

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Camila Dalmaz Quillfeldt

**Estudo sobre o Saneamento da Aldeia *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (Aldeia Feliz), Major
Gercino/SC: Diagnóstico sobre o Saneamento e Proposições de Soluções para o
Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Aldeia**

FLORIANÓPOLIS

2021

Camila Dalmaz Quillfeldt

**Estudo sobre o Saneamento da Aldeia *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (Aldeia Feliz), Major
Gercino/SC: Diagnóstico sobre o Saneamento e Proposições de Soluções para o
Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Aldeia**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.
Orientador: Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Quillfeldt, Camila Dalmaz

Estudo sobre o Saneamento da Aldeia Mbyá-Guarani Tekoá V'ya (Aldeia Feliz), Major Gercino/SC : Diagnóstico sobre o Saneamento e Proposições de Soluções para o Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Aldeia / Camila Dalmaz Quillfeldt ; orientador, Rodrigo de Almeida Mohedano, 2021.

118 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental,
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Saneamento básico. 3. Saúde. 4. Aldeias Indígenas Guarani. 5. Tecnologias Sociais. I. de Almeida Mohedano, Rodrigo . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Camila Dalmaz Quillfeldt

**Estudo sobre o Saneamento da Aldeia *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (Aldeia Feliz), Major
Gercino/SC: Diagnóstico sobre o Saneamento e Proposições de Soluções para o
Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Aldeia**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de
“Engenheira Sanitarista e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 13 de maio de 2021.

Prof. Maria Elisa Magri, Dra.

Coordenadora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Banca Examinadora:

Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Maria Elisa Magri, Dra.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Paulo Belli Filho, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais e
à Aldeia *V'ya*, Major Gercino/SC.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de agradecer aos meus pais, Carla e Jorge, a minha irmã, Sofia, ao meu namorado, Ícaro, a minha família e a todos os meus amigos, por todo apoio, carinho e incentivo durante minha trajetória. Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me ensinaram a importância de buscar o conhecimento genuíno, que são meus exemplos de dedicação e amor pelo que fazem, e que possibilitaram, apoiaram e incentivaram cada passo da minha jornada acadêmica.

Sou grata a o todo time da Associação Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Florianópolis, em especial aos envolvidos neste projeto, Jamile, Manoela, Giulia, Francilene, Samuel, Alesandra, Débora e Leticia, por tornarem possível este trabalho, com muita paixão e dedicação.

Dedico este trabalho à Aldeia *V'ya* e toda sua comunidade, que nos recebeu de braços abertos, com muita disposição e carinho. Agradeço especialmente ao Cacique e Pajé da aldeia, Sr. Arthur, à Vice-Cacique, Sra. Cecília e ao AISAN, Sr. Daniel. Não posso deixar de agradecer imensamente também ao Sr. João Batista da FUNAI, ao Sr. Helano da SESAI, ao Sr. Élcio da EPAGRI, aos Charles (Bagé) e Rafael do CEPAGRO, pela parceria e contribuição para tornar realidade este trabalho. Também agradeço ao Rodrigo, ao Caio e ao João da empresa Emboá pela parceria na realização do projeto.

Além disso, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina e a todos os professores da minha graduação, por tornarem possível minha formação. Também agradeço muito os professores Ramon e Bruno do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, por compartilharem seus conhecimentos e contribuírem efetivamente neste projeto. Finalmente, sou muito grata ao meu orientador Rodrigo, por todo o suporte, orientações e entusiasmo na conclusão deste trabalho.

“Essa dor talvez ajude as pessoas a responder se somos de fato uma humanidade. Nós nos acostumamos com essa ideia, que foi naturalizada, mas ninguém mais presta atenção no verdadeiro sentido do que é ser humano. É como se tivéssemos várias crianças brincando e, por imaginar essa fantasia da infância, continuassem a brincar por tempo indeterminado. Só que viramos adultos, estamos devastando o planeta, cavando um fosso gigantesco de desigualdades entre povos e sociedades. De modo que há uma sub-humanidade que vive numa grande miséria, sem chance de sair dela - e isso também foi naturalizado.”

(KRENAK, 2020)

RESUMO

O saneamento básico em comunidades indígenas do país apresenta baixo índice de atendimento, tanto individual, quanto centralizado. Como nos relata o Cacique da Aldeia Indígena *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (“Aldeia Feliz”), localizada em Major Gercino, Santa Catarina, a comunidade vive grandes dificuldades decorrentes da falta do abastecimento de água. Desta forma, este trabalho visa caracterizar o território indígena segundo questões socioeconômicas e ambientais, elaborar um diagnóstico dos quatro eixos do saneamento básico, e propor soluções para o abastecimento de água e esgotamento sanitário a partir da análise de critérios técnicos, sociais e econômicos. Para isto, foi realizada uma visita para levantamento de informações *in loco* da situação do saneamento, por meio de entrevistas, observações, e aerolevanteamento com aeronave remotamente pilotada (drone). As informações levantadas em campo foram analisadas e complementadas com coleta de dados, pesquisas e sensoriamento remoto da área. O diagnóstico do saneamento na Aldeia *V'ya* determinou que há um sistema de abastecimento de água inadequado, não há vazão suficiente para atender à demanda da população, o sistema é precário e se encontra com falhas de dimensionamento e falta de manutenção, evidenciando a urgência da instalação de um sistema de abastecimento de água apropriado por meio de fontes alternativas de água. Além disso, a comunidade não possui módulos sanitários suficientes e adequados, há pontos de lançamento de efluente sem tratamento no solo e, os sistemas de tratamento de esgoto que existem, se encontram danificados e sem a devida limpeza, apresentando extravasamentos, o que coloca a saúde dos moradores em risco. Nota-se também a necessidade de programas de educação ambiental e manejo de resíduos sólidos, pois há apenas um contentor afastado das casas e que aparenta estar abandonado, sem coleta pela prefeitura. Além disso, a análise de risco de inundações apresentou os pontos de maior e menor risco, evidenciando a vulnerabilidade que a comunidade se encontra por conta de sua infraestrutura precária. A partir do diagnóstico do saneamento e de análises de critérios técnicos, sociais e econômicos, foram propostas soluções para o abastecimento de água e esgotamento sanitário na aldeia. Este trabalho poderá servir de base para o desenvolvimento de projetos de saneamento na Aldeia *V'ya* e está alinhado com a Agenda 2030, com enfoque no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 (Água potável e Saneamento).

Palavras-chave: Saneamento básico. Saúde. Aldeias Indígenas Guarani. Tecnologias Sociais.

ABSTRACT

Basic sanitation in Brazilian indigenous communities has a low level of care, both individual and centralized solutions. As the Chief of the Indigenous Village *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (“Happy Village”), located in Major Gercino, Santa Catarina, tells us, the community is experiencing great difficulties due to the lack of water supply. Therefore, this work aims to characterize the indigenous territory according to socioeconomic and environmental issues, to elaborate a diagnosis of the four axes of basic sanitation, and to propose solutions for water supply and sanitation from analysis of technical, social and economic criteria. In order to accomplish this, a visit was made to investigate the sanitation situation *in loco*, through interviews, observations, and aerial survey with a remotely piloted aircraft (drone). The information collected in the field was analyzed and complemented with data collection, research and remote sensing of the area. The diagnosis of sanitation in *V'ya* Village determined that there is an inadequate water supply system, there is not enough flow to meet the demand of the population, the system is precarious, has flaws in sizing and lacks maintenance, highlighting the urgency of an appropriate water supply system installation through alternative water sources. In addition, the community does not have sufficient and adequate sanitary modules available, there are points of discharge of effluent without treatment in the soil, and the existing sewage treatment systems are mostly damaged and without proper cleaning, showing leaks, which puts the health of residents at risk. There is also a need for environmental education and solid waste management programs, as there is only one container located far from the houses and which appears to be abandoned, without collection by the city services. As for the management of rainwater, the flood risk analysis showed the points of highest and lowest risk, showing the vulnerability that the community finds itself due to its precarious infrastructure. Based on the diagnosis of sanitation and the analysis of technical, social and economic criteria, solutions were proposed for water supply and sanitation in the village. This work can serve as a basis for the development of sanitation projects in *V'ya* Village and is aligned with the 2030 Agenda, focusing on Sustainable Development Objective 6 (Drinking Water and Sanitation).

Keywords: Basic sanitation. Health. Guarani Indigenous Villages. Social Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resumo do fornecimento de água nas aldeias indígenas de SC (N=10.449).	26
Figura 2 - Tipo de tratamento de água nas aldeias indígenas de SC, (N=10.449).	27
Figura 3 - Sistema de balsas flutuantes e painéis fotovoltaicos para bombear a água.	33
Figura 4 - Fonte Modelo Caxambu.	34
Figura 5 - Esquema da proposta de proteção de fonte Modelo Caxambu.....	35
Figura 6 - Carneiro Hidráulico: (A) Esquema; (B) Carneiro Hidráulico montado pela Epagri.	36
Figura 7 - Cisterna Subterrânea Contendo Areia: (A) Esquema; (B) Fotos da instalação com geomembrana; (C) Finalização da Cisterna Subterrânea Contendo Areia.	37
Figura 8 - Cisterna-calçadão de captação de água da chuva.	37
Figura 9 - Filtração em Margem em perfil do terreno em uma seção transversal de rio. H = Altura do nível d'água mínimo até a margem do rio; NAMín = Nível d'água mínimo.	38
Figura 10 - Filtro Ecológico Alternativo: (A) Esquema; (B) Foto da tecnologia.	39
Figura 11 - Esquema da proposta de tratamento da água - Filtro Lento: (A) Processo de Filtração; (B) Processo de Retrolavagem.	40
Figura 12 - Clorador simplificado desenvolvido pela FUNASA.	41
Figura 13 - Desinfecção por: (A) SODIS em Bangladesh; (B) Aqualuz (C) Potabilizador Solar.....	42
Figura 14 - Sistema Tanque Séptico (Fossa Séptica) e Filtro Anaeróbio.....	44
Figura 15 - Classificação dos <i>Wetlands</i> Construídos com destaque para as modalidades mais recorrentes no Brasil.....	45
Figura 16 – Bacia de Evapotranspiração construída em comunidade caiçara de Paraty/RJ pelo Projeto Observatório de Territórios Saudáveis e Sustentáveis da Bocaina.	46
Figura 17 - Esquemas de Círculo de Bananeiras.....	47
Figura 18 - Banheiro Seco modelo Bason.....	48
Figura 19 - Fluxograma Metodológico.....	49

Figura 20 - Mapa de Localização da Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC.	58
Figura 21 - Mapa de Organização da Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC.....	59
Figura 22 - Mapa de Altimetria e Hidrografia da Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC.....	60
Figura 23 - Esboços de Santa Catarina: (A) Clima; (B) Relevo; (C) Geologia; (D) Vegetação.	61
Figura 24 - Mapa de Abastecimento de Água da Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC.	63
Figura 25 - Foto da nascente 1 da Aldeia <i>V'ya</i>	64
Figura 26 - Fotos da nascente 2 da Aldeia <i>V'ya</i>	65
Figura 27 - Foto do filtro da Aldeia <i>V'ya</i>	66
Figura 28 - Fotos de drone dos reservatórios da Aldeia <i>V'ya</i>	67
Figura 29 - Mapa dos Pontos de Distribuição de Água da Aldeia <i>V'ya</i>	68
Figura 30 - Fotos de pontos de distribuição de água da Aldeia <i>V'ya</i>	69
Figura 31 - Condições dos sistemas de tratamento de esgoto individual nas casas de alvenaria da Aldeia <i>V'ya</i> : (A) tubos de limpeza e inspeção; (B) caixa de gordura e tubos de inspeção; (C) caixa de gordura com tampa danificada; (D) afloramento de esgoto.....	70
Figura 32 - Fotos mostrando as condições dos MSD da Aldeia <i>V'ya</i>	71
Figura 33 - Fotos mostrando os pontos de lançamento de efluente não tratado no solo da Aldeia <i>V'ya</i>	72
Figura 34 - Foto mostrando a situação do contentor de resíduos sólidos da Aldeia <i>V'ya</i>	73
Figura 35 - Fotos mostrando a situação do descarte irregular de resíduos sólidos da Aldeia <i>V'ya</i>	74
Figura 36 - Mapa de Exposição da Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC.	76
Figura 37 - Fotos das diferentes estruturas das habitações na Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC: (A) alvenaria; (B) madeira menos vulnerável; (C) madeira mais vulnerável; (D) bambu; (E) pau-a-pique.	77
Figura 38 - Mapa de Infraestrutura da Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC.	78
Figura 39 - Mapa de Declividade da Aldeia <i>V'ya</i> , Major Gercino/SC.	79

Figura 40 - Mapa de Análise de Risco de Inundações da Aldeia V'ya, Major Gercino/SC. ...	80
Figura 41 - Esquema simplificado de Abastecimento de Água proposto para a Aldeia V'ya.	91
Figura 42 - Esquema simplificado da solução proposta para recalque da água - Carneiro Hidráulico.	92
Figura 43 – Proposta de distribuição dos sistemas de desinfecção de água - Aqualuz.	94
Figura 44 - Mapa de distribuição das soluções comunitárias propostas para a Aldeia V'ya.	102
Figura 45 - Esquema simplificado das Soluções Comunitárias (Banheiros Secos e Chuveiros): (A) Vista Superior; (B) Corte.	103
Figura 46 - Esquema simplificado das soluções individuais propostas para as casas de alvenaria da Aldeia V'ya.....	104
Figura 47 - Esquema simplificado das soluções individuais propostas para futuras casas. ...	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados dos Cálculos de Projeção Populacional e Demanda Diária de Água...82	82
Tabela 2 - Alternativas de fontes de água.....82	82
Tabela 3 - Alternativas de desinfecção de água.83	83
Tabela 4 - Critérios normalizados para analisar as alternativas de diferentes fontes de água. 84	84
Tabela 5 - Critérios normalizados para analisar as alternativas de desinfecção de água.85	85
Tabela 6 - Análise da Alternativa 1 (captação de água das nascentes) de fonte de água.86	86
Tabela 7 - Análise da Alternativa 2 (captação de água do rio) de fonte de água.86	86
Tabela 8 - Análise da Alternativa 3 (captação de água de poço de filtração em margem) de fonte de água.....87	87
Tabela 9 - Análise Multicritério da Alternativa 1 (Aqualuz) para Desinfecção de água.88	88
Tabela 10 - Análise Multicritério da Alternativa 2 (Potabilizador Solar) para Desinfecção de água.....88	88
Tabela 11 - Análise Multicritério da Alternativa 3 (Clorador Simplificado) para Desinfecção de água.....89	89
Tabela 12 - Alternativas para o tratamento de dejetos/águas negras.....95	95
Tabela 13 - Alternativas para o tratamento de águas cinzas.....95	95
Tabela 14 - Alternativas para o tratamento de esgoto doméstico.....95	95
Tabela 15 - Critérios normalizados para analisar as alternativas para o tratamento de dejetos/águas negras e de águas cinzas.96	96
Tabela 16 - Critérios normalizados para analisar as alternativas para o tratamento de esgoto doméstico.....97	97
Tabela 17 - Análise da Alternativa 1 (banheiro seco) para o tratamento de dejetos/águas negras.....98	98
Tabela 18 - Análise da Alternativa 2 (MSD) para o tratamento de dejetos/águas negras.98	98
Tabela 19 - Análise da Alternativa 1 (círculo de bananeiras) para o tratamento de águas cinzas.99	99

Tabela 20 - Análise da Alternativa 2 (<i>wetlands</i> construídos de fluxo horizontal) para o tratamento de águas cinzas.	99
Tabela 21 - Análise Multicritério para analisar a Alternativa 1 (fossa séptica e filtro anaeróbio) para o tratamento de esgoto doméstico.	100
Tabela 22 - Análise da Alternativa 2 (fossa séptica e <i>wetlands</i> construídos de fluxo horizontal) para o tratamento de esgoto doméstico.	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRASCO	Associação Brasileira de Saúde Coletiva
AISAN	Agente Indígena de Saneamento
ASA	Articulação Semiárido Brasileiro
BET	Bacia de Evapotranspiração
BH	Bacia Hidrográfica
BPA	Bisfenol A
CIS	Comissão Intersetorial de Saúde
CLT	Consolidação das leis do trabalho
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CTI	Centro de Trabalho Indigenista
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DESAI	Departamento de Saúde Indígena
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DSEIs	Distritos Sanitários Especiais Indígenas
DSEI-ISUL	Distrito Sanitário Especial Indígena – Interior Sul
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ESF	Engenheiros Sem Fronteiras
EWB	Engineers Without Borders
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDSM	Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá

INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITB	Instituto Trata Brasil
LAPOÁ	Laboratório de Potabilização de Água
MSD	Módulos sanitários domiciliares
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de alta densidade
PVC	Policloreto de vinila
RH	Região Hidrográfica
RS	Rio Grande do Sul
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SC	Santa Catarina
SED/SC	Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina
SEE/SC	Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina
SESAI	Secretaria Especial de Saúde Indígena
SESANI	Serviço de Edificações e Saneamento Ambiental Indígena
SIASI	Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNO	Secretaria dos Negócios do Oeste
SODIS	<i>Solar water DISinfection</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
TS	Tecnologia Social

TSGA Tecnologias Sociais para a Gestão da Água
UV-A Ultravioleta A
WHO World Health Organization

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	19
1.1.	OBJETIVOS	20
1.1.1.	Objetivo Geral.....	20
1.1.2.	Objetivos Específicos	20
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1.	SANEAMENTO BÁSICO	22
2.1.1.	Saneamento Básico, Meio Ambiente e Saúde Pública.....	22
2.1.2.	Saneamento Básico e suas Definições.....	24
2.2.	SAÚDE E SANEAMENTO EM TERRAS INDÍGENAS.....	25
2.2.1.	Saúde e Saneamento em Terras Indígenas no Brasil e em Santa Catarina ...	25
2.2.2.	Legislação a respeito da Saúde e do Saneamento em Terras Indígenas no Brasil	28
2.3.	POPULAÇÃO INDÍGENA <i>MBYÁ</i> -GUARANI	29
2.3.1.	História e Cultura <i>Mbyá</i>-Guarani.....	29
2.3.2.	<i>Tekoá V'ya</i> (“Aldeia Feliz”)	31
2.4.	TECNOLOGIAS SOCIAIS DE SANEAMENTO APLICADAS EM COMUNIDADES RURAIS	32
2.4.1.	Abastecimento de Água Potável	32
2.4.2.	Esgotamento Sanitário	42
3.	METODOLOGIA.....	49
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ALDEIA <i>V'YA</i>	50
3.2.	DIAGNÓSTICO DE SANEAMENTO DA ALDEIA <i>V'YA</i>	50
3.2.1.	Diagnóstico do Abastecimento de Água.....	51
3.2.2.	Diagnóstico do Esgotamento Sanitário	52
3.2.3.	Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos	52
3.2.4.	Diagnóstico do Manejo de Águas Pluviais.....	53
3.3.	PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES POR ANÁLISE de critérios técnicos, sociais e econômicos	54
3.3.1.	Projeção Populacional e Cálculo de Demanda de Água.....	54
3.3.2.	Análise de Critérios Técnicos, Sociais e Econômicos	55
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ALDEIA <i>V'YA</i>	57

4.1.1.	Localização	57
4.1.2.	Caracterização Socioeconômica	58
4.1.3.	Caracterização Ambiental	60
4.2.	DIAGNÓSTICO DE SANEAMENTO	62
4.2.1.	Abastecimento de Água	62
4.2.2.	Esgotamento Sanitário	69
4.2.3.	Manejo de Resíduos Sólidos.....	73
4.2.4.	Manejo de Águas Pluviais.....	75
4.3.	PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES POR ANÁLISE DE CRITÉRIOS TÉCNICOS, SOCIAIS E ECONÔMICOS.....	81
4.3.1.	Abastecimento de Água.....	81
<i>4.3.1.1.</i>	<i>Projeção Populacional e Demanda de Água.....</i>	<i>81</i>
<i>4.3.1.2.</i>	<i>Alternativas de Soluções.....</i>	<i>82</i>
<i>4.3.1.3.</i>	<i>Análise de Critérios Técnicos, Sociais e Econômicos.....</i>	<i>83</i>
<i>4.3.1.4.</i>	<i>Solução Proposta.....</i>	<i>90</i>
4.3.2.	Esgotamento Sanitário	94
<i>4.3.2.1.</i>	<i>Alternativas de Soluções.....</i>	<i>94</i>
<i>4.3.2.2.</i>	<i>Análise de Critérios Técnicos, Sociais e Econômicos.....</i>	<i>96</i>
<i>4.3.2.3.</i>	<i>Soluções Propostas.....</i>	<i>101</i>
4.3.3.	Limitações.....	105
5.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	106
	REFERÊNCIAS	108

1. INTRODUÇÃO

Conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), quase 35 milhões de brasileiros, equivalente a 16,4% da população, não são atendidos com abastecimento de água tratada, e 46,8% não têm acesso à coleta de esgoto, o que equivale a quase 100 milhões de brasileiros (SNIS, 2018). A deficiência dos serviços de saneamento básico provoca problemas de saúde pública, como a disseminação de doenças de veiculação hídrica, degradação ambiental e diversos outros impactos sociais e econômicos negativos (FERREIRA; GARCIA, 2017). Segundo o Instituto Trata Brasil (ITB), o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), foram registradas mais de 230 mil internações e 2.180 óbitos em razão das doenças por veiculação hídrica em 2018 (TRATA BRASIL, 2018). No mesmo ano, chegaram a 90 milhões de reais os gastos com internações por essas doenças no Sistema Único de Saúde - SUS (TRATA BRASIL, 2018).

Conforme Silva (2020), com dados fornecidos pelo Distrito Sanitário Especial Indígena – Interior Sul (DSEI-ISUL), 25% da população indígena de Santa Catarina não possui um sistema de tratamento de água para consumo, e apenas 2% têm água fornecida pela concessionária. Ainda, 4% têm seu efluente lançado diretamente no terreno, 10% possuem fossa seca e 86% fossa séptica (SILVA, 2020). Entretanto, segundo Silva (2020), os técnicos do DSEI consideraram o estado de conservação desses sistemas como “ruim”, devido à falta de limpeza e manutenção desde a instalação, em todas as aldeias de Santa Catarina.

O saneamento básico é um direito humano essencial, estabelecido no Brasil pela Constituição Federal de 1988¹, como condição para a garantia da dignidade do ser humano. Com os impactos da urbanização e da nossa cultura, interferimos na qualidade de vida e na saúde da população indígena, o que reforça a responsabilidade compartilhada com os órgãos responsáveis que temos de lhes fornecer esse direito humano essencial. Desta forma, espera-se que o diagnóstico da situação do saneamento básico de uma aldeia, aliado ao conhecimento de tecnologias sociais em comunidades isoladas, incentivem autoridades responsáveis e organizações da sociedade civil a agir em prol do saneamento e da saúde da população indígena.

¹ Art. 21º, alínea IX, e Art. 200º, alínea IV,
(Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm).

Portanto, este trabalho tem foco de estudo na Aldeia Indígena *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (“Aldeia Feliz”), localizada em Major Gercino, Santa Catarina (SC). Em junho de 2020 a Associação Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Florianópolis (ESF-Florianópolis) recebeu um pedido de apoio do Cacique da aldeia para resolver o problema do abastecimento de água. A Engenheiros Sem Fronteiras (ESF) é uma organização global, sem fins lucrativos, que visa o desenvolvimento humano e sustentável por meio da engenharia (EWB-I, 2021). A organização desenvolve projetos sociais em 65 países e no Brasil, atua em mais de 70 cidades, dentre elas Florianópolis (ESF-FLORIANÓPOLIS, 2021). A ESF-Florianópolis fez a solicitação formal à Fundação Nacional do Índio (FUNAI), para autorização de entrada na Aldeia, que foi concedida em setembro de 2020, para a elaboração de um diagnóstico da situação atual do saneamento na Aldeia, com foco na busca de soluções para os sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto. O projeto que se iniciou foi nomeado como *Iara*, de origem Tupi-guarani, que significa “mãe d'água”.

Desta forma, o presente trabalho apresentará uma caracterização do território da aldeia e a situação atual dos quatro eixos do saneamento, por meio do levantamento de dados *in loco*, sensoriamento remoto, pesquisas e coleta de informações do Distrito Sanitário Especial Indígena Interior Sul (DSEI-ISUL). A partir deste diagnóstico, serão apresentadas soluções baseadas em tecnologias sociais e saneamento ecológico para os sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto da aldeia.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Elaborar um diagnóstico da situação atual do saneamento básico na Aldeia *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (“Aldeia Feliz”), em Major Gercino/SC, e propor soluções para o abastecimento de água e o esgotamento sanitário no local.

