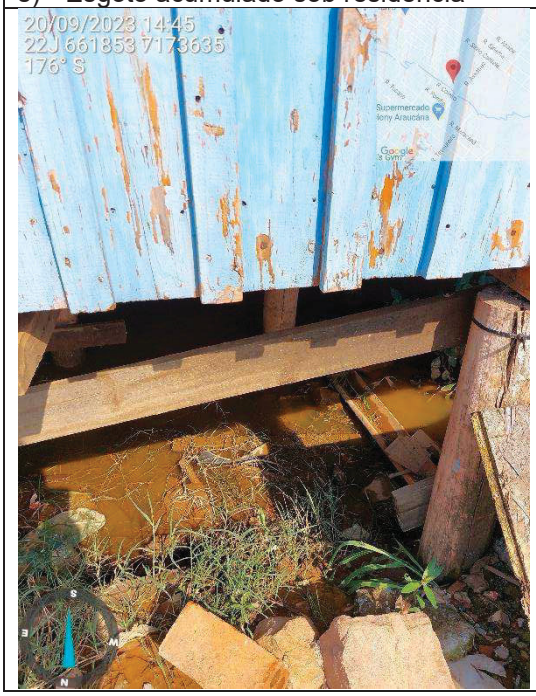
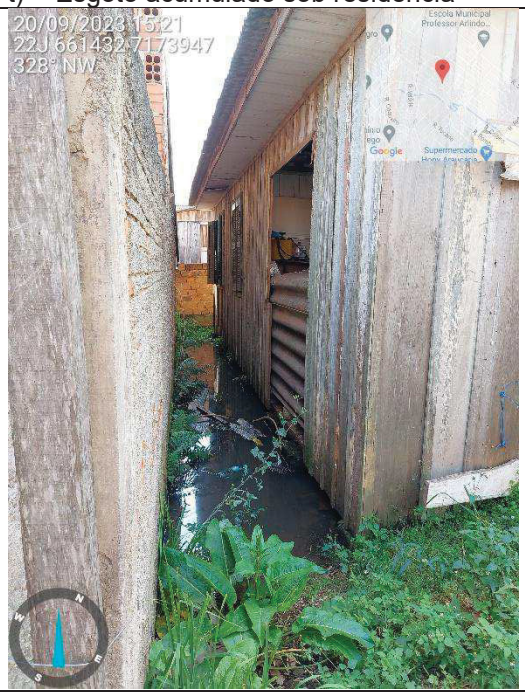
d) Recursos Hídricos: Esquina entre a Rua Dois Irmãos e Água Espraiada, apresentando fluxo de água advindo de montante



e) Recursos Hídricos: Fluxo de água do curso hídrico desviado, na rua Água Espraiada	f) Resíduos acumulados sobre o curso hídrico
	
g) Recursos hídricos: Fluxo de água no início da rua Dois Irmãos em vala, do curso hídrico desviado	h) Recursos hídricos: Tubulação de esgoto sanitário com lançamento no curso
	