1.1.2. Objetivos Específicos

- a. Caracterizar a Aldeia *V'ya* segundo fatores ambientais e socioeconômicos;

- b. Avaliar a situação atual dos quatro eixos do saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais) na Aldeia *V'ya*;
- c. Propor soluções por meio de tecnologias sociais para o abastecimento de água e esgotamento sanitário da Aldeia *V'ya*, por meio da análise de critérios técnicos, sociais e econômicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SANEAMENTO BÁSICO

2.1.1. Saneamento Básico, Meio Ambiente e Saúde Pública

Em 2018 em torno de 34 milhões de brasileiros (16,4% da população) não eram atendidos com abastecimento de água tratada, e cerca de 97,5 milhões (46,8% da população) não tinham acesso à coleta de esgoto (SNIS, 2018). Conforme dados do Painel Saneamento Brasil (2018), iniciativa do Instituto Trata Brasil, no mesmo ano, 46,9% da população brasileira não era beneficiada com a coleta de esgoto e 16,4% não tinham acesso à água, demonstrando alinhamento de ambas as fontes (TRATA BRASIL, 2018). Quanto à coleta de esgoto, um baixo índice de atendimento por rede pública não implica necessariamente em más condições sanitárias da população, visto que as residências podem ser providas de soluções individuais de tratamento e disposição final adequadas (FUNASA, 2015). Entretanto, em soluções individuais a responsabilidade é repassada para os usuários, dificultando o controle do poder público de garantir o acesso ao saneamento básico para todos.

Ferreira e Garcia (2017) afirmam que “a falta de saneamento é a principal causa de degradação ambiental das bacias hidrográficas brasileiras, principalmente daquelas onde estão situadas grandes metrópoles”. A falta de planejamento urbano adequado, aliado ao crescimento da área urbana, promovem degradação ambiental, especialmente por conta da deficiência dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto próximos aos corpos d’água (TRATA BRASIL, 2018). O Trata Brasil (2018) aponta como exemplo da degradação ambiental, causada pela ausência ou precariedade de saneamento, o rio Tietê, em São Paulo, que recebe cerca de 690 toneladas de poluentes por dia e está entre os rios mais poluídos do Brasil.

A deficiência do saneamento básico promove riscos químicos ou microbiológicos à saúde, degradação ambiental e diversos outros impactos sociais e econômicos negativos (FERREIRA; GARCIA, 2017). A promoção dos riscos se dá com o lançamento de esgoto não tratado em corpos d’água, lançamento de substâncias tóxicas no meio ambiente, disposição inadequada de resíduos sólidos, eventos de inundações e ausência de tratamento e distribuição de água para a população (AUADA, 2019).

Segundo o “Manual de Saneamento” da FUNASA (2015), os riscos químicos podem ser por produtos orgânicos, como inseticidas e herbicidas, ou substâncias tóxicas, como chumbo, cádmio e mercúrio. Geralmente esta exposição é de médio e longo prazo, com a intoxicação de uma pessoa ou população durante meses ou anos (FUNASA, 2015). Conforme Ferreira (2015), os riscos microbiológicos se dão pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, que pode ocorrer pelo contato direto com a água contaminada, falta de higiene pela dificuldade de acesso à água, contaminação de organismos que vivem em corpos hídricos, ou ainda por vetores com ciclo de vida que depende de água. Entre as principais doenças de veiculação hídrica estão as doenças gastrointestinais infecciosas, febre amarela, dengue, leptospirose, malária e esquistossomose (TRATA BRASIL, 2018).

Em 2018, no Sistema Único de Saúde (SUS) foram gastos 90 milhões de reais com internações por doenças de veiculação hídrica (TRATA BRASIL, 2018). Adicionalmente, registraram-se mais de 230 mil internações e 2.180 óbitos por conta de doenças relacionadas à falta de saneamento (TRATA BRASIL, 2018). De acordo com o Trata Brasil (2018), destas, a dengue é a doença que mais causa internações no país, com cerca de 19.776 casos registrados em 2017.

O Trata Brasil (2020) estima que de 2016 a 2036, mesmo com o avanço gradativo do saneamento, o país deve gastar R\$ 5,8 bilhões por afastamentos de trabalho e despesas com internação no SUS, com relação às doenças de veiculação hídrica. Adicionalmente, municípios que investiram em saneamento básico a longo prazo podem gastar 40 vezes menos em saúde do que aqueles que não investiram (TRATA BRASIL, 2011 *apud* AUADA, 2019). Conforme o Auada (2019), a melhor estratégia de controle destas doenças é o investimento em saneamento.

2.1.2. Saneamento Básico e suas Definições

No Brasil, o saneamento básico é um direito humano essencial, estabelecido pela Constituição Federal de 1988², necessário para a garantia da dignidade do ser humano. De acordo com o Trata Brasil (2018), “saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica”. Conforme a Lei Federal nº 11.445³, de 2007, saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais. Esta lei foi posteriormente modificada pela Lei nº 14.026, de 2020, que atualizou o marco legal do saneamento básico. Define-se os *quatro eixos do saneamento básico* em ambas as leis supracitadas como:

- a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reúso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes;

(Art. 3º, Lei nº 14.026/ 2020)

² Art. 21º, alínea XX, Art. 23º, alínea IX, Art. 200, alínea IV

(Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm).

³ Art. 3º, alínea I,

(Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm).

2.2. SAÚDE E SANEAMENTO EM TERRAS INDÍGENAS

2.2.1. Saúde e Saneamento em Terras Indígenas no Brasil e em Santa Catarina

Conforme Simões *et al.* (2015), não há no Brasil um banco de dados confiável e de fácil acesso que forneça informações sobre cobertura e qualidade de serviços de saneamento básico e saúde indígena. Os dados disponíveis não são completos, e são gerados pela FUNAI, Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), trabalhos acadêmicos, organizações não governamentais e missões religiosas (SIMÕES *et al.*, 2015). Embora o Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena (SIASI) tenha sido criado em 2000, quando algumas informações demográficas e de morbidade passaram a ser coletadas de forma mais abrangente e regular, o SIASI não disponibiliza os dados para acesso público (GARNELO; PONTES, 2012 ; GOMES, 2013 *apud* SILVA; DOURADO, 2019).

Diante do exposto, a realização do I Inquérito Nacional de Saúde e Nutrição dos Povos Indígenas foi a primeira iniciativa do gênero que almejou avaliar uma amostra representativa da população indígena no país (COIMBRA JR., 2014). O I Inquérito foi realizado pela FUNASA entre 2008 e 2009, em parceria com a Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO). Segundo Coimbra Jr. (2014), o Inquérito Nacional buscou caracterizar o estado nutricional de mulheres entre 14 e 49 anos de idade e crianças menores de cinco anos, com uma amostra representativa da população indígena residente em aldeias do Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sul/Sudeste do Brasil. Ao final, foram visitadas 113 aldeias, entrevistadas 6.605 mulheres e 6.583 crianças (Inquérito Nacional de Saúde e Nutrição dos Povos Indígenas, 2009). Segundo Coimbra Jr. (2014), no Inquérito Nacional supracitado, 19% dos domicílios indígenas tinham banheiro em casa, enquanto 30,6% dos participantes afirmaram defecar fora dos locais apropriados; destes 19% que dispunham de banheiro dentro de casa, apenas 36,5% tinham seus esgotos conectados à rede de esgotamento sanitário (ou mesmo pluvial) ou fossa séptica, enquanto em 63,5% destes o esgoto era lançado em fossa rudimentar, vala, rio, lago ou mar.

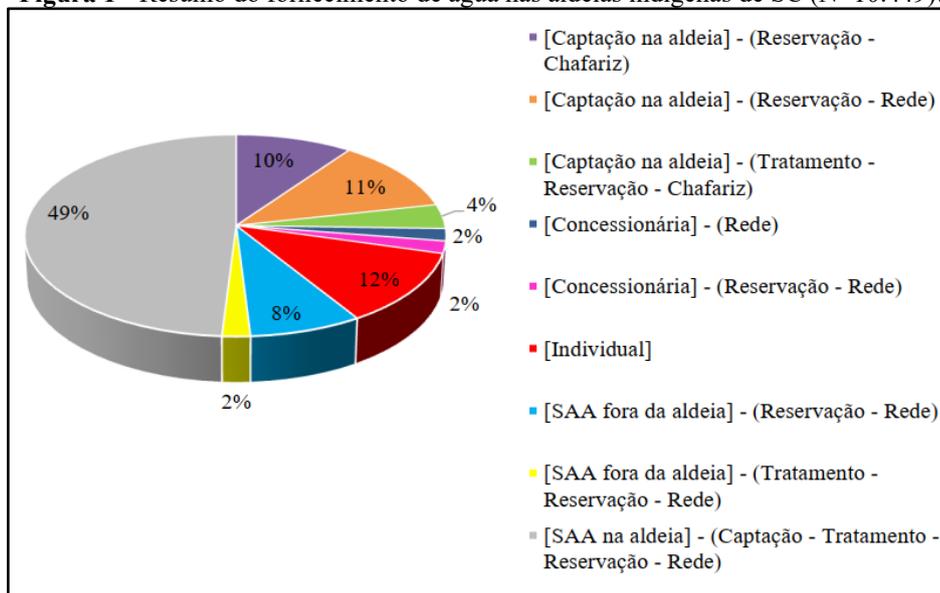
Para analisar a situação de saneamento das aldeias indígenas no estado de Santa Catarina, Silva (2020) realizou um levantamento, a partir de dados obtidos com o DSEI-ISUL, das 51 comunidades indígenas do estado das etnias Kaingang, Guarani e Xokleng, formando no total uma população de aproximadamente 10.449 pessoas. Quanto aos sistemas de esgotamento sanitário nas aldeias de Santa Catarina, Silva (2020) relata que 4% têm como

destino o seu efluente lançado diretamente no terreno e 96% utilizam um sistema de fossa séptica ou seca com sumidouro ou vala de infiltração. Entretanto, todas as aldeias do estado apresentam falta de limpeza e manutenção dos sistemas de tratamento, possibilitando a ocorrência de vazamentos (SILVA, 2020; DSEI-ISUL, 2020).

Sobre o abastecimento de água potável, observa-se no estudo de Silva (2020) que 88% das aldeias indígenas do estado contam com algum sistema de abastecimento de água. Contudo, apenas 4% advêm das redes de concessionárias, as demais (84%) utilizam soluções coletivas alternativas, como captação de água subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição (SILVA, 2020). Este percentual se encontra muito abaixo da média nacional e particularmente abaixo da média da região sul do país, em que 83,7% e 90,5%, respectivamente, são atendidas com rede de água potável (SNIS, 2019).

Conforme ilustra a **Figura 1**, 51% das aldeias do estado possuem um sistema constituído por captação, armazenamento, tratamento da água e rede de distribuição, enquanto 14% não têm sua água distribuída e utilizam chafarizes (SILVA, 2020). Adicionalmente, Silva (2020) aponta que cerca de 25% das aldeias de Santa Catarina não dispõem de nenhum tratamento para a água que consomem (mais de dois mil indígenas).

Figura 1 - Resumo do fornecimento de água nas aldeias indígenas de SC (N=10.449).



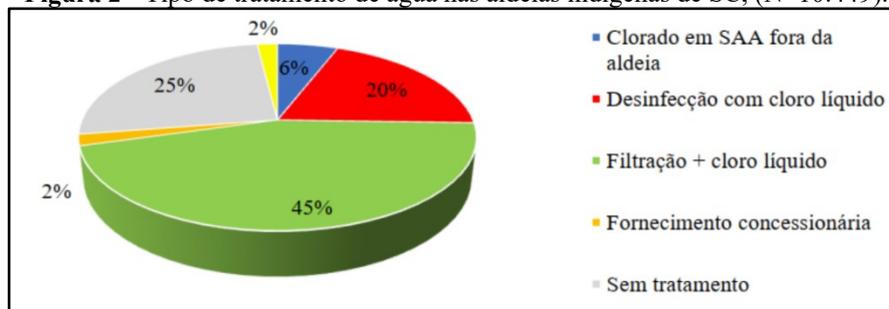
Fonte: Silva, 2020⁴.

⁴ N=População; SAA=Sistema de Abastecimento de Água.

Embora o percentual de aldeias indígenas em SC que não dispõem de tratamento para a água consumida seja alto (25%), ao compararmos com os dados do Inquérito Nacional mencionado acima, a maioria das aldeias utilizava água sem tratamento e de fontes locais (SILVA; DOURADO, 2019). Portanto, para analisar os efeitos dos resultados encontrados no Inquérito, foi levantado o número de hospitalizações por diarreia na população do estudo (37,2%) e infecção respiratória aguda (47,6%) no período de 12 meses que precedeu as entrevistas (SILVA; DOURADO, 2019). Adicionalmente, os coeficientes de mortalidade infantil chegaram a 97 óbitos em menores de um ano por 1.000 nascidos vivos (COIMBRA JR., 2014), um número extremamente alto na comparação com a média da mortalidade infantil na população geral do país, que é de 13,82 por 1.000 nascidos vivos, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

Segundo Silva (2020), o sistema de tratamento de água mais utilizado pelas aldeias do estado de SC é formado por filtração com desinfecção por cloração. Entretanto, diversas aldeias não se adaptaram ao uso do cloro por conta do gosto que deixa na água, e acabaram por rejeitá-lo, muitas vezes danificando o sistema (SILVA, 2020). Pode-se observar na **Figura 2** os tipos de tratamento utilizados nas aldeias de Santa Catarina.

Figura 2 - Tipo de tratamento de água nas aldeias indígenas de SC, (N=10.449).



Fonte: Silva, 2020.

Quanto ao manejo de resíduos sólidos nas aldeias indígenas do Brasil, o I Inquérito Nacional aponta que 79% dos domicílios enterram, queimam ou jogam no entorno da aldeia seus resíduos (COIMBRA JR., 2014). Já em Santa Catarina, conforme Silva (2020), 65% das aldeias têm acesso à coleta de resíduos sólidos pelo município, podendo ser de periodicidade semanal, quinzenal ou mensal, dependendo da localização e acessibilidade da aldeia. Entretanto, a população que não é contemplada com este serviço é maior, sendo mais de 5.200 indígenas (SILVA, 2020).

Com os dados obtidos do DSEI-ISUL, Silva (2020) menciona que as Aldeias Morro dos Cavalos, *V'ya*, *M'Biguaçu*, *Tava'i*, Amaral, *Itanhaé*, e a comunidade Amâncio apresentam inundações com certa frequência. Entretanto, não foram encontrados estudos sobre o tema.

2.2.2. Legislação a respeito da Saúde e do Saneamento em Terras Indígenas no Brasil

Em 5 de dezembro de 1967 foi criado o órgão indigenista oficial do Estado brasileiro, a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), por meio da Lei nº 5.371, para coordenar e executar ações da política indigenista do Governo Federal. Em 1986 aconteceu a I Conferência Nacional de Proteção à Saúde do Índio, onde foi proposta a criação de Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEIs) (TOLEDO, 2006 *apud* SILVA; DOURADO, 2019). Entretanto, conforme Garnelo e Pontes (2012), a Constituição Federal somente reconheceu os direitos dos povos originários às suas terras, às políticas sociais diferenciadas e adequadas às suas especificidades culturais, à autorrepresentação jurídico-política e à preservação de suas línguas e culturas em 1988 (*apud* SILVA; DOURADO, 2019).

No Decreto Federal nº 23 em 1991, transferiu-se da FUNAI à FUNASA a atenção à saúde indígena (BRASIL, 1991). Com o Decreto nº 1.141, a Comissão Intersetorial de Saúde (CIS) foi instituída sob a coordenação da FUNAI, retornando as políticas e diretrizes para a promoção, prevenção e recuperação da saúde do índio à FUNAI (BRASIL, 1994). Entretanto, em 1999, o Ministério da Saúde instituiu o Decreto nº 3.156, que atribui a prestação de assistência à saúde dos povos indígenas ao Sistema Único de Saúde (SUS), transferindo as atribuições à saúde indígena da FUNAI novamente à FUNASA (BRASIL, 1999a). No mesmo ano, a Lei Federal nº 9.836 instituiu como componente do SUS o Subsistema de Atenção à Saúde Indígena, e criou oficialmente os DSEIs (BRASIL, 1999b). Os mesmos são encarregados das ações de promoção da atenção à saúde, práticas sanitárias e controle social, e atuam por área territorial, fundamentado na ocupação geográfica das aldeias (SILVA; DOURADO, 2019). A FUNASA assumiu a saúde dos povos indígenas em 2000 com a criação do Departamento de Saúde Indígena (DESAI), redefinindo os DSEIs conforme a denominação, vinculação administrativa e jurisdição territorial, além de sede, população, etnias e casa do índio (BORGES; OLIVEIRA, 20016 *apud* SILVA; DOURADO, 2019).

A Política Nacional de Atenção à Saúde dos Povos Indígenas foi aprovada em 2002 com a Portaria nº 254 com uma de suas diretrizes sendo a promoção do saneamento básico em

terras indígenas (BRASIL, 2002). Adicionalmente, a Lei Federal nº. 11.445 de 2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007). De acordo com esta lei, um dos objetivos da Política Federal de Saneamento Básico é o de “proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental aos povos indígenas e outras populações tradicionais, com soluções compatíveis com suas características socioculturais” e o Plano Nacional de Saneamento Básico deverá “tratar especificamente das ações da União relativas ao saneamento básico nas áreas indígenas [...]” (BRASIL, 2007).

Segundo Silva e Dourado (2019), como um subsistema do SUS, a Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI) foi criada em 2010. A mesma substituiu a FUNASA na atenção à saúde indígena, e é responsável pelo SIASI (mencionado no item 2.1.1 deste trabalho) e atua por meio dos DSEIs (SILVA; DOURADO, 2019). Silva (2020) apontou o conflito existente por conta da ausência de normativas ou leis que definam os responsáveis pela manutenção e limpeza dos sistemas de tratamento de esgoto nas terras indígenas. Destaca-se a fragmentação da estrutura burocrático-administrativa das instituições responsáveis pela saúde e saneamento do povo indígena, promovendo falta de clareza quanto às competências no planejamento, execução, fiscalização e avaliação destes serviços (PENA; HELLER, 2008 *apud* SILVA; DOURADO, 2019).

2.3. POPULAÇÃO INDÍGENA *MBYÁ*-GUARANI

2.3.1. História e Cultura *Mbyá*-Guarani

Baseado nos estudos de Brighenti (2012), os Guarani pertencem ao tronco linguístico Tupi, família linguística Tupi-Guarani, ainda podendo ser classificados como *Mbyá*, *Ñhandeva* (ou *Xiripá*) e *Kaiowá*. O grupo *Mbyá*-Guarani habitava tradicionalmente um vasto território entre o Uruguai, Argentina, Paraguai, Bolívia e Brasil (GABRIEL; SILVA, 2019). No último, encontram-se aldeias nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Entretanto, conforme Ladeira (2001), a grande maioria das aldeias no país ainda se encontra sem terra homologada pelo governo.

Para Gabriel e Silva (2019), o território tradicional Guarani foi marcado pela exploração dos europeus na colonização, com a ocupação das suas terras, ciclos de exploração da madeira e pedras preciosas, construção de cidades, rodovias e indústrias, entre outras

intervenções que transformaram definitivamente o ambiente. De acordo com a Comissão de Cidadania e Direitos Humanos sobre coletivos Guarani no Rio Grande do Sul (RS-Brasil), “atualmente as terras Guarani estão quase totalmente concentradas, loteadas, devastadas, ocupadas por empreendimentos diversos, tais como as grandes propriedades para o monocultivo de eucalipto, pinus, soja, arroz e/ou para a criação de parques” (LIEBGOTT, 2010, p. 6 *apud* GABRIEL; SILVA, 2019).

Em 1979, o Centro de Trabalho Indigenista (CTI) iniciou os projetos de regularização das áreas ocupadas pelos *Mbyá* no litoral brasileiro. Conforme Ladeira (2001), por conta da especulação imobiliária e turística, somadas à construção da rodovia Rio-Santos e outras estradas, foi tomada como prioridade a demarcação das aldeias do litoral de São Paulo e Rio de Janeiro. Posteriormente, o CTI passou a atuar mais no Paraná e em Santa Catarina, especialmente por causa da duplicação da rodovia BR 101 no litoral sudeste e sul (LADEIRA, 2001). Em Santa Catarina habitam aproximadamente 1.600 indígenas da etnia *Mbyá*-Guarani em 25 aldeias, a maior parte delas localizada no litoral do estado (SILVA, 2020).

Segundo Batista (2017), o povo Guarani historicamente é cultivador de milho, desde antes da chegada dos colonizadores europeus. Além disso, conforme Darella (2000), os *Mbyá* consideram como elementos culturais importantes, e buscam preservar, a língua, a organização social, a cosmologia, a economia e a territorialização (*apud* SILVA, 2020). Conforme Colman *et al.* (2017), tanto nas narrativas da mitologia, quanto nas rezas que representam sua espiritualidade, revela-se em sua cosmologia o “ser caminhante” (*tekoguata*). Nesse sentido, a ocupação tradicional Guarani é dinâmica, as famílias têm o costume de sair de suas aldeias com um líder em busca de uma nova terra, conhecido pelo povo como “caminhadas” (*oguata*) (COLMAN *et al.*, 2017). Às vezes, formam novas comunidades, outras vezes, incorporam-se a aldeias já existentes. Além disso, Tempass (2016) afirma que eles sempre se instalaram próximos aos cursos d’água, pois os próprios *Mbyá*-Guarani falam não haver *tekoá* (“aldeia”) sem “boas águas”. Entretanto, a cultura *Mbyá* não divide as terras em territórios, há apenas um que é fundamentado na concepção de mundo, com espaços da terra, da água e das matas (SILVA, 2020).

Gabriel e Silva (2019) explicam a diferença entre “nós” e “os outros” para os *Mbyá*-Guarani, onde “nós” somos os “filhos da terra” e “os outros” são os “recém-chegados”. Os autores apontam um contraponto, que é a relação dos mesmos com “o mato”, “a casa dos animais”, gerando uma noção significativa de interdependência entre os vários seres, “a terra e

o território são considerados um bem sagrado de uso comum para os grupos indígenas em contraponto ao caráter exploratório do uso privado destinado ao consumo mercado global” (GABRIEL; SILVA, 2019).

Os *Mbyá* evitam interferir desnecessariamente na natureza em sua volta, pois a mesma é domínio da humanidade e da divindade para eles (GABRIEL; SILVA, 2019). Batista (2017) aponta que técnicas culturais e saberes tradicionais poderão contribuir na construção de novas abordagens interdisciplinares que buscam formas de resolução para a conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental. Desta forma, neste trabalho busca-se respeitar estes aspectos culturais, com aproveitamento dos recursos existentes no local, procurando preservar o ambiente como é conhecido pelos habitantes da aldeia.

2.3.2. *Tekoá V'ya* (“Aldeia Feliz”)

A Aldeia Feliz, *Tekoá V'ya*, objeto de estudo deste trabalho, está situada no município de Major Gercino, região Noroeste da Grande Florianópolis, estado de Santa Catarina, Brasil. Em 2007, a área foi comprada com recursos de indenização pela desapropriação de terras da *Tekoá Itaty*, situada no Morro dos Cavalos, Palhoça/SC. Os recursos advieram do convênio entre o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e a FUNAI por conta da duplicação da BR-101, trecho Palhoça (SC) – Osório (RS). Em 2009, treze famílias do grupo *Mbyá-Guarani* que vivia na *Tekoá Itaty* se mudaram para as terras compradas em Major Gercino, formando a *Tekoá V'ya*. As famílias que permaneceram na antiga localidade onde residiam no Morro dos Cavalos ainda aguardam indenização. Segundo Darella *et al.* (2000), para as obras de duplicação da rodovia, aproximadamente trinta aldeias de diferentes grupos foram impactadas (*apud* GABRIEL; SILVA, 2019).

A família mais tradicional da *Tekoá V'ya*, com mais conhecimentos sobre os costumes *Mbyá-Guarani* é a de Artur Benite (*werá mirim*) e Maria Campo (*pará retê*) com seus filhos e filhas, genros e noras, netos(as) e bisnetos(as). Arthur Benite é o atual Cacique e Pajé da *Tekoá V'ya*. Gabriel e Silva (2019) descrevem uma entrevista com Arthur, que relata que os *Mbyá* estão passando por mudanças na sua cultura em função do contato com a cidade. Ele afirma que os jovens Guaranis estão optando pela vivência do povo da cidade, e deixando de frequentar a casa de reza e, conseqüentemente, manter os costumes e tradições Guaranis (GABRIEL; SILVA, 2019). Na percepção do Cacique, os dois aspectos essenciais para a manutenção de

suas tradições e costumes são: a reza e a terra. Na terra há água para o consumo, para se banhar e pescar, há mata para se obter caça, coleta, plantas medicinais, há possibilidade de plantar alimentos, e há barro e madeira para construir casas tradicionais (GABRIEL; SILVA, 2019). Os autores destacam que “somente a partir de uma “base”, uma aldeia poderia ser estabelecida como *tekoá*, onde a terra é a própria estrutura do mundo” (LADEIRA, 2008 *apud* GABRIEL; SILVA, 2019). A *opy* (“casa de reza” em português) é “o local central de troca de saberes e de aprendizados para o fortalecimento do grupo, onde acontecem os rituais espirituais para a promoção da saúde e religiosos, onde entram em contato com as divindades e acessam suas revelações” (TEMPASS, 2010 *apud* GABRIEL; SILVA, 2019).

2.4. TECNOLOGIAS SOCIAIS DE SANEAMENTO APLICADAS EM COMUNIDADES RURAIS

Tecnologia Social (TS) pode ser definida como o “conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida” (ITS BRASIL, 2004). Segundo o Instituto de Tecnologia Social Brasil (2004), TS é uma metodologia, não um modelo, que está em constante transformação, conectando os problemas sociais com as soluções mais apropriadas. A cartilha Caminhos pra Convivência com o Semiárido, elaborada pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) explica como a extensa dimensão territorial, que abrange culturas diversas e biomas distintos, não possibilita uma solução tecnológica única em saneamento para todas as comunidades rurais do país (ASA, 2014). Desta forma, deve-se buscar soluções propostas em saneamento que se incorporem à comunidade pré-existente, e ter a inserção e participação da mesma como elemento determinante da seleção da tecnologia (ASA, 2014).

2.4.1. Abastecimento de Água Potável

Um sistema convencional de abastecimento de água geralmente é composto de captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição, estações elevatórias e ramais

prediais (FUNASA, 2015). Entretanto, há soluções alternativas para cada unidade do sistema de abastecimento de água em comunidades rurais, que serão apresentados a seguir.

Para a captação e adução de água potável em comunidades rurais, diferentes soluções tecnológicas têm sido propostas, a depender das características dos mananciais disponíveis. O Instituto Mamirauá (2021) apresenta soluções de captação e tratamento de água que já foram aplicadas por eles em algumas comunidades rurais do Amazonas, como um sistema de captação de água de rio por meio de balsas flutuantes e painéis fotovoltaicos para bombear a água para o reservatório elevado (**Figura 3**), conectado a um filtro de areia. Parte da água é distribuída por gravidade para a comunidade para fins menos nobres, enquanto a água que é destinada ao consumo passa por um filtro lento e é armazenada em outro reservatório de uso coletivo (INSTITUTO MAMIRAUÁ, 2021).

Figura 3 - Sistema de balsas flutuantes e painéis fotovoltaicos para bombear a água.



Fonte: Instituto Mamirauá, 2021.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em conjunto com o geólogo Mariano José Smaniotto, a prefeitura de Caxambu do Sul (RS) e agricultores locais, no final da década de 1980, desenvolveu uma tecnologia modelo para proteger a nascente e garantir a disponibilidade de água na captação (EPAGRI, 2019). A proteção de fonte modelo Caxambu (**Figura 4**) é uma TS de baixo custo e fácil operação para captação de água de nascentes, além de contribuir para diminuir a turbidez da água disponível.

Figura 4 - Fonte Modelo Caxambu.

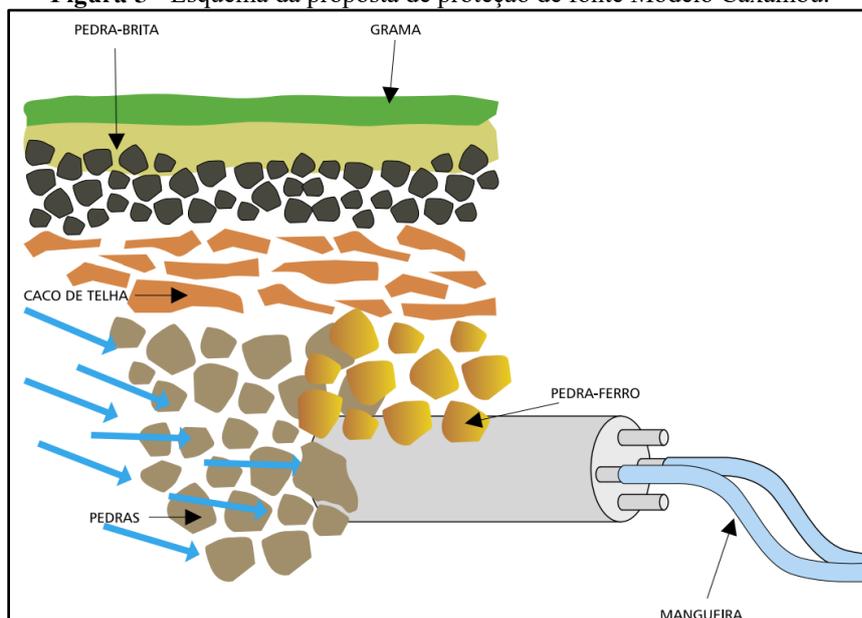


Fonte: Epagri Vídeos, 2015⁵.

O modelo consiste em um tubo de concreto assentado com quatro saídas de água: duas para captação de água, uma para limpeza e outra para dar vazão à água quando ocorrerem chuvas intensas (EPAGRI, 2019). Conforme o projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (TSGA, 2021), para instalar a proteção de fonte modelo Caxambu, um tubo de concreto é assentado no fundo de uma vala com o lado para o interior da mesma aberto, e para o exterior parcialmente fechado. Acima do tubo, é preenchido com uma camada de pedra-ferro e três camadas de cascalho, brita e terra, conforme ilustrado na **Figura 5** (CALHEIROS *et al.*, 2004). A frequência de manutenção recomendada é média, ao menos duas vezes por ano, e não necessita de mão de obra especializada para limpeza e retirada de sedimentos acumulados no fundo do tubo e da fonte (EPAGRI, 2019). A qualidade físico-química da água que passa pela fonte é considerada boa, mas com a possibilidade de presença de coliformes fecais (TSGA, 2021).

⁵ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=w2oe6LGUD58>

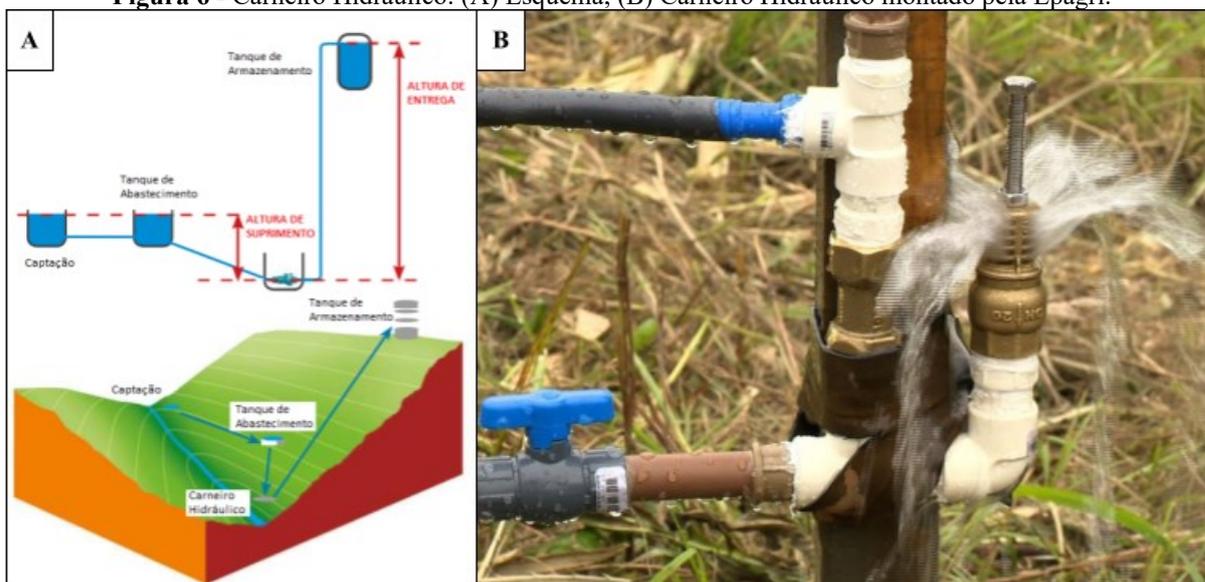
Figura 5 - Esquema da proposta de proteção de fonte Modelo Caxambu.



Fonte: Calheiros *et al.*, 2004.

Para bombear água sem utilizar energia elétrica ou combustível, a EPAGRI (2020) recomenda a instalação do carneiro hidráulico. O equipamento foi originalmente desenvolvido por J. Whitehurst em 1772, e aperfeiçoado por Montgolfier e Pierce (GUO *et al.*, 2018), e adaptado pelo extensionista da EPAGRI, Élcio Pedrão, que ressalta a importância de que a fonte ou o reservatório tenha vazão e pressão suficientes para poder levar a água até onde será armazenada (EPAGRI, 2020). O carneiro hidráulico funciona convertendo a energia de uma determinada quantidade de água de um estado de menor potencial gravitacional e maior vazão para um estado de maior energia potencial gravitacional com menor vazão (GUO *et al.*, 2018). O sistema fornece um bombeamento contínuo que pode chegar até 180 litros/hora (EPAGRI, 2020). Um esquema de um carneiro hidráulico e um carneiro hidráulico montado pela Epagri são apresentados na **Figura 6**. As desvantagens do carneiro hidráulico é que ele desperdiça uma pequena parcela da água em cada bombeada.

Figura 6 - Carneiro Hidráulico: (A) Esquema; (B) Carneiro Hidráulico montado pela Epagri.

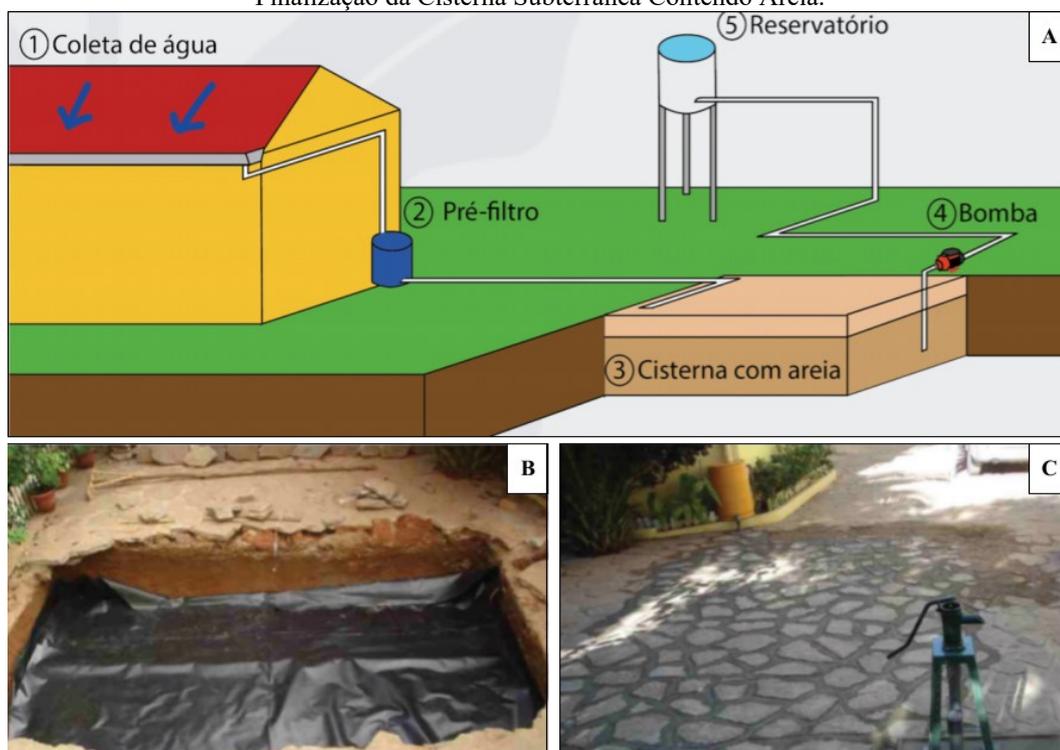


Fontes: Adaptado de Papa Pump, 2019; Epagri Vídeos, 2015⁶.

O TSGA apresenta algumas soluções para o aproveitamento de água da chuva por cisterna convencional ou subterrânea contendo areia. No sistema da Cisterna Convencional, a água é coletada por meio de calhas acopladas aos telhados e direcionada por uma canalização até um reservatório, passando antes por um filtro de sólidos, para a retirada do material grosseiro, e por um sistema de descarte da primeira água de cada chuva que contém impurezas da atmosfera e dos telhados (TSGA, 2021). A água da chuva coletada pode ser posteriormente utilizada para limpeza de casas e calçadas, rega de plantas e hortas, em descargas de banheiros e outros fins menos nobres (TSGA, 2021). O TSGA (2021) também cita a Cisterna Subterrânea Contendo Areia (**Figura 7**), que tem por finalidade captar água da chuva da mesma forma, mas oferecer água para fins mais nobres. A água após captada passa por um pré-filtro para a retirada de materiais grosseiros antes de seguir para uma cisterna subterrânea impermeabilizada e repleta de areia, onde a mesma é filtrada e tratada biologicamente (TSGA, 2021). Vantagens desta tecnologia incluem que a área ocupada pela cisterna é subterrânea, conservando o espaço útil do terreno, e não são afetadas pelo clima. Entretanto, para fins de captação de água para consumo, deve-se fazer análises da água para confirmar sua qualidade, além de avaliar os índices pluviométricos da região para confirmar se irá suprir a demanda (TSGA, 2021).

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6sqSbXuB6Nk>

Figura 7 - Cisterna Subterrânea Contendo Areia: (A) Esquema; (B) Fotos da instalação com geomembrana; (C) Finalização da Cisterna Subterrânea Contendo Areia.



Fonte: Adaptado de TSGA, 2021.

Outras alternativas para aproveitamento da água da chuva são citadas por Mendonça (2013), como a Cisterna-calçada, que possui maior capacidade de armazenamento e capta a água de chuva por meio de um calçada de cimento construído sobre o solo. Pode-se visualizar na **Figura 8** uma cisterna-calçada que foi instalada no Ceará por ASA (2014). Esta alternativa é interessante por não depender de soluções individuais em telhados, ter a possibilidade de captar grandes volumes de água e, apesar de ocupar uma grande área, o calçada pode ser utilizado como quadra de esportes ou outras utilidades.

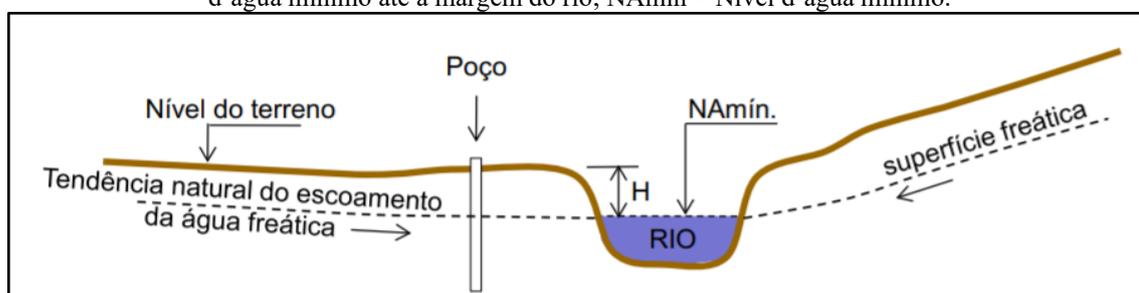
Figura 8 - Cisterna-calçada de captação de água da chuva.



Fonte: ASA, 2014.

Freitas *et al.* (2018) explicam uma técnica de captação de água que também é um tratamento alternativo eficiente e de relativo baixo custo com a instalação de um poço próximo a um manancial superficial, a Filtração em Margem. A mesma consiste na indução da passagem da água do manancial até o poço por meio do bombeamento, gerando uma diferença de carga hidráulica entre o rio e o lençol freático, que pode ser observado na **Figura 9** (FREITAS *et al.*, 2018). Ocorrem processos físicos, químicos e biológicos neste processo, gerando uma água de boa qualidade para o consumo humano (PAIVA *et al.*, 2008). Conforme o “Manual de Filtração em Margem” da FUNASA (2018), os principais fatores para garantir a eficiência do tratamento são a geologia do aquífero, a composição do fundo do manancial e o tempo de percurso até o poço (*apud* RAY *et al.*, 2003). Segundo Paiva *et al.* (2008), os benefícios desta tecnologia são a redução da utilização de produtos químicos para tratamento das águas superficiais para consumo e redução dos custos do tratamento, em comparação com uma Estação de Tratamento de Água convencional. Entretanto, o sistema necessita de energia elétrica e mão-de-obra especializada para operação e manutenção.

Figura 9 - Filtração em Margem em perfil do terreno em uma seção transversal de rio. H = Altura do nível d'água mínimo até a margem do rio; NAmín. = Nível d'água mínimo.

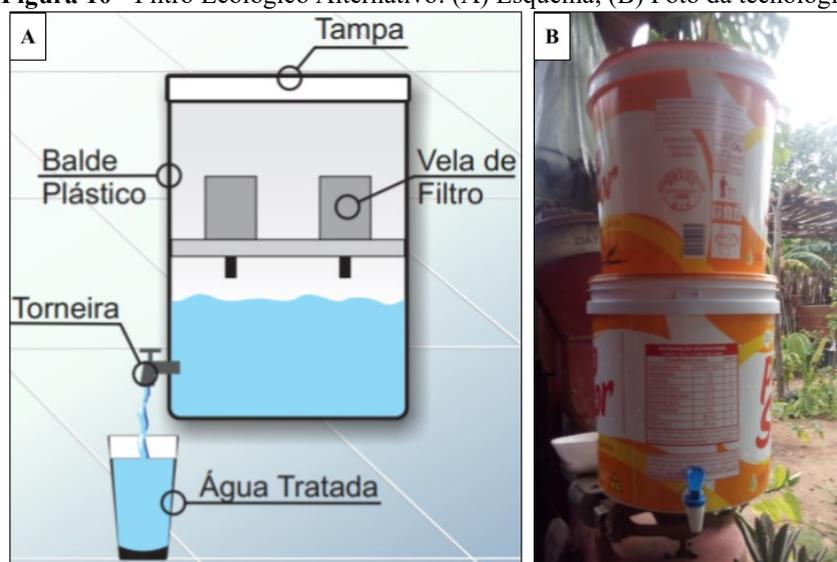


Fonte: FUNASA, 2018.

Segundo Mendonça (2013), pode-se realizar com TS o processo de uma Estação de Tratamento de Água (coagulação, filtração e desinfecção) em escala reduzida e simplificada para uma comunidade rural. O uso de sementes trituradas de moringa para substituir o sulfato de alumínio, é uma alternativa de TS para a etapa de coagulação no tratamento da água (MENDONÇA, 2013). Conforme Franco *et al.* (2017), a eficácia das sementes da moringa como coagulante natural foi testada em diversos estudos por meio de diferentes técnicas de extração na obtenção do ingrediente ativo. Tem-se como vantagens a geração de lodo biodegradável, a redução de custos com produtos químicos, a manutenção do pH da água e a alta eficiência de remoção de cor e turbidez (Franco *et al.*, 2017).

Mendonça (2013) também cita que filtros de vela ou de areia podem ser utilizados no processo de filtração. O Instituto de Desenvolvimento Rural do Amapá (RURAP) desenvolveu o “Filtro Ecológico Alternativo”, tecnologia social de baixo custo utilizando velas de filtro de cerâmica e baldes plásticos (**Figura 10**). Esta alternativa, entre outras alternativas individuais de tratamento, como o filtro de barro ou de areia, é interessante para o consumo final dentro de muitas realidades em comunidades rurais brasileiras, embora dependa da qualidade da água que entra no filtro e falte a etapa de desinfecção para garantir a potabilidade da água.

Figura 10 - Filtro Ecológico Alternativo: (A) Esquema; (B) Foto da tecnologia.

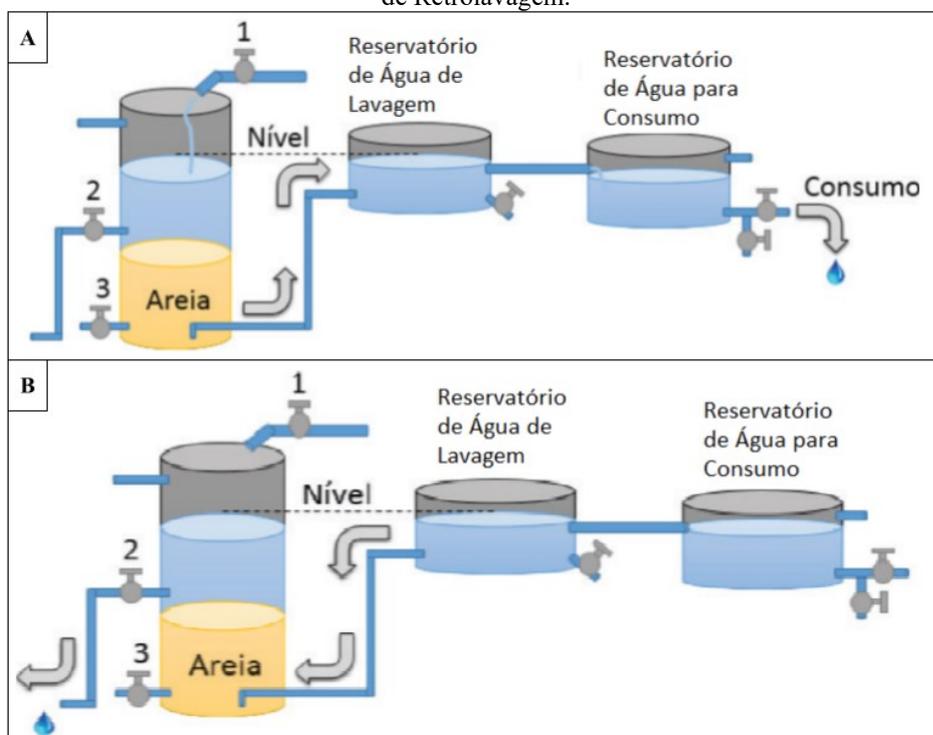


Fonte: RURAP, 2013⁷.

Além disso, o TSGA (2021) apresenta como TS para tratamento de água, o Filtro Lento, uma tecnologia para filtrar água de baixa turbidez. Esta tecnologia apresenta como vantagens valores acessíveis de custo para construção e manutenção, simplicidade de operação e eficiência na remoção de microrganismos, toxinas produzidas por cianobactérias, agroquímicos e matéria orgânica natural (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Entretanto, por conta da baixa velocidade de filtração, o sistema pode ocupar grandes áreas para tratamento de um volume maior. O Filtro Lento é composto por areia na camada filtrante, que pode ter sua limpeza por retrolavagem. Para a retrolavagem ilustrada na **Figura 11**, quando a camada filtrante colmata a água enche um reservatório acoplado, então os registros 1 e 3 são fechados e o registro 2 aberto para a retrolavagem (TSGA, 2021).

⁷ Disponível em: <https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/filtro-ecologico-alternativo>

Figura 11 - Esquema da proposta de tratamento da água - Filtro Lento: (A) Processo de Filtração; (B) Processo de Retrolavagem.



Fonte: Adaptado de TSGA, 2021.

Conforme Ferreira (2015), recomenda-se a desinfecção com agentes desinfetantes (hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio ou iodo), especialmente para águas de qualidade duvidosa. Para a população sem acesso à rede de abastecimento de água, pode-se aplicar o clorador simplificado desenvolvido pela FUNASA, de baixo custo e com materiais disponíveis no mercado. A proposta da solução é adicionar o cloro na água de modo seguro, e de forma a simplificar a operação (FUNASA, 2014). Conforme manual da FUNASA (2014), há dois modelos, um para operação manual com rápido enchimento do reservatório e outro para sistemas automatizados que possuem pouca vazão (**Figura 12**). Entretanto, Silva (2020) aponta a dificuldade das comunidades indígenas se adaptarem ao uso do cloro, por conta do gosto que deixa na água. Isto pode significar que a dosagem de cloro não costuma ser feita corretamente. Conforme a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, em soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, deve-se assegurar que a água contenha um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L (BRASIL, 2011).

Figura 12 - Clorador simplificado desenvolvido pela FUNASA.



Fonte: FUNASA, 2014.

Lobo *et al.* (2013) e Mendonça (2013) apontam outra alternativa de TS para a desinfecção, o aproveitamento da radiação solar com o método SODIS (Solar water DISinfection). SODIS é um sistema que utiliza os raios UV-A, que causam modificação do DNA dos microrganismos, e os infravermelhos, que elevam a temperatura da água para matar organismos sensíveis ao calor (LOBO *et al.*, 2013). Entretanto, este sistema apresenta algumas desvantagens, como a necessidade de mão-de-obra e a liberação na água de bisfenol A (BPA) - substância química orgânica com efeitos nocivos à saúde - no caso de uso de garrafas plásticas (**Figura 13**), e a falta de estudos da eficiência em diferentes regiões do país.

Além disso, uma jovem brasileira de 21 anos recebeu o prêmio Jovens Campeões da Terra, da Organização das Nações Unidas (ONU) Meio Ambiente por desenvolver um dispositivo para desinfecção de água por radiação solar, chamado de “Aqualuz” (**Figura 13**). A tecnologia é de fácil operação, baixo custo e pode durar até 20 anos sem manutenção, a não ser limpeza com água e sabão e troca de filtro. Entretanto, sua eficiência depende do clima da região, sendo necessário comprovar sua eficiência em regiões fora do semiárido.

Outra solução que não utiliza produtos químicos, é o Potabilizador Solar (**Figura 13**), também chamado de Pirâmide Azul, que foi desenvolvido pelo Laboratório de Potabilização de Água – LAPOÁ. Silva (2014) explica que a tecnologia é composta por uma cúpula em forma de pirâmide e age por destilação da água utilizando apenas o calor do sol. Embora a quantidade de água destilada por dia ainda seja um fator a ser melhorado, a solução garante água potável a partir de água salobra, salgada e contaminada (SILVA, 2014).

Figura 13 - Desinfecção por: (A) SODIS em Bangladesh; (B) Aqualuz (C) Potabilizador Solar.