i) Área úmida	j) Área úmida
	
k) Área úmida	l) Araucárias na área úmida/talude 1
	

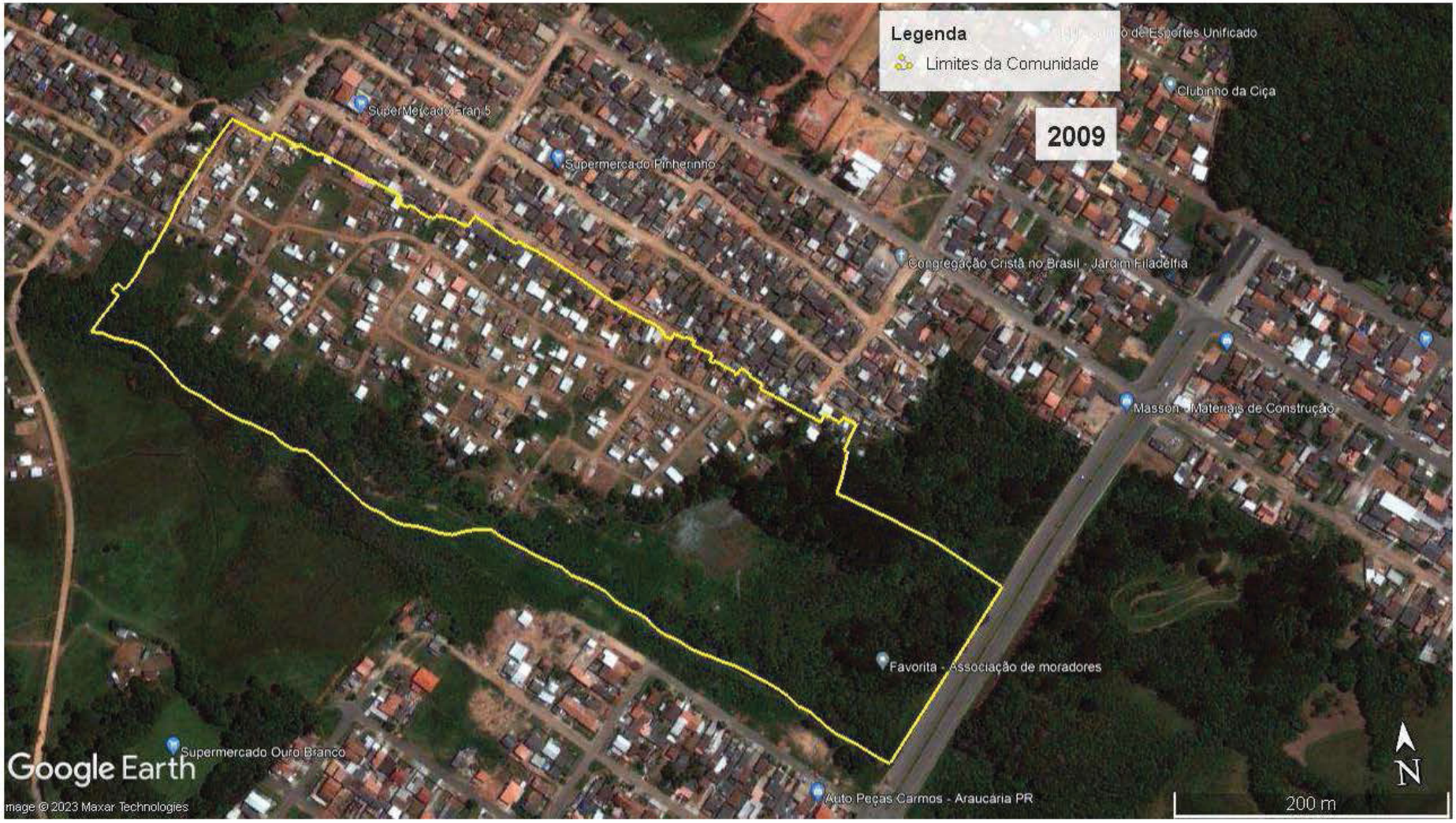
m) Araucárias utilizadas como apoio para rede elétrica	n) Resíduos sólidos descartados indevidamente
	
o) Vestígios de queima de resíduos	p) Esgoto a céu aberto, escoando em manilha de drenagem
	