Fontes: M. Kamal, 2018⁸; SDW for all, 2021⁹

2.4.2. Esgotamento Sanitário

As soluções para o esgotamento sanitário podem ser individuais ou coletivas. Entretanto, as soluções coletivas para pequenas comunidades podem ser as mesmas adotadas em sistemas individuais em diferentes escalas (FUNASA, 2015). O tratamento de esgoto geralmente ocorre em etapas: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário e disposição final do lodo e do efluente.

Quanto ao tratamento preliminar, a caixa de gordura deve ser instalada para receber as águas cinzas provenientes da cozinha, evitando que placas de gordura e sólidos se acumulem nas tubulações (TONETTI *et al.*, 2018). Detalhes de dimensionamento estão descritos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira NBR 8.160/1999 (ABNT-NBR 8160, 1999). Pode-se comprar uma Caixa de Gordura pronta de PVC, construir de alvenaria ou ainda improvisar com materiais mais baratos, desde que as dimensões estejam dentro da norma.

O tratamento primário tem como objetivo a remoção de sólidos sedimentáveis e o tratamento secundário a remoção bioquímica da matéria orgânica. Conforme os resultados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 2013 realizadas nas áreas urbanas e rurais, é muito comum no Brasil o uso de fossas rudimentares, mesmo existindo diversas alternativas de sistemas conhecidos para comunidades isoladas (IBGE, 2013). As fossas absorventes,

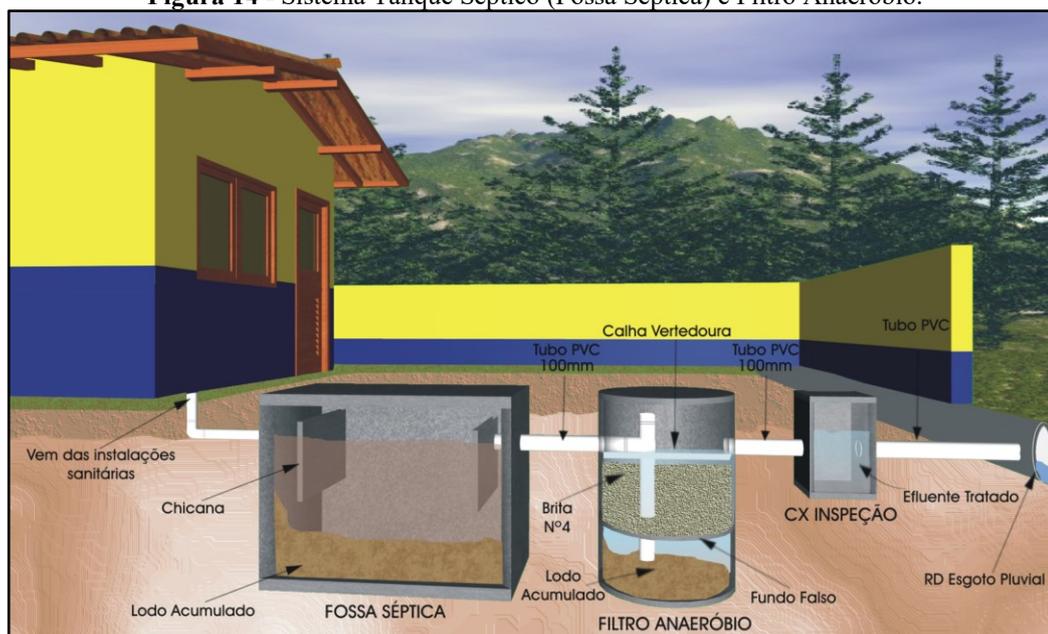
⁸ Disponível em: <https://www.rural21.com/english/news/detail/article/effective-water-treatment-through-solar-disinfection.html>

⁹ Disponível em: <https://sdwforall.com/tecnologias/aqualuz>

rudimentares, negras ou caipiras são um buraco escavado no solo para receber esgoto bruto, com impermeabilização parcial ou ausente, desempenhando funções de tanque séptico e sumidouro (TONETTI *et al.*, 2018). Mesmo com todos os problemas que essas fossas podem causar se não projetadas e construídas de forma adequada, o sistema é considerado nacionalmente (FUNASA, 2015) e internacionalmente (WHO, 2006) uma forma de disposição final que resolve satisfatoriamente aspectos de saúde pública.

Tonetti *et al.* (2018), no livro “Tratamento para Esgotos Domésticos em Comunidades Isoladas: referencial para a escolha de soluções”, apresentam as alternativas de tratamento de esgoto doméstico em comunidades isoladas para auxiliar na tomada de decisão dos moradores, gestores públicos e técnicos. O Tanque Séptico é a tecnologia mais utilizada no país, após as fossas absorventes. Os mesmos são utilizados como tratamento primário e secundário, trabalhando como reatores anaeróbios cuja função é reter e digerir os sólidos sedimentáveis e flutuantes e iniciar a degradação biológica da matéria orgânica (TONETTI *et al.*, 2018). O Tanque Séptico proporciona a sedimentação de material sólido e a flutuação de óleos e gorduras com o armazenamento temporário do esgoto doméstico em sua câmara. Detalhes de projeto, construção e operação do mesmo são descritos na NBR 13.969 (ABNT-NBR 13969, 1997). Segundo Tonetti *et al.* (2018), o Filtro Anaeróbio pode ser utilizado como tratamento secundário de esgoto doméstico na sequência do Tanque Séptico, para remover a matéria orgânica e os sólidos suspensos remanescentes. A solução possui uma câmara preenchida com material filtrante, onde se forma uma camada de biofilme (microorganismos que degradam a matéria orgânica). A **Figura 14** ilustra um sistema de tanque séptico seguida de filtro anaeróbio.

Figura 14 - Sistema Tanque Séptico (Fossa Séptica) e Filtro Anaeróbio.

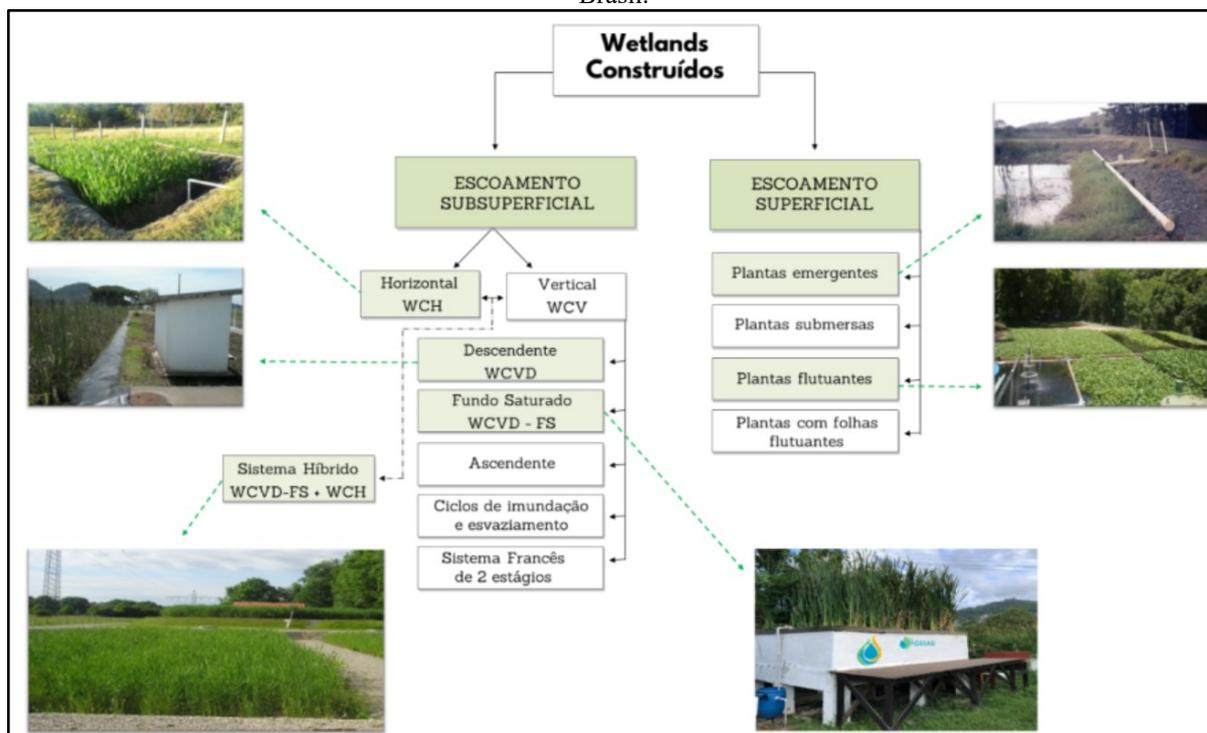


Fonte: WordPress, 2011¹⁰.

Outra solução para tratamento secundário são os Sistemas Alagados Construídos, Zonas de Raízes ou *Wetlands* Construídos, são compostos por valas alagáveis com paredes e fundo impermeabilizados (TONETTI *et al.*, 2018). Existem diversas alternativas de *Wetlands* Construídos, os quais podem ser classificados de acordo com a **Figura 15**, a depender se o escoamento se dá de forma superficial, com o esgoto exposto à atmosfera, ou de forma subsuperficial, sem que haja contato de líquido com atmosfera (SEZERINO; PELISSARI, 2021). O escoamento subsuperficial pode ser horizontal ou vertical, com o último necessitando de bomba para seu funcionamento. Sezerino e Pelissari (2021) contam de uma aplicação de *wetland* horizontal em Ibirama/SC, onde utilizou-se a relação 2 m²/habitante. Neste caso, a uma camada dupla de lona de 0,20 mm de espessura foi utilizada para impermeabilização, o material filtrante aplicado foi brita nº 1 e foi plantada a macrófita capim vertiver (SEZERINO; PELISSARI, 2021). Adicionalmente, outras alternativas de *wetlands* construídos podem ser utilizadas como tratamento primário ou ainda para tratamento de lodo (SEZERINO; PELISSARI, 2021).

¹⁰ Disponível em: <https://santanaartefatosdecimento.wordpress.com/2011/11/30/sistemas-hidraulicos-prefeitura-de-navegantes-sc/>

Figura 15 - Classificação dos *Wetlands* Construídos com destaque para as modalidades mais recorrentes no Brasil.



Fonte: Sezerino e Pelissari, 2021.

Além disso, pode haver separação das águas ou não, influenciando nas alternativas de soluções. As águas cinzas são provenientes de pias, tanques, máquinas de lavar roupas e chuveiros, enquanto as águas negras são o efluente do vaso sanitário (FUNASA, 2015). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2006), a prática de segregar esgoto doméstico em duas frações, águas cinzas e negras, é comum nas zonas rurais do Brasil (*apud* TONETTI *et al.*, 2018). Na perspectiva do saneamento ecológico, a separação das águas torna o processo de tratamento mais simplificado e eficiente (FONSECA, 2008). Entretanto, Tonetti *et al.* (2018) relatam que o tratamento diferenciado das águas cinzas e negras “não é incluído nas normas técnicas vigentes; ainda é pouco relatado nas pesquisas de campo e pouco avaliado em relação ao seu possível impacto na qualidade do solo, das águas e na saúde humana”.

Com a separação das águas, é possível tratar as águas negras com Fossa Verde, também conhecida como Bacia de Evapotranspiração (BET), conforme ilustrado na **Figura 16**. (TONETTI *et al.*, 2018). Conforme Figueiredo *et al.* (2018), a BET foi desenvolvida norte-americano Tom Watson e é composta por um compartimento central para o recebimento e digestão anaeróbia dos nutrientes, que pode ser composta por pneus usados, uma camada filtrante com maior granulometria no fundo e menor nas camadas superiores, que podem ser

compostas de entulho de diferentes granulometria e terra no final, além de uma área plantada com bananeiras, mamoeiro, lírio do brejo e taiobas. Estas plantas são recomendadas devido às suas elevadas necessidades nutricionais e hídricas (FIGUEIREDO *et al.*, 2019). A manutenção do sistema é simples, com a poda das plantas e cobertura do solo com palha seca ou com a própria poda (FIGUEIREDO *et al.*, 2018).

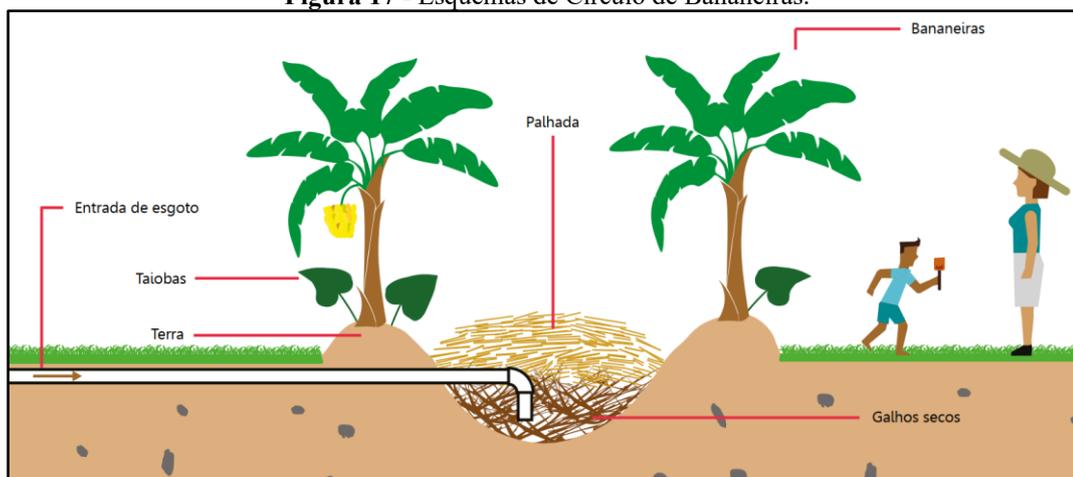
Figura 16 – Bacia de Evapotranspiração construída em comunidade caiçara de Paraty/RJ pelo Projeto Observatório de Territórios Saudáveis e Sustentáveis da Bocaina.



Fonte: Figueiredo *et al.*, 2018.

Tonetti *et al.* (2018) apresenta três alternativas para a disposição final do efluente no solo, o Círculo de Bananeiras, a Vala de Infiltração e o Sumidouro. Os dois últimos têm o detalhamento para dimensionamento descritos na NBR 13.969 (ABNT-NBR 13969, 1997). O Círculo de Bananeiras (**Figura 17**) é uma unidade de tratamento para águas cinzas, consistindo em uma vala circular preenchida com galhos e palhada, com bananeiras e/ou outras plantas que apreciem o solo úmido e rico em nutrientes (TONETTI *et al.*, 2018). A Vala de Infiltração é uma técnica de disposição final do esgoto pré-tratado em uma vala escavada no solo, com um tubo perfurado envolvido por brita (ABNT-NBR 13969, 1997). O Sumidouro é um poço escavado no solo para depuração e disposição final no solo, de formato cilíndrico ou prismático (ABNT-NBR 13969, 1997).

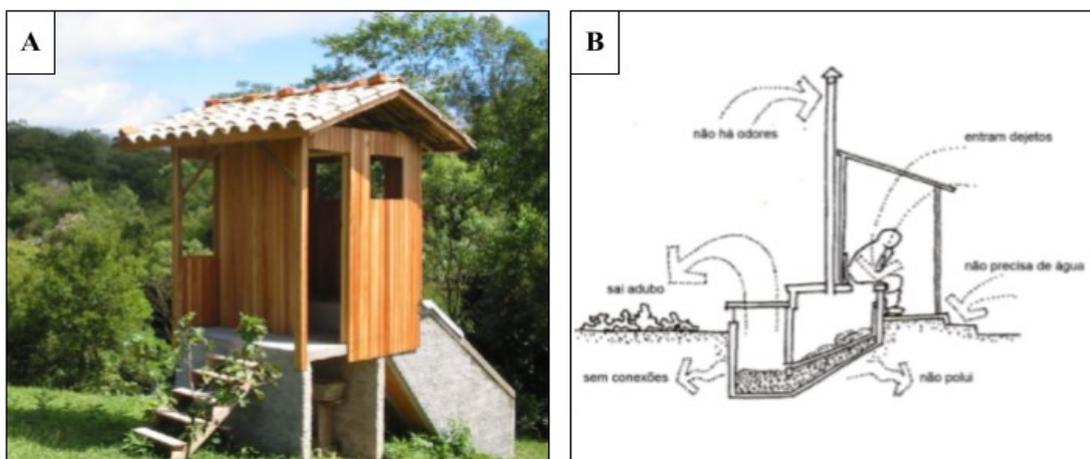
Figura 17 - Esquemas de Círculo de Bananeiras.



Fonte: Tonetti *et al.*, 2018.

Sousa (2014) aponta a necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas para o tratamento de dejetos humanos, em especial em comunidades situadas na zona rural. São tecnologias de baixo custo, que não dependem da disponibilidade de água, o Banheiro Seco e a Fossa Seca (TONETTI *et al.*, 2018). A Fossa Seca é um buraco escavado no solo com um abrigo acima, e assim que encher, deve ser coberta com terra e construída em outro lugar (TONETTI *et al.*, 2018). O Banheiro Seco, Sanitário Compostável, Banheiro Biológico ou Banheiro Ecológico possui uma câmara de compostagem lacrada e impermeabilizada abaixo do assento sanitário para disposição dos dejetos (SOUSA, 2014). Tonetti *et al.* (2018) apontam que o banheiro seco pode ser utilizado pelo seu apelo ecológico ou para solucionar a questão sanitária em locais com escassez hídrica. Um dos modelos de banheiro seco é o Bason, apresentado na **Figura 18**. Segundo Sousa (2014), o modelo Bason tem a câmara de compostagem acoplada ao vaso sanitário, com formato dimensionado para garantir a saída de ar quente e odores pela chaminé. A TS funciona com a acumulação das fezes e do papel higiênico na câmara e, após cada utilização, deve-se jogar um pouco de material seco para estabilização, como serragem, folhas secas, areia fina, cinzas ou cal (TONETTI *et al.*, 2018). Conforme Sousa (2014), o processo de estabilização é proporcionado por microrganismos aeróbios que transformam a matéria orgânica, promovendo a compostagem dos dejetos. Após compostados, os despejos podem ser utilizados como fertilizante para a agricultura (SOUSA, 2014).

Figura 18 - Banheiro Seco modelo Bason.

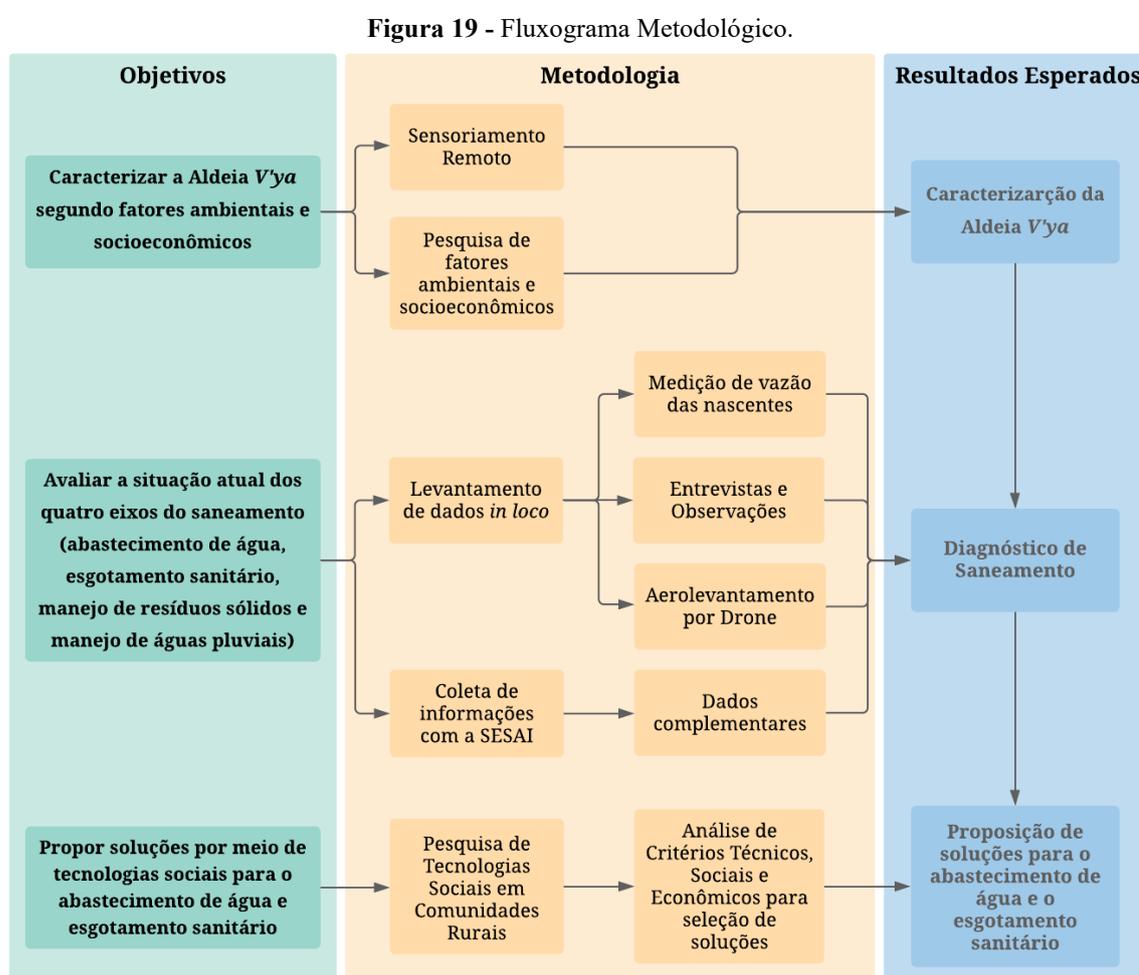


Fonte: Adaptado de Instituto EcoAção, 2021¹¹.

¹¹ Disponível em: <http://institutoecoacao.blogspot.com/2014/10/bason-um-sanitario-seco-e-compostavel.html>

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho inicialmente apresenta como se deu a caracterização do objeto de estudo, a Aldeia *V'ya* e seu território. A partir disso, desenvolve-se como ocorreu a avaliação da situação atual dos quatro eixos do saneamento na Aldeia *V'ya* e a proposição de soluções para o abastecimento de água e esgotamento sanitário a partir de análises de critérios técnicos, sociais e econômicos. As etapas da metodologia deste trabalho podem ser melhor visualizadas no Fluxograma Metodológico (**Figura 19**).



Fonte: Elaborado pela Autora, 2021.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ALDEIA V'YA

A caracterização da Aldeia V'ya foi realizada considerando fatores ambientais e socioeconômicos. As informações foram obtidas por meio de pesquisas, dados obtidos da Associação de Indígenas Guarani-Mbya Tekoá V'ya, e sensoriamento remoto da área de estudo. Para análise remota da área de estudo, foram produzidos mapas no ArcMap, *software* ArcGIS, utilizando-se dados do IBGE, da FUNAI, da EPAGRI, e a partir dos dados obtidos em campo. Desta forma, foram produzidos mapas de localização, organização da aldeia e altimetria e hidrografia.

3.2. DIAGNÓSTICO DE SANEAMENTO DA ALDEIA V'YA

O diagnóstico foi desenvolvido por meio da avaliação da situação de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais da Aldeia V'ya, em 23 de setembro de 2020. Nesta data, a equipe do ESF-Florianópolis responsável pelo projeto *Iara* realizou uma visita técnica na Aldeia de Major Gercino para levantar as informações necessárias. Metade do corpo técnico do ESF-Florianópolis do projeto *Iara*, em conjunto com um servidor da SESAI e o Agente Indígena de Saneamento (AISAN), foram até as nascentes que abastecem a Aldeia para avaliar as condições das mesmas. Em seguida, o Engenheiro Florestal da equipe do ESF-Florianópolis realizou o aerolevante da área com aeronave remotamente pilotada (drone). A outra metade do corpo técnico do projeto visitou toda aldeia, acompanhados do servidor da FUNAI e da Vice-Cacique, mapeando a organização e estrutura da mesma, por meio de entrevistas e observações.

O mapeamento da área foi realizado com a aeronave remotamente pilotada Drone *DJI Mavic II PRO*. Com isto, obtivemos o ortofotomosaico e as curvas de nível da região de ocupação da aldeia para geração de mapas e análises de área. O aplicativo *Pix4D*, um *software* para extrair as dimensões e posições de fotografias métricas (fotogrametria), foi utilizado para o aerolevante. Além disso, para verificar as condições climáticas (velocidade do vento, probabilidade de chuva, cobertura de nuvens, visibilidade e temperatura) utilizou-se o aplicativo *UAV Forecast*. Adicionalmente, o processamento de imagens e a geração do ortofotomosaico foram feitos no *software Mappa*.

Para realizar o mapeamento da infraestrutura e da organização da Aldeia, foram visitadas todas as casas, casas de reza, cozinhas, banheiros, casa de reunião, galinheiros, todo sistema de abastecimento de água, etc. Por meio do aplicativo *Avenza Maps*, anotou-se onde cada estrutura estava localizada espacialmente. Os moradores que se encontravam presentes nas localidades foram entrevistados para verificação de função das estruturas, do número de habitantes em cada casa, de existência ou não de pontos de acesso à água nas residências (torneira, banheiro, entre outros), de problemas recorrentes de extravasamento dos sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário, entre outras informações pertinentes. Adicionalmente, as estruturas foram fotografadas e foram feitas observações sobre o estado de conservação e materiais utilizados na infraestrutura da Aldeia. Com estas informações, foi possível realizar os diagnósticos dos quatro eixos do saneamento.

Para análise remota da área de estudo, foram produzidos mapas no ArcMap, *software* ArcGIS, utilizando-se dados do IBGE, da FUNAI, e a partir dos dados obtidos em campo. Desta forma, foram produzidos mapas de abastecimento de água, de pontos de distribuição de água, de exposição, de infraestrutura, de elevação e de risco a inundações.

Finalmente, para complementar o diagnóstico, diversas informações foram solicitadas para a SESAI DSEI-ISUL. As informações solicitadas foram: dados dos habitantes da Aldeia (quantidade, idades, gênero, etc.); informações sobre o sistema de saúde e doenças recorrentes; resultados das análises de qualidade da água; e demais informações sobre os sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto existentes. As informações repassadas se encontram nos resultados deste trabalho.

3.2.1. Diagnóstico do Abastecimento de Água

Para o diagnóstico do abastecimento de água da Aldeia *V'ya*, os sistemas de captação, tratamento, reservação e distribuição de água da aldeia foram avaliados, por meio de observações e entrevistas com a comunidade. Além disso, verificou-se se o sistema atual atende à demanda atual da população com a medição da vazão das nascentes e o cálculo da demanda de água. A vazão das nascentes foi medida em um recipiente de dois litros. Cronometrou-se três vezes o tempo que a nascente levava até encher todo recipiente. A partir da média dos tempos, calcula-se a vazão pela equação 1:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Onde,

Q = Vazão [litros/segundos]

V = Volume [litros]

t = Tempo [segundos]

A demanda diária foi calculada conforme a equação 2, adotando-se um consumo per capita de 100 litros/habitante.dia.

$$C_D = P \times q \quad (2)$$

Onde,

C_D = Demanda de consumo diário de água [litros/dia]

P = População atual (2020)

q = Consumo diário per capita [litros/dia]

Para observar o estado de conservação das nascentes, fez-se uma análise visual da mesma, sem análises laboratoriais e sem nenhuma métrica com anotação de valores e índices.

3.2.2. Diagnóstico do Esgotamento Sanitário

Para o diagnóstico do esgotamento sanitário da Aldeia *V'ya*, os sistemas individuais de tratamento foram avaliados, por meio de observações e entrevistas com a comunidade. As análises foram apenas visuais, os sistemas não foram abertos para verificação de sua situação interna. Para complementar as informações obtidas em campo, solicitou-se à FUNAI e à SESAI quais sistemas de tratamento de esgoto estão instalados, doenças recorrentes na comunidade e outros dados referentes ao esgotamento sanitário.

3.2.3. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos

Para o diagnóstico do manejo de resíduos sólidos da Aldeia *V'ya*, avaliou-se a gestão dos resíduos e as condições de descarte dos mesmos em toda a área de ocupação da aldeia, por

meio de observações e entrevistas com a comunidade. Além disso, estimou-se a quantidade de resíduos sólidos gerados pela aldeia baseado em um estudo gravimétrico realizado na Aldeia *M'Biguaçu* para a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos em Aldeia Indígenas 2020-2023 (DSEI-ISUL, 2019). Neste estudo os resíduos foram pesados e caracterizados pela equipe do Subprograma de Apoio à Saúde e Saneamento. Estimando que a quantidade de resíduos sólidos per capita gerada na Aldeia *M'Biguaçu* é a mesma gerada na Aldeia *V'ya*, e sabendo as populações nas duas aldeias, obtemos um valor aproximado da quantidade de resíduos gerados na Aldeia *V'ya*. Considerou-se a mesma quantidade per capita por similaridades entre as aldeias, pois ambas são Guarani, apresentam número semelhante de habitantes e estão localizadas em regiões próximas.

3.2.4. Diagnóstico do Manejo de Águas Pluviais

Para o diagnóstico do manejo de águas pluviais foi realizada uma análise do risco climático de inundações. Desta forma, avalia-se a ameaça climática, a exposição e a vulnerabilidade, dividida em capacidade adaptativa e sensibilidade (AMORIM, 2019). Conforme Amorim (2019), (i) a ameaça climática é a probabilidade de um evento natural ou induzido ocorrer, causando possivelmente algum dano às populações humanas, como mortes, ferimentos, problemas de saúde pública, perdas materiais, danos à infraestrutura, entre outros; (ii) a exposição considera a localização e concentração de pessoas ou ativos econômicos, sociais ou culturais que podem ser afetados por estes eventos; (iii) a vulnerabilidade é um conceito que compreende duas características, a capacidade adaptativa (capacidade de um indivíduo, uma população, estrutura ou sistema de se antecipar a, resistir a e se recuperar de danos potenciais causados por estes eventos) e a sensibilidade (grau com que um indivíduo, uma população, estrutura ou sistema é afetado negativamente na ocorrência destes eventos).

A ameaça climática a inundações foi definida como a quantidade de chuva na região. Porém, como a área ocupada pela aldeia é muito pequena e a quantidade de chuva é homogênea, a mesma não pode ser analisada de forma comparativa. Por esta razão, este parâmetro não foi considerado na análise de risco. Para a análise da exposição, foi considerada a localização das áreas construídas e a quantidade de moradores por habitação, aumentando o fator de risco conforme o aumento de estruturas e pessoas habitando o local. Na análise de capacidade adaptativa, foram considerados os materiais de infraestrutura da aldeia, sendo as estruturas mais

vulneráveis (menor capacidade adaptativa) atribuídas com um fator de risco maior. Para a análise da sensibilidade, foi normalizada a declividade, pois quanto mais plano um terreno mais sensível a inundações (vulnerável) a população naquela área se encontra. Todos os aspectos avaliados foram normalizados de 0,0 a 1,0, sendo 0,0 menor risco e 1,0 maior risco. Desta forma, o fator de risco foi calculado por meio da equação 3:

$$\text{Risco de Inundação} = \frac{(\text{fator de exposição} + \text{fator de capacidade adaptativa} + \text{ator de sensibilidade})}{3} \quad (3)$$

3.3. PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES POR ANÁLISE DE CRITÉRIOS TÉCNICOS, SOCIAIS E ECONÔMICOS

As soluções para o sistema de abastecimento de água e os sistemas de tratamento de esgoto da Aldeia foram propostas a partir dos resultados do diagnóstico de saneamento e pesquisa de TS na Revisão Bibliográfica. Todas as alternativas consideradas foram levadas para consulta com a comunidade, para verificação da aprovação da mesma, promovendo o engajamento da Aldeia no projeto. Entretanto, não foi possível o desenvolvimento das soluções em conjunto com a comunidade, em formas de oficinas e dinâmicas, por causa das restrições sanitárias necessárias por conta da COVID-19. Portanto, para definição do sistema mais adequado à realidade local, elaborou-se uma análise que considera um conjunto de critérios técnicos, sociais e econômicos, para interpretar as diferentes consequências de cada alternativa proposta.

3.3.1. Projeção Populacional e Cálculo de Demanda de Água

Para o ponto de partida da definição de soluções para o abastecimento de água, foi calculada a projeção populacional pelo método de crescimento percentual constante (crescimento pressuposto ilimitado), conforme as equações 4 e 5. Com os dados de quantidade de moradores da aldeia em dois anos diferentes, foi calculada a taxa de crescimento geométrica, para calcular a população em 2030. Além disso, a demanda diária para a população projetada em 2030 foi calculada conforme a equação 6.

$$k_G = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_1)}{t_2 - t_1} \quad (4)$$

Onde,

k_G = Taxa de crescimento geométrica

P_1 = População em 2019

P_2 = População em 2020

t_1 = 2019

t_2 = 2020

$$P_t = P_2 \times e^{(k_G - t_2)} \quad (5)$$

Onde,

P_t = População em 2030

$e \approx 2,7183$ (constante de Euler)

$$C_D = P_t \times q \quad (6)$$

Onde,

C_D = Demanda de consumo diário de água [litros/dia]

q = Consumo diário per capita [litros/dia]

3.3.2. Análise de Critérios Técnicos, Sociais e Econômicos

Foram elaboradas diferentes soluções para os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário da Aldeia *V'ya*. Para 03 diferentes fontes de água se buscou soluções de TS para o abastecimento. Além disso, 03 alternativas de desinfecção são analisadas para atender aos padrões de potabilidade. Optou-se por sistemas individuais para o tratamento de esgoto e buscou-se 02 alternativas para desejos humanos ou águas negras, 02 para as águas cinzas e 02 para esgoto doméstico (onde há mistura das águas). As alternativas estão apresentadas no item 4.3 deste trabalho.

Para definição do sistema mais adequado à realidade local, elaborou-se uma análise de critérios técnicos, sociais e econômicos para interpretar as diferentes consequências de cada solução de sistema, por meio da avaliação de um conjunto de critérios. Os critérios técnicos escolhidos para a análise foram: a área ocupada, e a frequência de manutenção exigida por cada tecnologia, a necessidade ou não de mão-de-obra especializada para instalação, a manutenção e limpeza dos sistemas, a necessidade ou não de energia elétrica e a necessidade ou não de água. A aldeia não possui rede elétrica adequada, sendo um critério significativo. A necessidade de água foi utilizada apenas para comparar as alternativas de tratamento de dejetos ou águas negras. A eficiência dos sistemas de tratamento não foi levada em consideração nesta análise, pois não há análises da qualidade da água ainda. Desta forma, adotou-se como premissa que todas as soluções têm uma eficiência satisfatória. Os critérios sociais considerados foram: a adaptabilidade com a paisagem, a adaptabilidade com os costumes da aldeia e a aceitabilidade da comunidade (engajamento). Os critérios econômicos determinados para esta análise foram: custos de instalação e custos de manutenção (anuais).

Nesta análise, cada critério foi normalizado de 1 a 5, sendo 1 menos favorável e 5 mais favorável, a partir de valores conhecidos de sistemas similares em comunidades isoladas, utilizando-se as referências do item 2.4 deste trabalho. Além disso, deu-se um peso de 1 a 3 a cada critério, com relação ao grau de relevância, sendo 1 menos relevante e 3 mais relevante. O peso dado para cada critério é igual em todas as análises que são comparadas, para podermos cotejar os resultados. Os pesos e as avaliações de cada critério foram dados por meio de dados obtidos nas referências do item 2.4 deste trabalho e de informações obtidas com a comunidade. O índice é a avaliação multiplicada pelo peso e a nota é a soma dos índices normalizados para obtenção de uma nota de 1 a 5, sendo 5 a mais favorável. No final, foi gerada uma nota de 1 a 5 para avaliar as soluções, sendo 1 menos adequado e 5 mais adequado, em comparação com as alternativas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados deste trabalho, bem como a discussão referentes dos mesmos. Serão apresentados (i) a caracterização do objeto de estudo, (ii) o diagnóstico de saneamento e (iii) a proposição de soluções com análises de critérios técnicos, sociais e econômicos. O diagnóstico é referente ao dia 23 de setembro de 2020, data da visita técnica para levantamento de dados *in loco*. A caracterização da aldeia e a proposição de soluções considerará também informações obtidas após este dia.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ALDEIA *V'YA*

4.1.1. Localização

A Aldeia *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (“Aldeia Feliz”) está situada na localidade de Águas Claras (**Figura 20**) em Major Gercino, município localizado na região Noroeste da Grande Florianópolis, Vale do Rio Tijucas, no estado de Santa Catarina. A área total do território indígena possui, aproximadamente, 1,40 km². Adicionalmente, a Aldeia *V'ya* abriga em torno de 45 famílias, aproximadamente 150 pessoas (dados de setembro de 2020).

Figura 20 - Mapa de Localização da Aldeia *V'ya*, Major Gercino/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

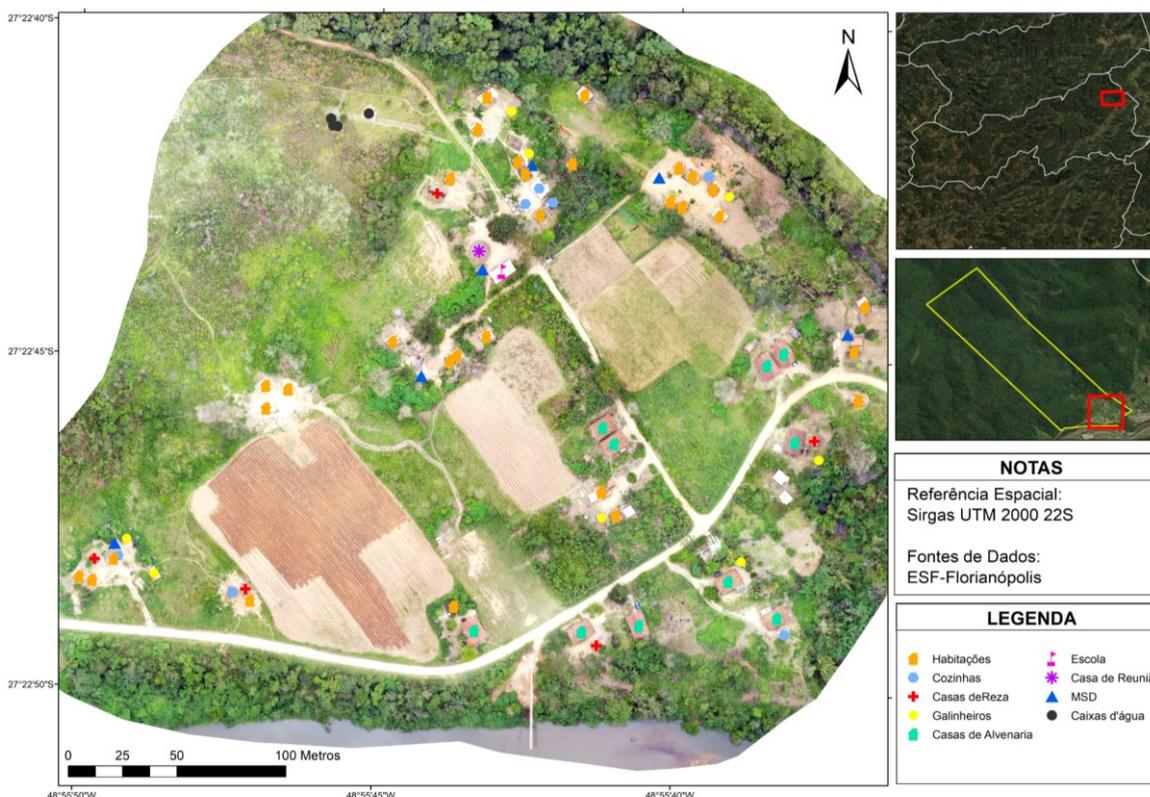
4.1.2. Caracterização Socioeconômica

A Associação de Indígenas *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* foi constituída em 2019 com a finalidade de promover o bem-estar político, econômico, ambiental e cultural da comunidade e tem na liderança comunitária o Cacique Artur Benite e a Vice-Cacique Cecília Brizola. Segundo informações obtidas pela Associação de Indígenas *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya* (2021), com a duplicação da BR 101 que ocupou a Terra Indígena Morro dos Cavalos em 2009, o modo de vida Guarani foi afetado e algumas famílias foram realocadas para novos territórios adquiridos por medidas compensatórias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), sendo uma delas o território de Major Gercino. Em 2009, treze famílias que viviam na *Tekoá Itaty* se mudaram para as terras compradas em Major Gercino, formando a *Tekoá V'ya*. Entretanto, as famílias ainda aguardam as melhorias prometidas, como a construção de uma escola pelo Conselho Estadual de Educação (SEE/SC), além da instalação de redes elétrica e de abastecimento de água adequadas e de um consultório para atendimento à saúde. A aldeia necessita de insumos e equipamentos para a agricultura, apoio para construção

de mais habitações, melhorias na comunicação e infraestrutura básica de transporte próprio. Adicionalmente, a aldeia não faz parte do Programa Básico Ambiental da Autopista Litoral Sul, ficando de fora de vários projetos e ações que ocorrem junto às demais aldeias da região.

A aldeia é composta por 41 habitações, sendo 10 de alvenaria completas e as demais de madeira, bambu ou pau-a-pique, e não possuem banheiro, nem cozinha, dentro de casa. Além disso, há 07 cozinhas (somente 02 com pia), 05 casas de reza, 06 módulos sanitários domiciliares (MSD), 01 casa de reunião, 01 escola e 08 galinheiros, que podem ser visualizadas no mapa de organização da aldeia (**Figura 21**).

Figura 21 - Mapa de Organização da Aldeia *V'ya*, Major Gercino/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

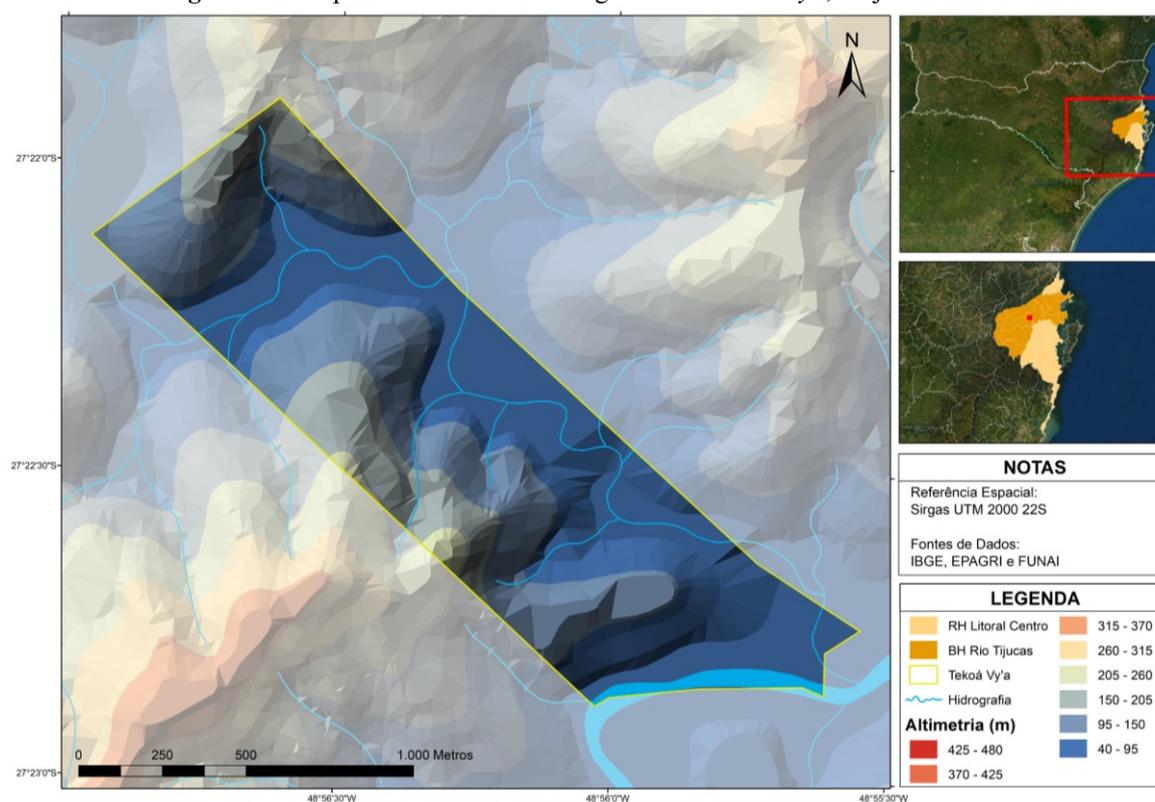
As atividades econômicas da aldeia são constituídas de algumas fontes comuns na sociedade brasileira indígena ou não indígena: os professores, merendeiros e faxineiros são contratados pela Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina (SED/SC); os agentes de Saúde e Saneamento são contratados via SESAI; os aposentados recebem aposentadoria indígena, que é por idade e não por tempo de trabalho; algumas famílias recebem benefício da bolsa família com base em critérios de condições sociais iguais aos demais brasileiros; e

algumas pessoas realizam trabalhos pontuais de mão-de-obra externa à aldeia. Atualmente, a principal fonte de renda da comunidade é a venda de artesanato. Além disso, a agricultura é mais utilizada para subsistência da comunidade, sendo pouco explorada como fonte de renda.

4.1.3. Caracterização Ambiental

A Aldeia *V'ya* se encontra dentro da Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Tijucas, a maior da Região Hidrográfica (RH) Litoral Centro. A localização da aldeia dentro do da RH e da BH está ilustrada no mapa de altimetria e hidrografia (**Figura 22**), que foi elaborado a partir de dados de curva de nível, curso d'água e massa de água da EPAGRI.

Figura 22 - Mapa de Altimetria e Hidrografia da Aldeia *V'ya*, Major Gercino/SC.

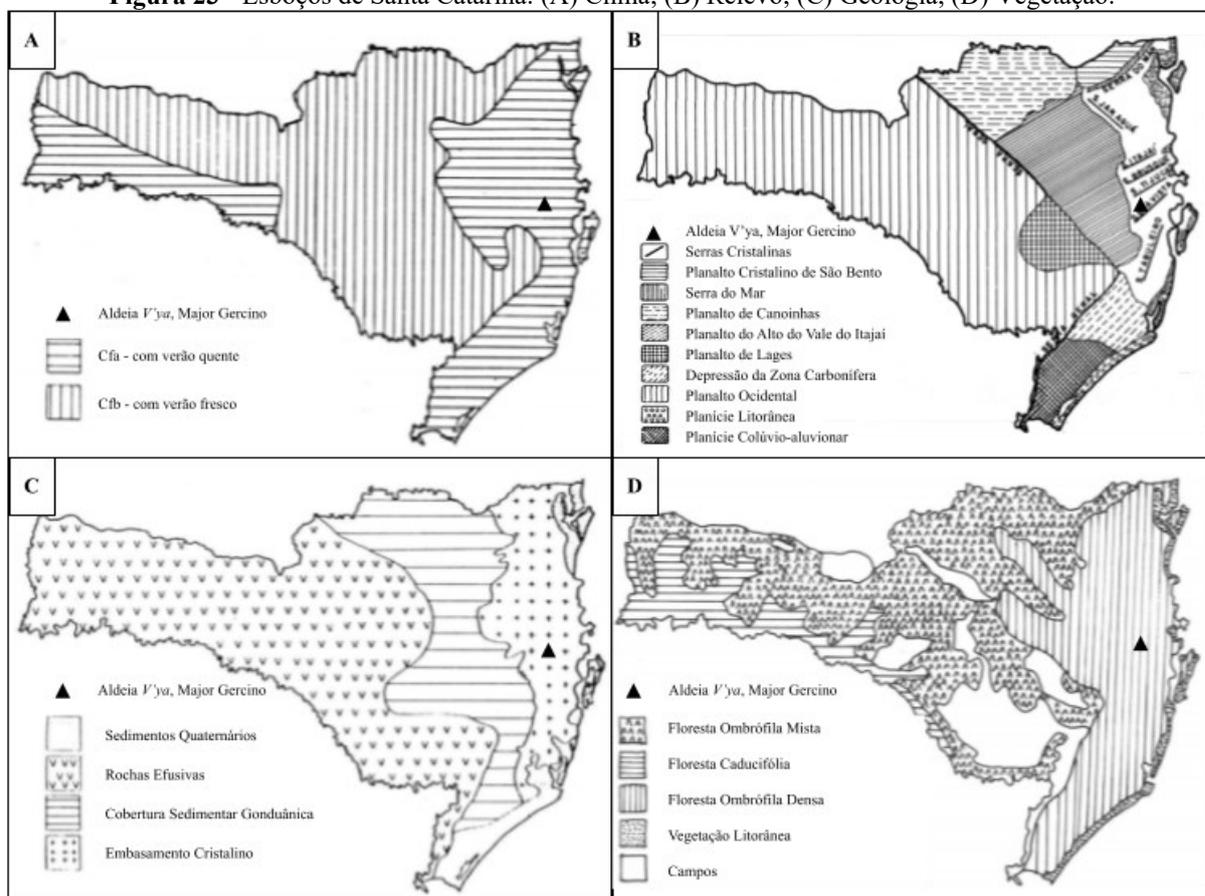


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Segundo Peron *et al.* (2009), o clima na região é subtropical, mesotérmico, úmido com chuvas bem distribuídas, verões quentes e invernos brandos. A aldeia se encontra no relevo de serra cristalina Tijucas, a geologia da região é caracterizada por embasamento cristalino e a cobertura vegetal formada pela Mapa Atlântica, Floresta Ombrófila Densa (PERON *et al.*,

2009). A **Figura 23** ilustra estas características ambientais do estado de SC e a região onde a aldeia está localizada.

Figura 23 - Esboços de Santa Catarina: (A) Clima; (B) Relevo; (C) Geologia; (D) Vegetação.



Fonte: Adaptado de Geovest, 2012¹².

A média mensal de chuva no Município de Major Gercino/SC nos últimos 30 anos é 158mm (CLIMATEMPO, 2021), baseado em dados das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A média mensal da média diária de irradiação solar entre os meses de julho de 2014 e junho de 2015 na região sul de SC é de 5,02 kWh/ m² dia, com desvio padrão de 0,26 kWh/ m² dia (RAMPINELLI *et al.*, 2017). Os recursos hídricos subterrâneos foram analisados a partir dos dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2013). A aldeia se encontra em área praticamente sem aquíferos, com parte dela em área com aquíferos fraturados de menor potencialidade com vazões típicas de 2 a 9 m³/h (CPRM, 2013).