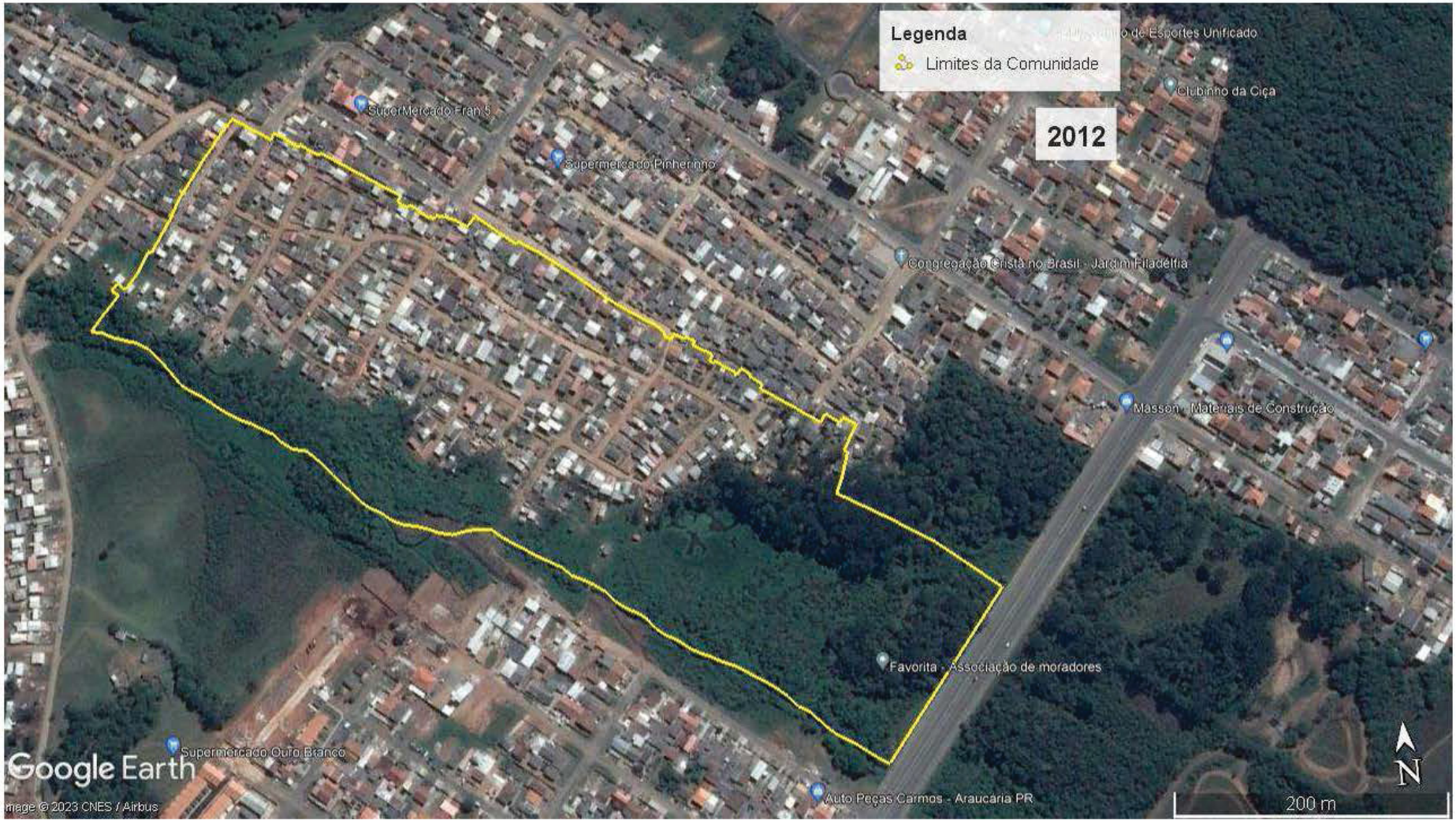
q) Esgoto acumulado em residência	r) Caixa construída pelos moradores
	