¹² Disponível em: <https://geovest.files.wordpress.com/2012/09/santa-catarina1.pdf>

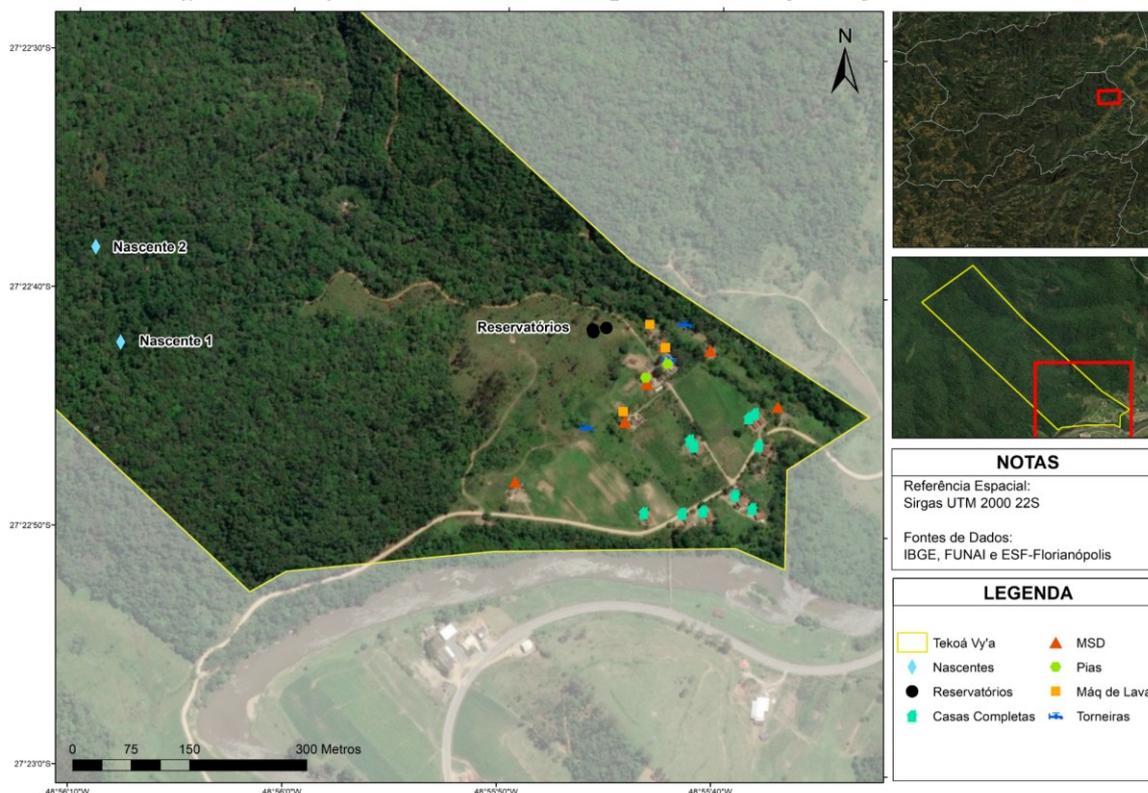
4.2. DIAGNÓSTICO DE SANEAMENTO

O diagnóstico de saneamento realizado na Aldeia *V'ya* no dia 23 de setembro de 2020, a partir de uma visita técnica para o levantamento de dados *in loco*, avaliou os quatro eixos do saneamento: (i) abastecimento de água, (ii) esgotamento sanitário, (iii) manejo de resíduos sólidos e (iv) manejo de águas pluviais. Com o objetivo de complementar os dados obtidos em campo, coletou-se informações com o DSEI-ISUL e analisou-se a área por sensoriamento remoto.

4.2.1. Abastecimento de Água

O sistema de abastecimento de água da Aldeia *V'ya* é simplificado e composto por: dois mananciais superficiais com captação de água bruta, filtro, sistema de desinfecção por hipoclorito (desativado), duas caixas d'água de 10.000 litros cada e rede de distribuição domiciliar. Atualmente, o abastecimento de água da aldeia é proveniente de duas nascentes e a água é conduzida por gravidade por meio de duas adutoras de polietileno de alta densidade (PEAD) até os reservatórios. O mapa de abastecimento de água da aldeia (**Figura 24**) apresenta as localizações das nascentes, dos reservatórios e dos pontos de utilização de água da rede de distribuição.

Figura 24 - Mapa de Abastecimento de Água da Aldeia *V'ya*, Major Gercino/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Conforme dados fornecidos pelo DSEI-ISUL, em 2020 havia 149 habitantes na Aldeia *V'ya*. A demanda diária foi calculada com a adoção de um consumo per capita de 100 litros/dia. Desconsiderou-se os coeficientes do dia de maior consumo (k_1) e da hora de maior consumo (k_2), pois os costumes e a forma de consumo de água da aldeia não são os mesmos de uma cidade. Desta forma, obteve-se que a demanda de água da aldeia será de 14.900,00 litros/dia, o equivalente a 0,17 litros/segundo.

Quanto às nascentes em operação, a nascente 1, apresentada no mapa de abastecimento de água (**Figura 24**), está em operação há mais tempo que a nascente 2 (**Figura 24**), conforme informado pelo Agente Indígena de Saneamento (AISAN) da aldeia. A primeira nascente (**Figura 25**) apresenta em todo o contorno uma vasta e bem preservada área de proteção vegetal em meio à Mata Atlântica. Além disso, a captação da nascente conta com um filtro para evitar que materiais grosseiros sejam conduzidos à tubulação e ao reservatório. Entretanto, a captação de água provocou a degradação da nascente e a redução da vazão de abastecimento. Por este motivo, não foi possível medir a vazão de água nesta nascente.

Figura 25 - Foto da nascente 1 da Aldeia V'ya.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

A nascente 2, conforme o mapa de abastecimento de água (**Figura 24**), também apresenta em todo o contorno uma vasta e bem preservada área de proteção vegetal. Na nascente há uma caixa d'água fechada para armazenamento que se encontrava praticamente vazia devido à baixa vazão (**Figura 26**). Conforme medição da vazão desta nascente, obteve-se uma média de 0,09 litros/segundo. Conforme dados do INMET (2020), a precipitação nas três semanas que antecederam a visita (de 02 a 23 de setembro de 2020) na estação de Rancho Queimado (mais próxima da aldeia), foi de um total de 97,2 mm, o equivalente à uma média de 4,42 mm por dia, maior que a média diária anual de 2,22 mm, o que significa que a vazão média da nascente pode ser até menor que a do dia da medição. Portanto, a nascente 2 não atende a demanda da comunidade, de 0,17 litros/segundo. Como a nascente 1 aparentava ter uma vazão ainda menor que a nascente 2, pode-se concluir que as nascentes juntas provavelmente não são suficientes para abastecer a aldeia.

Figura 26 - Fotos da nascente 2 da Aldeia *V'ya*.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

Segundo informações fornecidas pelo DSEI-ISUL, a Aldeia *V'ya* não está inserida no Programa de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano em Aldeias Indígenas executado pelo DSEI-ISUL, no qual a qualidade de água das aldeias é analisada mensalmente. Por esta razão, não obtivemos informações sobre a qualidade da água nas nascentes. Entretanto, pode-se observar que não há fonte de contaminação a montante da bacia, como criação de animais, agricultura ou residências. Além disso, a área em volta da nascente se mostrou bem preservada e a água não apresentou cor, cheiro ou gosto. Desta forma, pode-se concluir que a qualidade é satisfatória, o que não exclui a necessidade de um monitoramento da mesma.

O AISAN apontou que a disponibilidade de água nas nascentes vem diminuindo ao longo dos anos e que existem períodos, principalmente no verão, onde a vazão é ainda mais baixa do que o observado na visita técnica. Conforme informações do DSEI-ISUL, a equipe técnica de campo do Serviço de Edificações e Saneamento Ambiental Indígena (SESANI) realizou diversas incursões no território da aldeia e não localizou nenhum manancial com capacidade adequada para oferecer a demanda de água necessária, com qualidade e segurança para a comunidade.

A água é conduzida por gravidade das nascentes até os reservatórios por tubos de PEAD de 50 mm. Antes de ser reservada, a água passa por um filtro (**Figura 27**), provavelmente de carvão ativado, entretanto não foram obtidas mais informações sobre o mesmo. Segundo informações fornecidas pelo AISAN, é realizada manutenção frequente do filtro, com limpeza e troca quando necessário. Entretanto, conforme nota técnica do DSEI-ISUL, a manutenção e

a limpeza efetuadas pelo AISAN não ocorrem de forma correta. Assim, a segurança e a qualidade da água são prejudicadas, ressaltando a necessidade de um melhor treinamento do agente.

Figura 27 - Foto do filtro da Aldeia V'ya.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

Há uma caixa d'água de 500 litros para a desinfecção da água, mas esta foi desativada pelos moradores devido ao fato de não aceitarem o gosto que o cloro confere à água. Pode-se sugerir que o hipoclorito não era dosado de forma correta, pois, para a água apresentar esse gosto, a concentração de cloro deveria ser menor ou maior que a ideal (MEYER, 1994). Segundo Meyer (1994), conforme o cloro é adicionado na água, inicialmente ele reage com o nitrogênio amoniacal presente na água, formando cloraminas (confere gosto à água), que são formadas, a depender do pH, da temperatura e do tempo de reação, até chegar ao pico (cloração ou *breakpoint*). A partir da cloração, conforme o cloro é adicionado na água, as cloraminas são oxidadas e destruídas, formando produtos inertes (MEYER, 1994). A continuação da adição de cloro após a destruição das cloraminas proporciona um aumento do cloro residual livre, que é o responsável pela desinfecção, que em excesso pode conferir gosto à água (FUNASA, 2014). Portanto, caso a dosagem seja feita incorretamente, com mais ou menos cloro, a mesma pode apresentar gosto. Embora seja possível um ajuste para reduzir ou eliminar o gosto de cloro, caso continue a ser o caso, deve-se respeitar a vontade da aldeia de não utilizar a cloração como desinfecção da água.

A água é reservada para abastecimento da aldeia em dois reservatórios de 10.000 litros interligados, com a saída para distribuição de um dos reservatórios. Um dos reservatórios se encontrava com a tampa quebrada, conforme **Figura 28**. Também existe nas proximidades um terceiro reservatório de 10.000 litros desativado. As quatro caixas d'água e o filtro de carvão ativado podem ser observados nas fotos da **Figura 28**.

Figura 28 - Fotos de drone dos reservatórios da Aldeia V'ya.



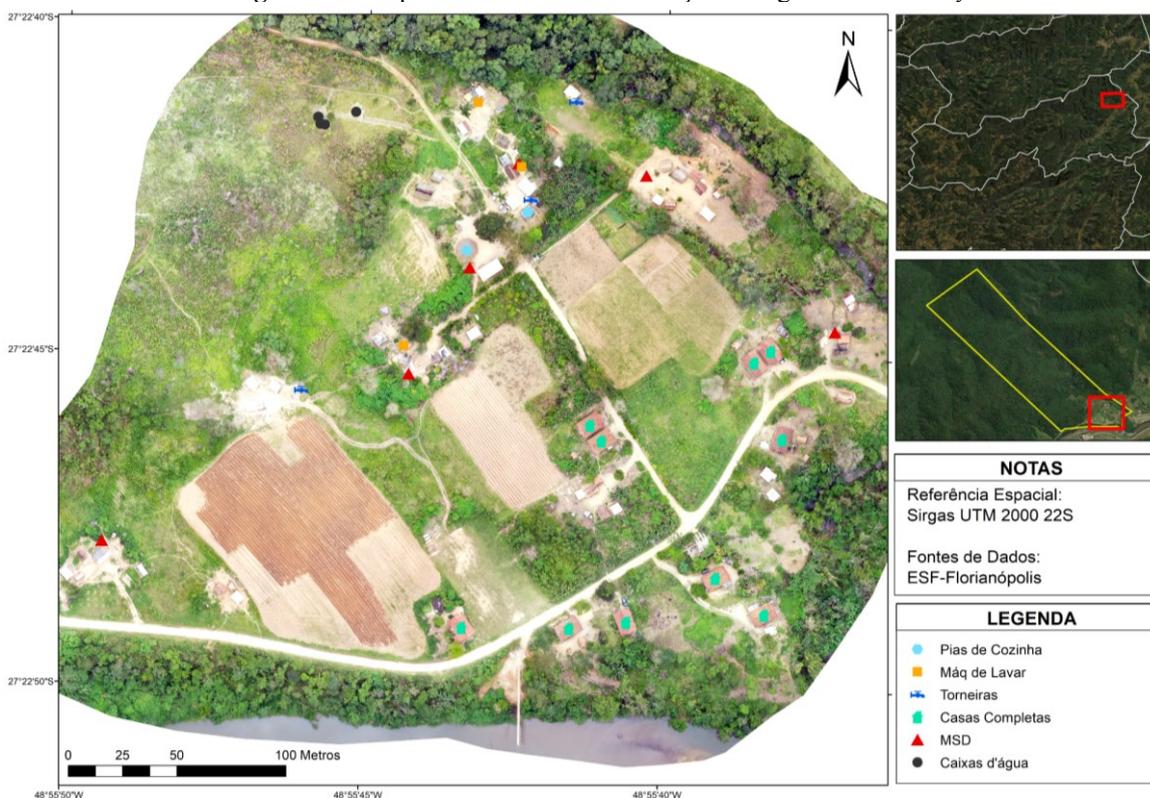
Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

A aldeia é composta por 41 habitações, sendo apenas 10 de alvenaria completas, com caixa d'água, pia de cozinha, tanque na lavanderia e banheiro com bacia sanitária, lavatório e chuveiro. Há apenas 06 módulos sanitários domiciliares (MSD), compostos por bacia sanitária, chuveiro e um tanque do lado externo. Embora os MSD tenham sido construídos pela SESAI em parceria com a Prefeitura de Major Gercino no período de 2018/2019, já se encontram

danificados, entupidos ou sem acesso à água. Adicionalmente, há 07 cozinhas (além daquelas situadas nas casas de alvenaria), somente 01 com pia, sendo que a casa de reunião também possui uma pia de cozinha. Além disso, pode-se encontrar 03 máquinas de lavar roupas, 01 tanque e 03 torneiras. Entretanto, diversos pontos onde antes chegava água, agora não são mais abastecidos, e alguns até foram desativados.

Todos os pontos de utilização de água estão representados no mapa dos pontos de distribuição de água (**Figura 29**), e as fotos de alguns pontos externos às casas podem ser visualizadas na **Figura 30**. A rede de distribuição, que é de PEAD, e os reservatórios (caixas d'água) estão localizados em uma área do terreno mais elevada com relação ao resto da aldeia (39 metros acima). Além de não haver água suficiente, nota-se que a rede não foi bem dimensionada, não garantindo velocidades e pressões suficientes em todos os pontos. Pode-se notar também que mesmo se chegasse água suficiente em todos os pontos de utilização, ainda assim há poucos pontos de acesso à água para a população. Para 149 pessoas e 41 casas, somente 10 casas possuem banheiros internos e cozinhas com pia, e há apenas 6 MSD distribuídos pela aldeia.

Figura 29 - Mapa dos Pontos de Distribuição de Água da Aldeia V'ya.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Figura 30 - Fotos de pontos de distribuição de água da Aldeia *V'ya*.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

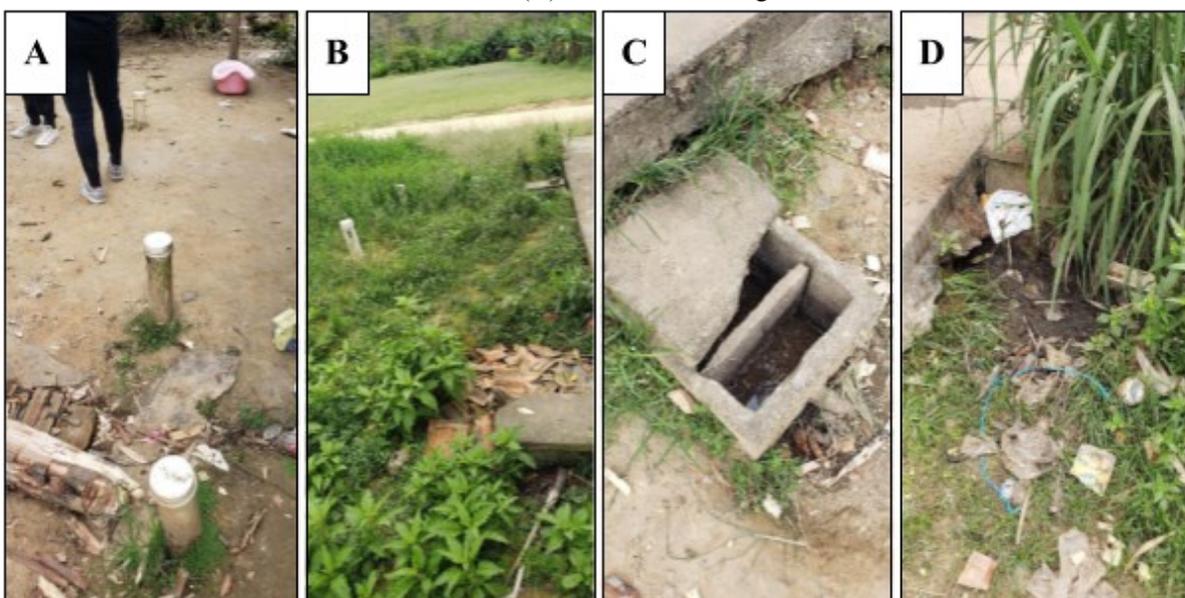
Segundo o AISAN da aldeia, a aldeia não chega a ficar mais de um dia sem água. A operação do sistema de abastecimento de água é realizada pelo AISAN, que alguns dias tem que interromper o abastecimento para garantir pressão de água suficiente para o abastecimento no próximo dia. Geralmente, essa interrupção no abastecimento das casas ocorre por volta das 17:30. Desta forma, as casas que não possuem dispositivo de armazenamento intradomiciliar (caixa d'água), ficam sem água. Adicionalmente, os moradores das casas mais distantes sofrem mais com a falta de água, provavelmente por conta da pressão ser insuficiente para abastecimento.

4.2.2. Esgotamento Sanitário

A Aldeia *V'ya* apresenta as seguintes saídas de esgotos: 06 MSD com bacia sanitária, chuveiro e tanque; 10 casas de alvenaria com pia de cozinha, chuveiro, lavatório, bacia sanitária, e tanque; 02 pias (sendo uma em uma cozinha e outra na casa de reunião); 03

máquinas de lavar roupas; 01 tanque; e 03 torneiras externas. Todos esses pontos estão representados no mapa dos pontos de distribuição de água (**Figura 29**). O esgoto gerado nas residências de alvenaria é encaminhado a sistemas individuais de tratamento, sendo estes compostos por caixa de gordura (para o efluente da pia da cozinha) e aparentemente fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro, ou somente tanque séptico e sumidouro. As casas foram construídas pela FUNAI há aproximadamente 10 anos, mas não foi possível obter os projetos para confirmarmos quais sistemas estão instalados. Detalhes de projeto, construção e operação do tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro são descritos na NBR 13.969 (ABNT-NBR 13969, 1997). Entretanto, os sistemas não foram abertos na visita técnica para verificação do dimensionamento dos sistemas instalados e condições dos mesmos, por falta de recursos e tempo. Durante a inspeção, observou-se problemas na estrutura desses sistemas devido à falta de manutenção e limpeza, como representado na **Figura 31**. Alguns tubos de inspeção foram abertos e foi verificado que os mesmos continham resíduos sólidos dentro. Adicionalmente, todos os moradores relataram extravasamentos nos sistemas. Estes extravasamentos são fatores de risco à saúde dos moradores, pois o esgoto doméstico não tratado contamina o solo em uma área de vivência da família.

Figura 31 - Condições dos sistemas de tratamento de esgoto individual nas casas de alvenaria da Aldeia V'ya: (A) tubos de limpeza e inspeção; (B) caixa de gordura e tubos de inspeção; (C) caixa de gordura com tampa danificada; (D) afloramento de esgoto.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

Situação similar à descrita acima foi observada no sistema de tratamento de esgoto individual dos MSD, representados na **Figura 32**. Também não foi possível abrir para confirmar qual sistema está instalado, nem se o mesmo foi corretamente dimensionado. Embora os módulos tenham sido construídos pela SESAI no período de 2018/2019, seus técnicos não dispunham de informações a respeito. Alguns MSD apresentavam vazamentos em seus sistemas de tratamento no dia da visita, indicando falta de manutenção e limpeza dos mesmos. Os MSD que não apresentaram vazamentos foram os mesmos que não eram abastecidos com água, conforme relato dos moradores.

Figura 32 - Fotos mostrando as condições dos MSD da Aldeia V'ya.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

Os demais pontos abastecidos com água (pias de cozinha, tanque externo, torneiras externas e máquinas de lavar roupas), não possuem tratamento de seus efluentes, sendo estes lançados diretamente no solo, como pode ser observado na **Figura 33**. Como os efluentes dispostos sem tratamento no ambiente são águas cinzas, a situação destes pontos não é tão crítica em comparação com os pontos onde há afloramento de esgoto doméstico no solo. Entretanto, pode-se implementar soluções simples para melhorar a qualidade de vida desta comunidade, evitando riscos de contaminação do solo e da água, e transmissão de vetores.

Figura 33 - Fotos mostrando os pontos de lançamento de efluente não tratado no solo da Aldeia V'ya.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

Conforme dados do DSEI-ISUL, Silva (2020) aponta que 86% das aldeias de SC possuem tanque séptico em solução para o esgotamento sanitário, 10% fossa seca e apenas 4% têm lançamento de esgoto *in natura* diretamente no terreno. Entretanto, não foi possível conferir qual sistema de esgotamento sanitário o DSEI-ISUL considera a Aldeia V'ya, pois há pontos com lançamento de esgoto direto no solo e há pontos com sistema de tratamento instalado, que aparenta ser tanque séptico, mas também poderia ser fossa seca.

4.2.3. Manejo de Resíduos Sólidos

Segundo Silva (2020), a Aldeia *V'ya* está nas 65% das aldeias de SC que possuem coleta de resíduos sólidos pelo município. Entretanto, a coleta dos resíduos sólidos gerados pela aldeia deveria ser realizada uma vez por mês pelo sistema municipal de Major Gercino, mas foi verificado que isso não ocorre. Quanto ao armazenamento dos resíduos sólidos, estes são colocados em um contentor de 1.000 litros localizado na rua principal de chegada na aldeia, como mostra a **Figura 34**, o qual fica distante das moradias. Não há qualquer outro ponto para armazenamento dos resíduos sólidos. Adicionalmente, o contentor está abandonado e não está ocorrendo a coleta por parte do Município de Major Gercino/SC. Portanto, os resíduos estão sendo queimados ou acumulados, dispostos a céu aberto ou jogados em valas, nas matas, podendo contaminar o solo e o lençol freático. Os resíduos orgânicos da aldeia *V'ya* são destinados à alimentação dos animais (cachorros e galinhas), ou descartados no solo.

Figura 34 - Foto mostrando a situação do contentor de resíduos sólidos da Aldeia *V'ya*.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

Como pode ser observado na **Figura 35**, há uma notável quantidade de resíduos sólidos espalhado a céu aberto em diversos locais da Aldeia. Alguns resíduos observados foram garrafas de plástico, latas de alumínio, embalagens plásticas, brinquedos, roupas, fraldas, absorventes, entre outros. Este descarte inadequado a céu aberto próximo às casas e áreas de

uso e circulação de pessoas, e próximo aos corpos d'água proporciona um fator de risco à saúde da comunidade, promovendo a proliferação de vetores e contaminação do solo e da água. Portanto, o cenário apresenta um risco de saúde da comunidade e de impacto ambiental à fauna, à flora, ao solo, ao rio e ao lençol freático do local, caso exista.

Figura 35 - Fotos mostrando a situação do descarte irregular de resíduos sólidos da Aldeia *V'ya*.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

Para o cálculo da estimativa da quantidade de resíduos sólidos gerados pela Aldeia *V'ya* foi utilizado como referência o diagnóstico de resíduos sólidos da Aldeia *M'Biguaçu*

(DSEI-ISUL, 2019). A pesquisa apresentou que foram produzidos em média 0,40 kg/habitante .dia no período do estudo. Quanto à composição gravimétrica, 6,09% são de natureza orgânica, 21,33% de rejeito e 72,58% são recicláveis. Desta forma, considerando o mesmo cenário para a população de 149 habitantes da Aldeia *V'ya*, pode-se estimar que são produzidos 59,6 kg por dia de resíduos sólidos, equivalente a 1,79 toneladas por mês de resíduos sólidos gerados na aldeia. Destes, pode-se estimar que por dia 3,62 kg seriam orgânicos, 12,71 kg seriam rejeito, e 43,26 kg seriam recicláveis. Para esta quantidade de orgânicos, talvez a Aldeia *M'Biguaçu* aproveite os orgânicos de alguma forma, como alimentação de animais ou compostagem. Na Aldeia *V'ya* os resíduos orgânicos também são aproveitados para alimentação de animais, mas poderiam também ser compostados para produção de adubo para a agricultura. Além disso, percebe-se que a quantidade de recicláveis gerados é muito significativa, que poderiam ser aproveitados para gerar renda extra para a comunidade.