s) Esgoto acumulado sob residência	t) Esgoto acumulado sob residência
	

APÊNDICE 5 – OCUPAÇÃO DA COMUNIDADE AO LONGO DOS ANOS

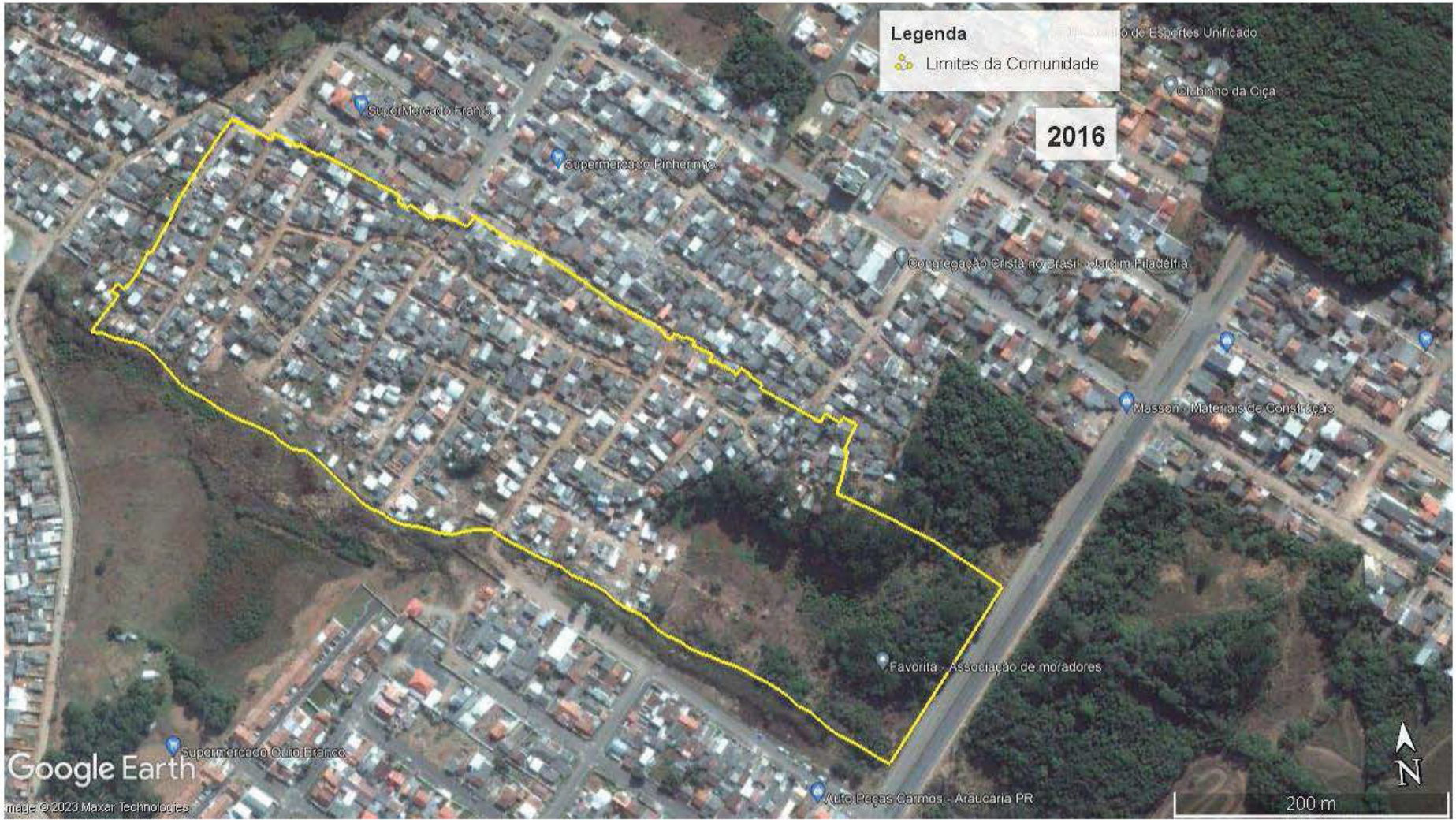



Legenda
Limites da Comunidade
2006
SuperMercado Fran's
Supermercado Pinherinho
Clubinho da Ciça
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 Maxar Technologies
300 m
N


Legenda
Limites da Comunidade
2009
Clubinho da Ciça
Supermercado Pinherinho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 Maxar Technologies
200 m
N


Legenda
Limites da Comunidade
2012
Clubinho da Ciça
SuperMercado Fran 5
Supermercado Pinheirinho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 CNES / Airbus
N
200 m


Legenda
Limites da Comunidade
2014
Clubinho da Ciça
Supermercado Pinherinho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 Maxar Technologies
N
200 m


Legenda
Limites da Comunidade
2016
Clubinho da Ciça
Supermercado Pinheirinho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 Maxar Technologies
200 m
N


Legenda
Limites da Comunidade
2018
Clubinho da Ciça
Supermercado Pinheirinho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Extenco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 CNES / Airbus
200 m
N


Legenda
Limites da Comunidade
2020
Clubinho da Ciça
SuperMercado Fran 5
Supermercado Pinheirinho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 Maxar Technologies
N
200 m


Legenda
Limites da Comunidade
2021
Clubinho da Ciça
Supermercado Pinheirinho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Fiorentina
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 Airbus
200 m
N


Legenda
Limites da Comunidade
2023
Clubinho da Ciça
SuperMercado Fran 5
Supermercado Pinhermho
Congregação Cristã no Brasil - Jardim Filadélfia
Masson - Materiais de Construção
Favorita - Associação de moradores
Supermercado Ouro Branco
Auto Peças Carmos - Araucária PR
Google Earth
Image © 2023 Airbus
N
200 m

APÊNDICE 6 – LOTEAMENTO E ARRUAMENTO DA COMUNIDADE FAVORITA



APÊNDICE 7 – MEMORIAL DE CÁLCULO DE CONCEPÇÃO INICIAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Dimensionamento tanque séptico (TS)		
População	2.289	hab
Contribuição de esgoto per capita*	100	L/hab.dia
Contribuição diária - calculado	228.900	L
Contribuição de lodo per capita*	1	L/hab.dia
Período de detenção*	0,5	dias
Intervalo entre limpezas - adotado	1	anos
Taxa de acumulação de lodo (K)*	57	dias
Volume útil total - calculado	245.923	L
Profundidade útil mínima*	1,8	m
Diâmetro necessário - calculado	13,20	m
Área do dispositivo - calculada	136,85	m²
NOTA: Dimensionamento conforme NBR 7229/93		
LEGENDA: *Valores adotados da NBR 7229/93		