A situação apresentada evidenciou que não há um manejo apropriado dos resíduos na Aldeia, fazendo-se necessária uma intervenção por parte da SESAI de, no mínimo, um planejamento e gestão dos resíduos, com instalação de contentores mais próximos às casas, planejamento esse integrado a um programa de educação ambiental. Adicionalmente, com uma gestão dos resíduos sólidos, com conscientização dos riscos e oportunidades que os mesmos proporcionam, a comunidade poderia ter uma melhora de qualidade de vida e ainda gerar valor e gerar mais uma fonte de renda.

4.2.4. Manejo de Águas Pluviais

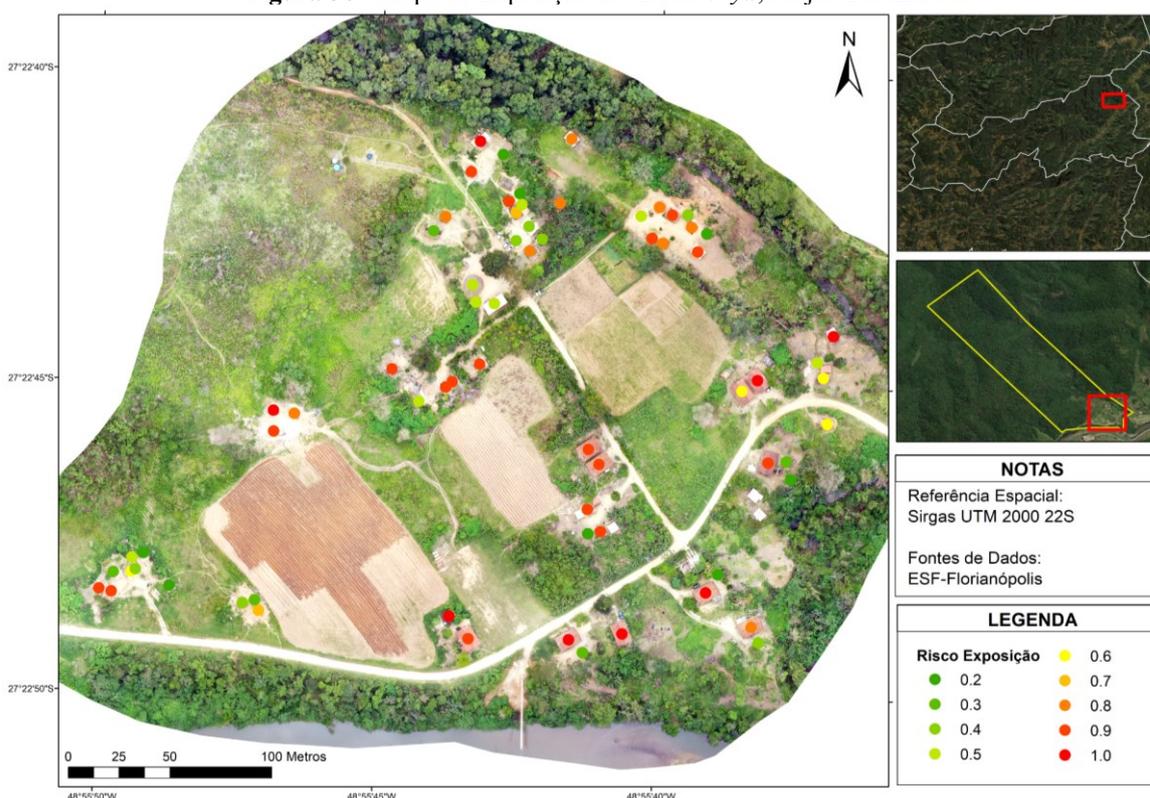
A Aldeia *V'ya* está localizada em uma área rural, portanto não é necessário um sistema de drenagem para o manejo de águas pluviais. Entretanto, em dados obtidos do DSEI-ISUL por Silva (2020), consta que a Aldeia *V'ya* sofre com inundações frequentes em períodos de muita chuva. Como algumas áreas são mais propensas a sofrer inundações, elaborou-se uma análise de risco de inundação da Aldeia *V'ya*. Esta análise poderá contribuir para tomada de decisões de futuros projetos de infraestrutura na aldeia.

Para esta análise de risco de inundação avaliou-se a ameaça climática, a exposição e a vulnerabilidade, dividida em capacidade adaptativa e sensibilidade. A ameaça climática é a quantidade de chuva na região. Conforme a empresa ClimaTempo, a média mensal de chuva no Município de Major Gercino/SC nos últimos 30 anos é 158mm. Porém, como a área ocupada

pela aldeia é muito pequena e a quantidade de chuva é homogênea, a mesma não pode ser analisada de forma comparativa. Por esta razão, esse dado não foi considerado na análise de risco.

Para a análise da exposição, foram consideradas as áreas construídas e a quantidade de moradores por habitação. O mapa de risco de exposição apresenta os elementos analisados (**Figura 36**). Para uma infraestrutura onde ninguém dorme no local, como galinheiros, casas de reza, cozinhas, MSD, considerou-se como fator de risco de 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5, respectivamente. A escola e a casa de reunião também foram consideradas fator de risco 0,5. Para uma habitação onde mora apenas uma pessoa, foi considerado fator de risco 0,6. Para habitações com duas, três, quatro, e cinco ou mais pessoas, foi considerado fator de risco 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, respectivamente.

Figura 36 - Mapa de Exposição da Aldeia V'ya, Major Gercino/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Na análise de capacidade adaptativa (vulnerabilidade), considerou-se os materiais das estruturas da aldeia. Para as estruturas de bambu e de pau-a-pique, os fatores de risco foram 1,0, pois as estruturas são as mais vulneráveis, todas compostas apenas de paredes e telhado. Para estruturas de madeira, como as condições da estrutura variam significativamente,

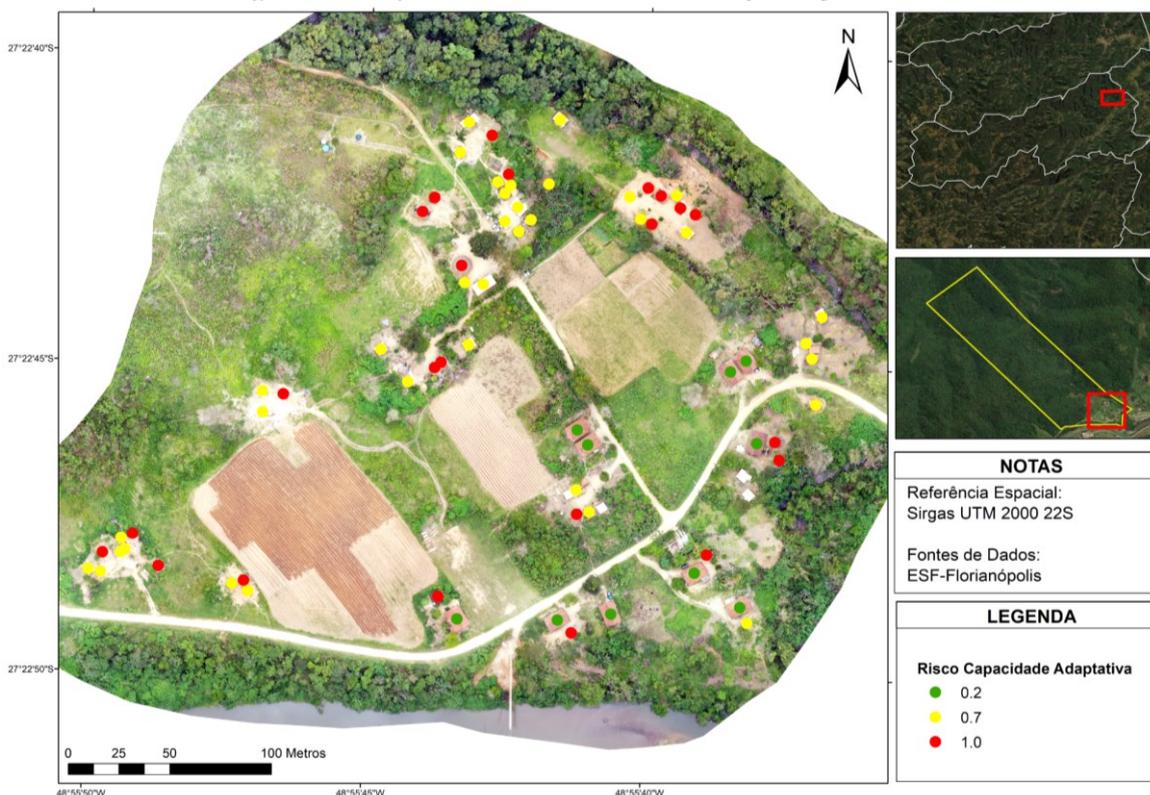
conforme representado na **Figura 37**, considerou-se fator de risco 0,7 (média entre 0,5 e 0,9, segundo as diferentes condições das estruturas). Para estruturas de alvenaria, o fator de risco foi considerado como 0,2. O mapa de risco com relação à capacidade adaptativa (infraestrutura) da Aldeia *V'ya* está apresentado na **Figura 38**.

Figura 37 - Fotos das diferentes estruturas das habitações na Aldeia *V'ya*, Major Gercino/SC: (A) alvenaria; (B) madeira menos vulnerável; (C) madeira mais vulnerável; (D) bambu; (E) pau-a-pique.



Fonte: ESF-Florianópolis, 2020.

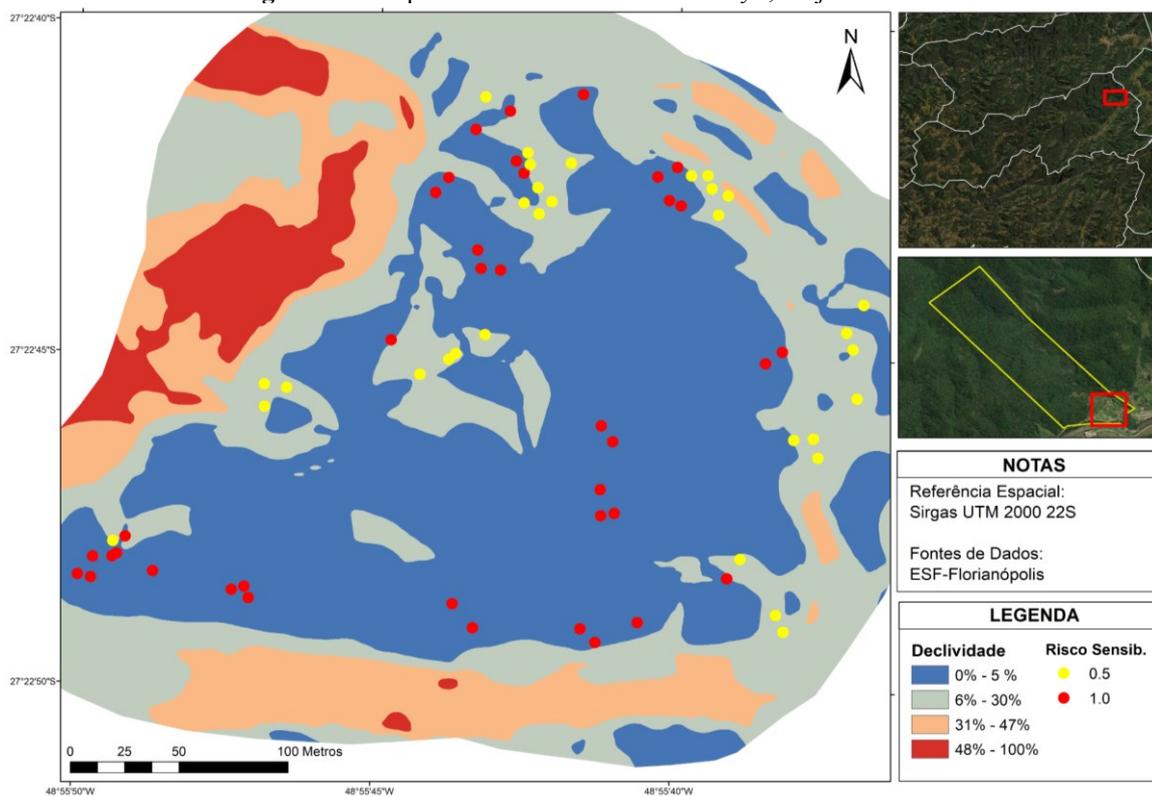
Figura 38 - Mapa de Infraestrutura da Aldeia *V'ya*, Major Gercino/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Com base nas curvas de nível obtidas em campo por meio de aerolevanteamento por drone, elaborou-se um mapa de declividade do terreno em porcentagem (**Figura 39**) pela classificação de De Biasi (1992). A declividade é utilizada para analisar a sensibilidade (vulnerabilidade) para completar a análise de risco de inundação, como representado no mapa de risco de inundação. Para declividades entre 0% e 5%, considerou-se fator de risco 1,0. Para declividades maiores que 5% até 30%, considerou-se fator de risco 0,5. Para declividades maiores que 30% até 47%, considerou-se fator de risco de 0,2. Para declividades maiores que 47%, considerou-se fator de risco 0,0. Entretanto, como as estruturas (exposição) estão todas localizadas em áreas mais planas (até 30%), só foram utilizados fatores de risco 1,0 ou 0,5.

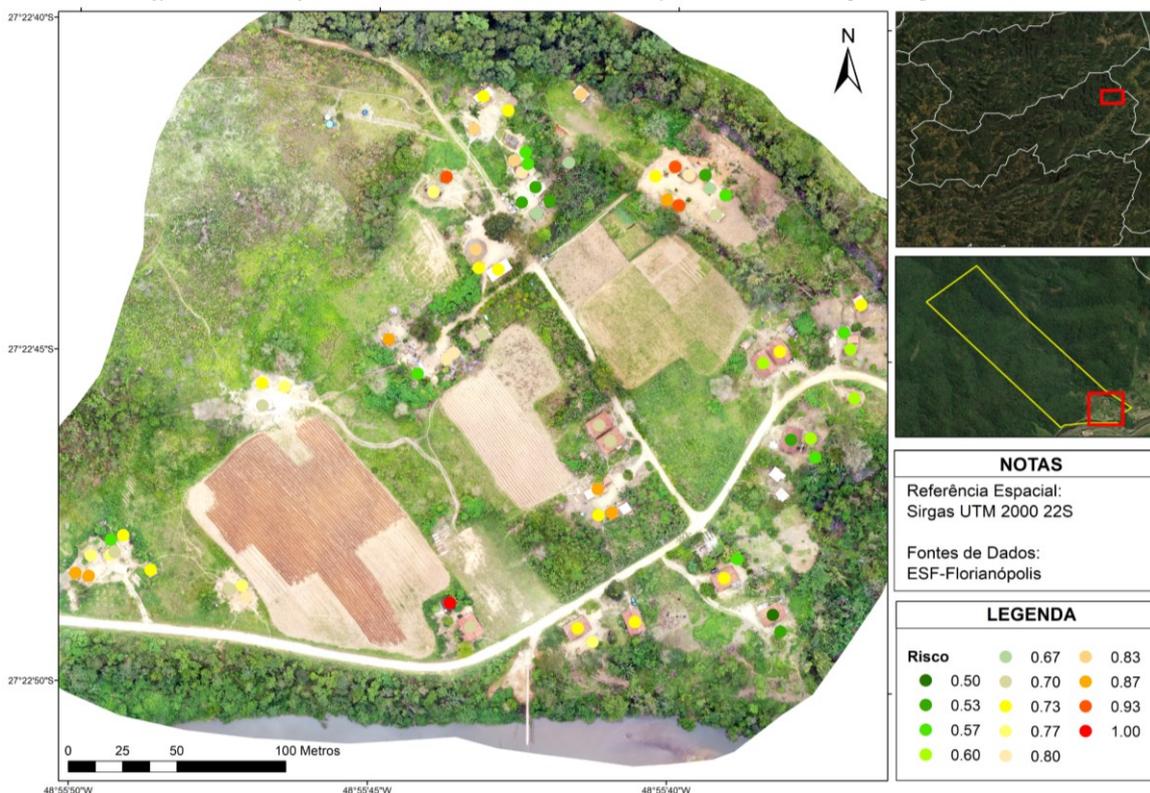
Figura 39 - Mapa de Declividade da Aldeia V'ya, Major Gercino/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

O mapa de análise de risco de inundações (**Figura 40**) foi gerado a partir da média dos riscos normalizados referente à exposição, capacidade adaptativa e sensibilidade. Como considera-se o risco apenas nos locais onde há estruturas expostas, o mapa apresenta os riscos em pontos (locais de cada estrutura).

Figura 40 - Mapa de Análise de Risco de Inundações da Aldeia V'ya, Major Gercino/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Pode-se observar que poucas áreas apresentam maior risco de inundação, o que pode significar que a maior parte das estruturas mais vulneráveis estão em áreas com maior declividade. Entretanto, pode haver outros fatores de riscos que não estão considerados nesta análise, como a promoção de disseminação de vetores, a perda de plantações e inundações em áreas onde há afloramento de esgoto. Portanto, esta análise de risco poderá contribuir para tomada de decisões de futuros projetos de infraestrutura no local, mas outras análises podem ser elaboradas como complemento. Além disso, ressalta-se a necessidade de apoio da FUNAI na construção de moradias dignas na Aldeia, para reduzir o impacto que futuras inundações venham a causar na comunidade.

4.3. PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES POR ANÁLISE DE CRITÉRIOS TÉCNICOS, SOCIAIS E ECONÔMICOS

Diante do cenário evidenciado na fase de diagnóstico foram feitas propostas de soluções técnicas para o enfrentamento da problemática encontrada. Para esse fim foi desenvolvido um estudo de avaliação de alternativas tecnológicas com base em critérios que emergem das necessidades e restrições locais. Deste modo, foram consideradas 03 alternativas referentes a fonte de abastecimento de água e 03 alternativas de desinfecção de água. Para o esgotamento sanitário, foram analisadas 02 alternativas para tratamento de dejetos/águas negras, 02 alternativas para tratamento de águas cinzas e mais 02 alternativas para tratamento de esgoto doméstico (onde há mistura das águas). As soluções propostas serão apresentadas a partir da análise multicritério considerando critérios técnicos, sociais e econômicos.

4.3.1. Abastecimento de Água

4.3.1.1. *Projeção Populacional e Demanda de Água*

Conforme dados fornecidos pelo DSEI-ISUL, em 2019 havia 130 habitantes na Aldeia *V'ya*, e em 2020 havia 149. Desta forma, pelo método de crescimento percentual constante, haverá 581 habitantes em 2030. Este método talvez não seja o mais indicado, pois pressupõe crescimento ilimitado e não leva em consideração as migrações dos Guaranis entre aldeias. Além disso, os dados disponíveis foram obtidos em intervalos muito próximos, o que reduz a precisão da projeção de períodos mais longos. Portanto, outros métodos, como o método por comparação gráfica, que compara os dados de aldeias similares aos da Aldeia do estudo ao longo dos anos e projeta a população estimada, poderiam ser considerados mais precisos. Entretanto, com a falta de informações sobre a população da aldeia ao longo de diferentes anos, o método de crescimento percentual constante é considerado satisfatório para o cálculo de demanda de água.

A demanda diária foi calculada com a adoção de um consumo per capita de 100 litros/dia. Desconsideraram-se os coeficientes do dia de maior consumo (k_1) e da hora de maior consumo (k_2), pois os costumes e a forma de consumo de água da aldeia não é a mesma de uma

cidade. Desta forma, obteve-se que a demanda de água da aldeia será de 58.293,00 litros/dia, o equivalente a 40,48 litros/segundo, conforme apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Resultados dos Cálculos de Projeção Populacional e Demanda Diária de Água.

Ano	População	Demanda de Água
2020	149	14.900 litros/dia
2030	581	58.100 litros/dia

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.3.1.2. Alternativas de Soluções

As possíveis fontes de água para captação na Aldeia *V'ya* são as seguintes: (i) água das nascentes (já em uso), (ii) água do rio que passa no território indígena e (iii) água subterrânea. Desconsiderou-se o aproveitamento da água da chuva, pois garantir a qualidade para consumo da mesma seria um desafio maior, em comparação com as outras fontes. Para cada possível fonte buscou-se soluções de TS para o abastecimento de água, conforme apresentado na **Tabela 2**. Todas as tecnologias propostas estão apresentadas no item 2.4.1 deste trabalho. Como as vazões das nascentes não atendem à demanda de 40,48 litros/segundo, a solução de aproveitamento das nascentes é apenas no sentido de complementar o fornecimento de água, sendo necessária a captação a partir de outro manancial. As alternativas de captação de água foram correlacionadas com alternativas de tratamento, pois pressupõe-se que a qualidade da água varia em relação ao manancial utilizado. Entretanto, ainda não há dados de análises da qualidade das águas para confirmar se há necessidade de tratamento e qual o mais adequado.

Tabela 2 - Alternativas de fontes de água.

Alternativa	1	2	3
Captação	Fonte modelo Caxambu	Captação de Água do Rio	Filtração em Margem
Adução	Gravidade	Carneiro Hidráulico	Bomba
Pré-Tratamento	-	Pré-Filtro	-
Tratamento	-	Filtro Lento	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Para a água atender aos padrões de potabilidade da Portaria n° 2.914 (BRASIL, 2011), ela deve ser submetida à desinfecção. Portanto, são propostas 03 alternativas de desinfecção da água por TS na **Tabela 3**, também apresentadas no item 2.4.1 deste trabalho. Embora somente a alternativa 3 possa atender o teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L exigido pela Portaria supracitada, as demais podem garantir a potabilidade da água sem a necessidade de produtos químicos. Deve-se ressaltar que a comunidade já rejeitou o processo de cloração anteriormente. Entretanto, como as alternativas 1 e 2 dependem de condições climáticas e servem para desinfecção da água apenas para o consumo, ainda deve-se testar se as soluções se adaptam tecnicamente, considerando a qualidade da água e a vazão produzida.

Tabela 3 - Alternativas de desinfecção de água.

Alternativa	1	2	3
Desinfecção	Aqualuz	Potabilizador Solar	Clorador Simplificado

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Finalmente, para completar o sistema de abastecimento de água, a mesma deve ser reservada e distribuída. Sugere-se a instalação de um reservatório de 60 mil litros, ou a aquisição de caixas d'água, para suprir a demanda diária. Além disso, propõe-se a ampliação da rede de distribuição de água de PEAD para garantir a chegada da água em todos os pontos de consumo.

4.3.1.3. *Análise de Critérios Técnicos, Sociais e Econômicos*

Conforme explicado no item 3.3.2 deste trabalho, cada critério foi normalizado de 1 a 5, conforme **Tabela 4**, sendo 1 menos favorável e 5 mais favorável. Para a desinfecção foram também analisadas as 03 alternativas, e os mesmos critérios foram normalizados de 1 a 5, conforme **Tabela 5**.

Tabela 4 - Critérios normalizados para analisar as alternativas de diferentes fontes de água.

Viabilidade	Critérios	1	2	3	4	5
Técnica	Área ocupada pelo Tratamento	Mais de 15 m ²	10 a 15 m ²	6 a 10 m ²	3 a 6 m ²	Até 3 m ²
Técnica	Frequência de Manutenção (por ano)	Mais de 5 vezes	5 vezes	4 vezes	2 a 3 vezes	Até 1 vez
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	Sim	-	Talvez	-	Não
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	Sim	-	Talvez	-	Não
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	Sim	-	Talvez	-	Não
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Econômica	Custos de Instalação	Mais de R\$ 50.000	R\$ 30.000 a 50.000	R\$ 20.000 a 30.000	R\$ 10.000 a 20.000	Até R\$ 10.000
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	Mais de R\$ 1.500	R\$ 500 a 1.500	R\$ 100 a 500	Até R\$ 100	R\$ 0,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 5 - Critérios normalizados para analisar as alternativas de desinfecção de água.

Viabilidade	Critérios	1	2	3	4	5
Técnica	Área ocupada	Mais de 15 m ²	10 a 15 m ²	6 a 10 m ²	3 a 6 m ²	Até 3 m ²
Técnica	Frequência de Manutenção (por ano)	Mais de 5 vezes	5 vezes	4 vezes	2 a 3 vezes	Até 1 vez
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	Sim	-	Talvez	-	Não
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	Sim	-	Talvez	-	Não
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	Sim	-	-	-	Não
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Econômica	Custos de Instalação	Mais de R\$ 30.000	R\$ 20.000 a 30.000	R\$ 10.000 a 20.000	R\$ 5.000 a 10.000	Até R\$ 5.000
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	Mais de R\$ 1.500	R\$ 500 a 1.500	R\$ 100 a 500	Até R\$ 100	R\$ 0,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A alternativa 1 para as diferentes fontes e tratamentos de água é analisada na **Tabela 6**, a alternativa 2 é analisada na **Tabela 7** e a alternativa 3 é analisada na **Tabela 8**. Para escolha da melhor solução de desinfecção, a alternativa 1 é analisada na **Tabela 9**, a alternativa 2 é analisada na **Tabela 10** e a alternativa 3 é analisada na **Tabela 11**.