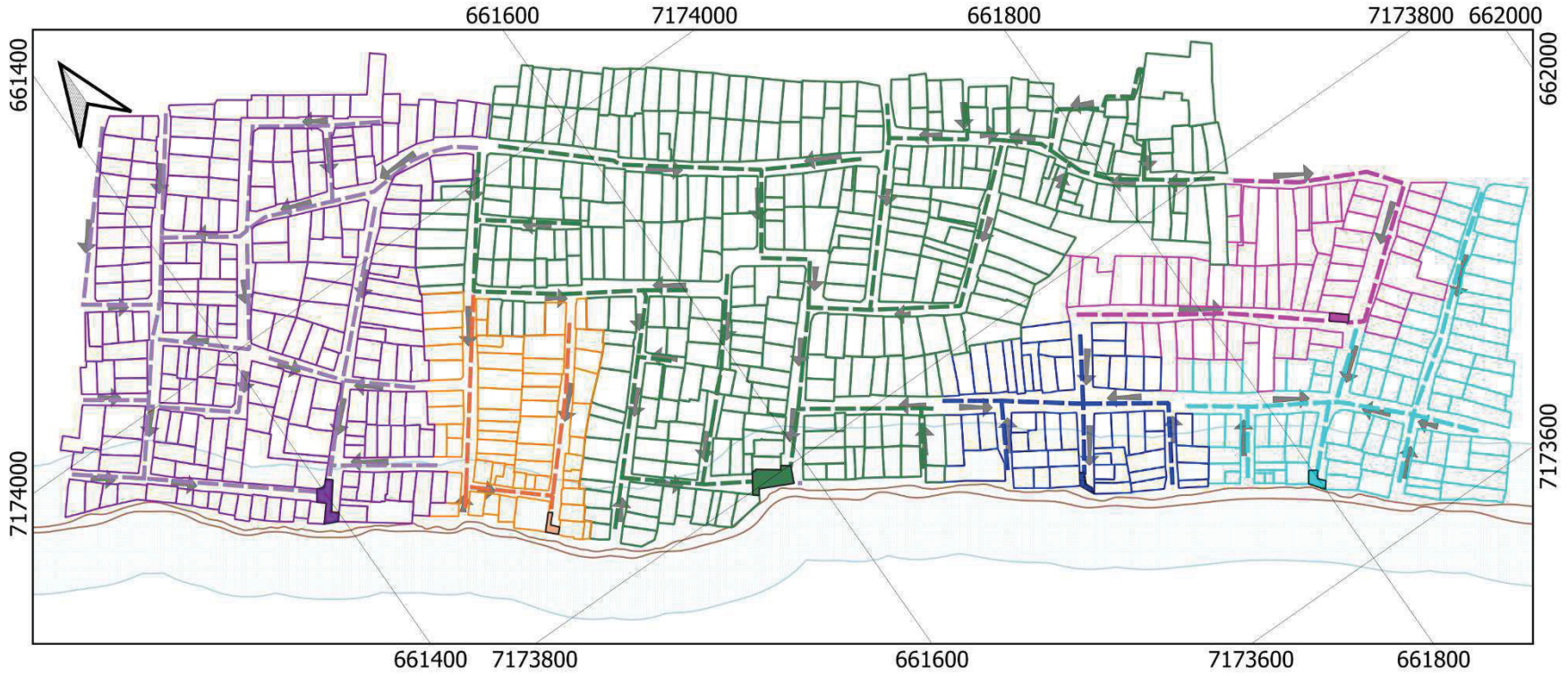
Dimensionamento filtro anaeróbio (FA)		
População	2.289	hab
Contribuição de esgoto per capita*	100	L/hab.dia
Tempo de detenção hidráulica*	0,75	dias
Volume útil do leito filtrante - calculado	274.680	L
Altura total do leito filtrante*	1	m
Diâmetro necessário - calculado	18,80	m
Área do dispositivo - calculada	277,59	m²
NOTA: Dimensionamento conforme NBR 13969/97		
LEGENDA:*Valores adotados considerando a NBR 13969/97		

Dimensionamento vala de filtração (VF)		
Taxa de aplicação do efluente*	2289	L/dia.m²
Largura da vala*	1	m
Contribuição de esgoto - calculada	228.900	L/dia
Comprimento da vala - calculado	100	m
Comprimento necessário de vala (uso alternado)	200	m
Área necessária de vala (uso alternado)	200	m²
NOTA: Dimensionamento conforme NBR 13969/97		
LEGENDA: *Valores adotados considerando a NBR 13969/97		

Dimensionamento SAC fluxo vertical		
Taxa de aplicação hidráulica superficial máxima*	0,12	m³/(m².dia)
Contribuição de esgoto - calculada	228,9	m³/dia
Área necessária - calculada	1907,5	m²
NOTA: Dimensionamento conforme sugerido por Von Sperling e Sezerino (2018)		
LEGENDA *Valor adotado considerando Von Sperling e Sezerino (2018)		

NOTA: Foram adotadas recomendações de dimensionamento presentes nas normativas brasileiras, quando existentes nestas, para a concepção inicial devido à facilidade de aplicação destas recomendações e à maior tolerância para um dimensionamento inicial. Para projetos executivos, recomenda-se a utilização de fontes mais atuais para o dimensionamento dos dispositivos.

APÊNDICE 8 – REDE DE ESGOTAMENTO PROPOSTA



APÊNDICE 9 – MEDIDAS DE DRENAGEM PROPOSTAS