Tabela 6 - Análise da Alternativa 1 (captação de água das nascentes) de fonte de água.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	5	1	5	4,8
Técnica	Frequência de Manutenção	4	2	8	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	3	1	3	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	5	3	15	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	5	1	5	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	5	2	10	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	5	3	15	
Econômica	Custos de Instalação	5	1	5	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	5	2	10	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 7 - Análise da Alternativa 2 (captação de água do rio) de fonte de água.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	3	1	3	4,2
Técnica	Frequência de Manutenção	3	2	6	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	3	1	3	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	5	3	15	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	3	1	3	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	3	2	6	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	5	3	15	
Econômica	Custos de Instalação	4	1	4	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	5	2	10	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 8 - Análise da Alternativa 3 (captação de água de poço de filtração em margem) de fonte de água.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	5	1	5	2,5
Técnica	Frequência de Manutenção	1	2	2	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	1	1	1	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	1	3	3	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	1	3	3	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	4	1	4	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	3	2	6	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	5	3	15	
Econômica	Custos de Instalação	2	1	2	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	3	2	6	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Portanto, conforme análise aplicada neste trabalho, a melhor alternativa apontada é a primeira, com captação da água nas nascentes com a proteção de fonte modelo Caxambu. Entretanto, como esta fonte não é o suficiente, recomenda-se que esta alternativa seja de complemento à segunda melhor alternativa, de captação da água do rio. A água captada do rio passa por um pré-filtro e é recalçada por um ou mais carneiros hidráulicos, em seguida passa por um filtro lento e é encaminhada para o reservatório antes de ser distribuída.

Tabela 9 - Análise Multicritério da Alternativa 1 (Aqualuz) para Desinfecção de água.

Viabilidade	Critérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	4	1	4	4,4
Técnica	Frequência de Manutenção	5	2	10	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	5	1	5	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	5	3	15	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	3	1	3	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	3	2	6	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	4	3	12	
Econômica	Custos de Instalação	3	1	3	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	5	2	10	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 10 - Análise Multicritério da Alternativa 2 (Potabilizador Solar) para Desinfecção de água.

Viabilidade	Critérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	3	1	3	3,8
Técnica	Frequência de Manutenção	1	2	2	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	5	1	5	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	5	3	15	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	3	1	3	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	3	2	6	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	4	3	12	
Econômica	Custos de Instalação	1	1	1	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	5	2	10	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 11 - Análise Multicritério da Alternativa 3 (Clorador Simplificado) para Desinfecção de água.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	5	1	5	3,3
Técnica	Frequência de Manutenção	1	2	2	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	5	1	5	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	5	3	15	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	3	1	3	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	1	2	2	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	1	3	3	
Econômica	Custos de Instalação	5	1	5	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	4	2	8	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Portanto, conforme análise acima, a melhor alternativa apontada é a 1, a solução Aqualuz para desinfecção por meio da radiação solar. Entretanto, não há ainda evidências científicas que esta tecnologia seja efetiva na região da aldeia. Desta forma, recomenda-se que a mesma seja testada para verificar se a qualidade da água após o tratamento atende os parâmetros de potabilidade de água da Portaria nº 2.914. Caso não atenda, pode-se testar se a alternativa 2, ou seja, o Potabilizador Solar, produz vazão suficiente por unidade para atender à demanda de consumo de água para beber e cozinhar de pelo menos uma família. Entretanto, caso nenhuma dessas primeiras alternativas sejam satisfatórias, deve-se estudar de que forma o clorador simplificado pode ser utilizado com a aceitação da comunidade.

A alternativa do clorador, apesar de já ter sido rejeitada pela comunidade, garante a eficiência de desinfecção, caso a operação ocorra corretamente. Além disso, pode-se desinfetar toda a água a ser distribuída. Para as alternativas 1 e 2, a água a ser desinfetada seria apenas para o consumo direto e para cozinhar. Entretanto, caso a água distribuída para o lavatório, o chuveiro e a pia da cozinha venha a estar contaminada, a saúde da aldeia pode ser prejudicada. Portanto, caso a comunidade passe a aprovar esta solução, por meio de conscientização e dosagem correta de cloro para evitar conferir gosto à água, ela é a mais indicada.

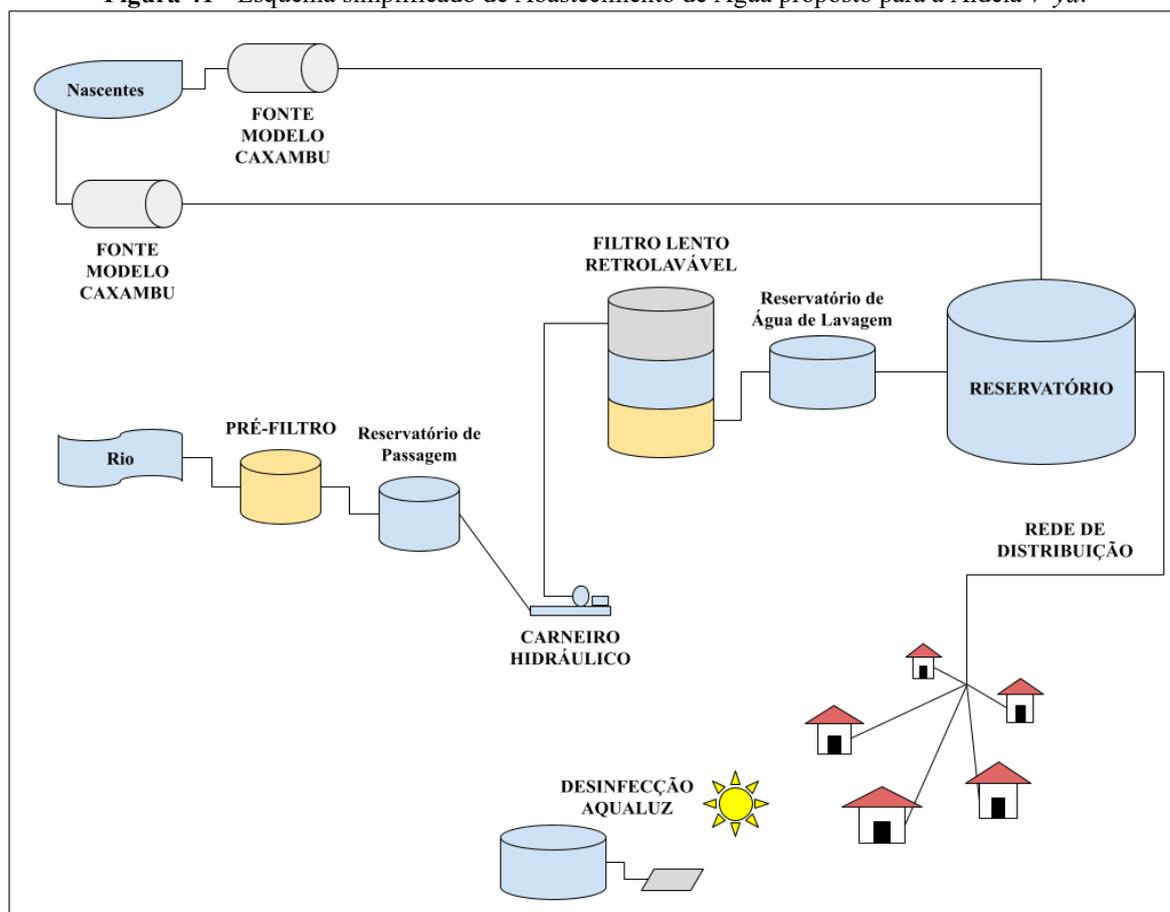
Uma limitação que deve ser apontada aqui é que, como as notas foram geradas a partir das avaliações de cada critério pela autora e, tanto as avaliações, quanto a determinação dos

pesos, podem ser subjetivos. Além disso, critérios importantes como eficiência e vazão não foram considerados na análise, apenas discutidos acima, por falta de estudos na região. Apesar disso, esta análise é uma ferramenta utilizada para interpretar critérios subjetivos e não subjetivos de forma a chegar em um valor numérico para comparação métrica. Adicionalmente, os critérios foram normalizados em relação às soluções propostas, isto significa que esta metodologia serve apenas para fins comparativos entre as soluções, e não para avaliação absoluta de uma solução. Portanto, se apenas as alternativas que já apresentem resultados satisfatórios forem propostas para a análise, a que ficou com a pior nota ainda pode ser considerada adequada caso as que ficaram com melhores notas se mostrem inviáveis tecnicamente em estudos futuros.

4.3.1.4. Solução Proposta

A **Figura 41** apresenta o esquema do sistema proposto neste trabalho para o abastecimento de água na Aldeia *V'ya*. Propõe-se a captação das águas das nascentes pela fonte modelo Caxambu. Para garantir o atendimento da demanda, sugere-se a captação da água do rio à montante da aldeia, passando por um pré-filtro de seixo rolado antes de ser direcionado para um ou mais carneiros hidráulicos. Em seguida, conforme solução proposta, a água do rio passa por um filtro lento retrolavável de areia para depois ser armazenada e distribuída. Para garantir a potabilidade de água de consumo, recomenda-se que seja instalada a tecnologia para desinfecção por radiação solar, Aqualuz.

Figura 41 - Esquema simplificado de Abastecimento de Água proposto para a Aldeia V'ya.

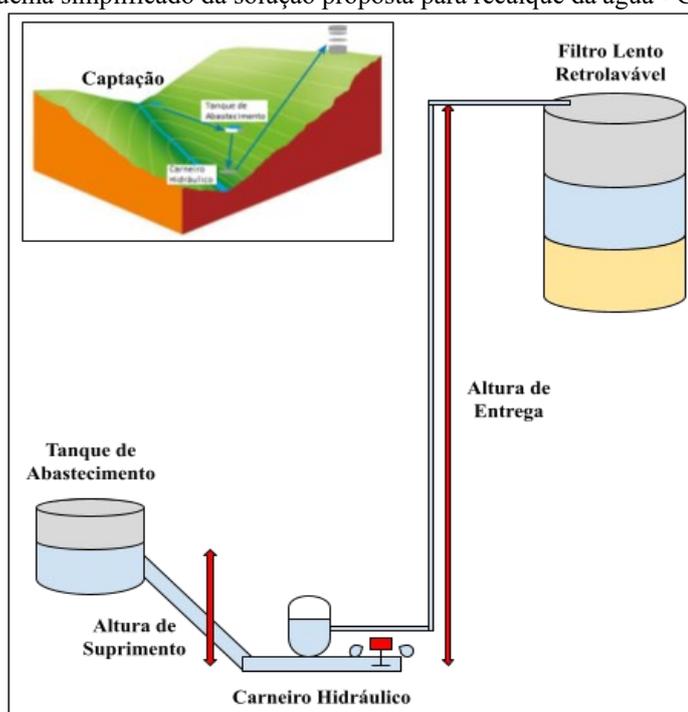


Fonte: Elaborado pela Autora, 2021.

Recomenda-se dois modelos de fonte modelo Caxambu, um para cada nascente, e captação de água do rio com um ou mais carneiros hidráulicos para atender à demanda de água na aldeia. No item 2.4.1 deste trabalho a tecnologia se encontra melhor detalhada. A água seria então direcionada das nascentes até o reservatório por gravidade em tubos PEAD. Neste caso, a água não necessita de um tratamento, apenas desinfecção, pois pressupõe-se que sairia da fonte modelo Caxambu com qualidade satisfatória, conforme apresentado no item 4.2.1 deste trabalho. Entretanto, é necessário que sejam realizadas análises periódicas da qualidade desta água para comprovar sua potabilidade. Conforme diagnóstico realizado na aldeia, as nascentes vão proporcionar em torno de 7.776 litros/dia de água, dos 58.100 litros/dia para atender a demanda da população projetada para 2030. Também seria necessário que a medição da vazão seja realizada em diferentes períodos para confirmar a vazão média que as nascentes produzem. A proposta é que esta fonte de água seja um complemento à captação de água do rio, para também garantir maior segurança hídrica com mais de uma fonte de água.

A água do rio a montante da área ocupada pela aldeia passa inicialmente por um pré-filtro. O pré-filtro pode ser de fluxo ascendente ou descendente, e pode ser construído em uma caixa d'água, com meio filtrante de seixo rolado de granulometria variada, distribuídos em diferentes camadas. Em seguida, a água é encaminhada por gravidade para um reservatório de passagem elevado para garantir a altura de suprimento do carneiro hidráulico (TS apresentada no item 2.4.1 deste trabalho), localizado alguns metros acima do nível da área de ocupação da aldeia. A altura de elevação depende do nível do rio a montante, pois a água tem que chegar por gravidade. Quanto mais elevado, maior será a altura de suprimento e, por consequência, maior será a vazão que o carneiro hidráulico conseguirá bombear para o filtro lento, que se encontrará no mesmo nível do reservatório. Portanto, quanto maior a altura de suprimento, menos carneiros hidráulicos serão necessários. A vazão também depende do diâmetro do equipamento, sendo que no Brasil é comum a instalação de diâmetros de até 2 polegadas, mas existem carneiros maiores, conforme instruído pelo extensionista da EPAGRI. Portanto, o sistema de carneiros hidráulicos deve ser dimensionado para atender a vazão em torno de 50.324 litros de água por dia. Com o complemento de água das nascentes, em torno de 7.776 litros/dia, garante-se 58.100 litros de água por dia para atender a demanda da população pelos próximos anos. A **Figura 42** apresenta a proposta de instalação do carneiro hidráulico.

Figura 42 - Esquema simplificado da solução proposta para recalque da água - Carneiro Hidráulico.



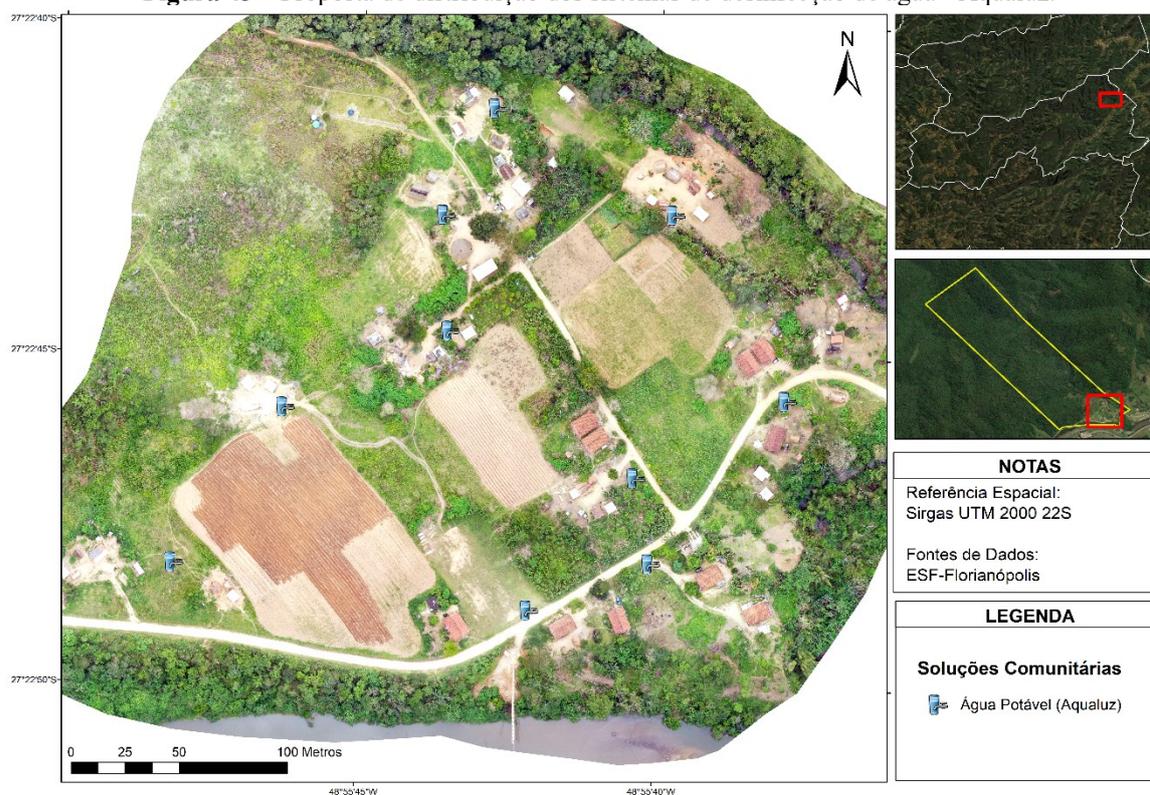
Fonte: Adaptado de Papa Pump, 2019.

Em seguida, a água passa por uma filtração lenta, com tratamento biológico no biofilme formado, removendo consideravelmente os patógenos. Recomenda-se que o Filtro Lento seja retrolavável (mais bem detalhado no item 2.4.1 deste trabalho), pois quando a camada filtrante colmata, a água enche um reservatório acoplado, que manualmente é aberto e a água percorre o caminho contrário, limpando a camada filtrante. Com o objetivo de filtrar em torno de 50.324 litros por dia, considerando uma taxa média de filtração de $7,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, entre 3 e $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (GIMBEL et al., 2006; LANGENBACH et al., 2010; SÁ et al., 2004 *apud* SOUZA, 2014), o filtro lento deve ter aproximadamente $6,7 \text{ m}^2$. Portanto, é possível a instalação dele no mesmo nível do reservatório, 39 metros acima da área de ocupação da aldeia.

Para a reservação, como a demanda diária de água da população projetada é 58.293,00 litros, propõe-se que seja construído um reservatório de 60 mil litros ou a aquisição de caixas d'água, para suprir a demanda diária. Como a aldeia já possui 03 caixas d'água de 10 mil litros cada, é uma alternativa aparentemente viável realizar a manutenção das mesmas e adquirir o restante: 02 de 15 mil litros ou 03 de 10 mil litros. Além disso, recomenda-se que seja instalada uma rede de distribuição de PEAD, dimensionada de forma a atender por gravidade limites de velocidade e pressão em todos os pontos da aldeia que têm consumo de água. Recomenda-se aproveitar os trechos da rede que estejam em boas condições.

Para garantir que a água chegue à comunidade atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria n° 2.914, ela deve passar por uma desinfecção. Com a confirmação da eficácia do tratamento da TS Aqualuz (TS apresentada no item 2.4.1 deste trabalho) na região da aldeia, recomenda-se que sejam instalados os equipamentos, distribuídos de forma a atender toda a comunidade. Conforme instruções da fabricante, um equipamento atende em torno de 3 famílias de 5 pessoas. Portanto, deve-se instalar em torno de 10 sistemas de desinfecção e prever a compra de pelo menos 28 nos próximos 10 anos. Além disso, a água distribuída deve ser analisada e monitorada pelos responsáveis (SESAI) com frequência semestral para confirmação de qualidade (BRASIL, 2011). A **Figura 43** apresenta a proposta de distribuição da TS Aqualuz.

Figura 43 – Proposta de distribuição dos sistemas de desinfecção de água - Aqualuz.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.3.2. Esgotamento Sanitário

4.3.2.1. Alternativas de Soluções

Como a Aldeia *V'ya* se encontra em área rural relativamente plana, e com as habitações afastadas entre si, optou-se por sistemas individuais para o tratamento de esgoto. Adicionalmente, soluções individuais proporcionam a simplificação da operação e o aumento da eficiência do processo. Buscou-se 02 alternativas para desejos humanos ou águas negras, 02 para as águas cinzas e 02 para esgoto doméstico (onde há mistura das águas). Todas as tecnologias propostas estão apresentadas no item 2.4.2 deste trabalho. As alternativas apresentadas na **Tabela 12** são para o tratamento de dejetos humanos, uma alternativa não utiliza água e a outra utiliza, mas com separação das águas.

Tabela 12 - Alternativas para o tratamento de dejetos/águas negras.

Alternativa	1	2
Tecnologia	Banheiro Seco	MSD
Tratamento	Compostagem	Bacia de Evapotranspiração
Disposição Final	Aplicação na Agricultura	Círculo de Bananeiras

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A **Tabela 13** apresenta as alternativas para o tratamento de águas cinzas, de pias de cozinha, lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupas. Para o tratamento destas águas em habitações, deve haver separação das águas, destinando as águas negras para um sistema de tratamento primário.

Tabela 13 - Alternativas para o tratamento de águas cinzas.

Alternativa	1	2
Tratamento Preliminar	Caixa de Gordura (p/ pias de cozinha)	Caixa de Gordura (p/ pias de cozinha)
Tratamento Secundário	Círculo de Bananeiras	<i>Wetlands</i> Construídos de Fluxo Horizontal
Disposição Final		Vala de Infiltração

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Por último, também se propõe soluções onde há a mistura das águas (esgoto doméstico), como nas casas de alvenaria e nos MSD existentes. A **Tabela 14** apresenta as alternativas para o esgoto doméstico. Desta forma, esta análise tem o objetivo de auxiliar na definição de alternativas mais adequadas à realidade local.

Tabela 14 - Alternativas para o tratamento de esgoto doméstico.

Alternativa	1	2
Tratamento Preliminar	Caixa de Gordura (p/ pias de cozinha)	Caixa de Gordura (p/ pias de cozinha)
Tratamento Primário	Tanque Séptico	Tanque Séptico
Tratamento Secundário	Filtro Anaeróbio	<i>Wetlands</i> Construídos de Fluxo Horizontal
Disposição Final	Sumidouro	Círculo de Bananeiras

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.3.2.2. Análise de Critérios Técnicos, Sociais e Econômicos

Para escolha da melhor alternativa para o tratamento de dejetos/águas negras, optou-se pelos mesmos critérios das análises relacionadas ao abastecimento de água, com exceção do “Necessidade de Energia Elétrica”, que foi substituído por “Necessidade de Água”. Cada critério foi normalizado de 1 a 5, conforme **Tabela 15**. Para o tratamento de águas cinzas foram também analisadas as 02 alternativas, e foram utilizados os mesmos critérios normalizados de 1 a 5, conforme a **Tabela 15**. Entretanto, eliminou-se o critério de "Necessidade de Água”, pois ambos têm a proposta de tratar águas cinzas. Para o tratamento de esgoto doméstico (onde há mistura das águas) foram analisadas 02 alternativas, os critérios foram normalizados de 1 a 5, conforme **Tabela 16**.

Tabela 15 - Critérios normalizados para analisar as alternativas para o tratamento de dejetos/águas negras e de águas cinzas.

Viabilidade	Critérios	1	2	3	4	5
Técnica	Área ocupada	Mais de 15 m ²	10 a 15 m ²	6 a 10 m ²	3 a 6 m ²	Até 3 m ²
Técnica	Frequência de Manutenção (por ano)	Mais de 5 vezes	5 vezes	4 vezes	2 a 3 vezes	Até 1 vez
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	Sim	-	Talvez	-	Não
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	Sim	-	Talvez	-	Não
Técnica	Necessidade de Água	Sim	-	-	-	Não
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Econômica	Custos de Instalação	Mais de R\$ 5.000	R\$ 4.000 a 5.000	R\$ 3.000 a 4.000	R\$ 2.000 a 3.000	Até R\$ 2.000
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	Mais de R\$ 300	R\$ 100 a 300	R\$ 50 a 100	Até R\$ 50	R\$ 0,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 16 - Critérios normalizados para analisar as alternativas para o tratamento de esgoto doméstico.

Viabilidade	Critérios	1	2	3	4	5
Técnica	Área ocupada	Mais de 15 m ²	10 a 15 m ²	6 a 10 m ²	3 a 6 m ²	Até 3 m ²
Técnica	Frequência de Manutenção (por ano)	Mais de 5 vezes	5 vezes	4 vezes	2 a 3 vezes	Até 1 vez
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	Sim	-	Talvez	-	Não
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	Sim	-	Talvez	-	Não
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Econômica	Custos de Instalação	Mais de R\$ 8.000	R\$ 6.500 a 8.000	R\$ 5.000 a 6.500	R\$ 3.500 a 5.000,00	Até R\$ 3.500
Econômica	Custos de Manutenção	Mais de R\$ 300	R\$ 100,00 a 300	R\$ 50,00 a 100	Até R\$ 50	R\$ 0,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A alternativa 1 para o tratamento de desejos/águas negras é analisada na **Tabela 17** e a alternativa 2 é analisada na **Tabela 18**. A alternativa 1 para o tratamento de águas cinzas é analisada na **Tabela 19** e a alternativa 2 na **Tabela 20**. A alternativa 1 para o tratamento de esgoto doméstico é analisada na **Tabela 21** e a alternativa 2 na **Tabela 22**. Os pesos definidos, o cálculo do índice e da nota seguem a mesma lógica das análises multicritério anteriores.

Tabela 17 - Análise da Alternativa 1 (banheiro seco) para o tratamento de dejetos/águas negras.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	5	1	5	4,3
Técnica	Frequência de Manutenção	4	2	8	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	3	1	3	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	5	3	15	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	4	1	4	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	4	2	8	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	4	3	12	
Econômica	Custos de Instalação	5	1	5	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	3	2	6	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 18 - Análise da Alternativa 2 (MSD) para o tratamento de dejetos/águas negras.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	2	1	2	3,9
Técnica	Frequência de Manutenção	3	2	6	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	3	1	3	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Técnica	Necessidade de Energia Elétrica	1	3	3	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	5	1	5	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	5	2	10	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	5	3	15	
Econômica	Custos de Instalação	5	1	5	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	5	2	10	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Conforme análise acima, as alternativas são similares com relação aos critérios definidos, apontando em primeiro lugar a alternativa 1, do banheiro seco compostável. Embora a comparação entre as alternativas seja falha, pois uma solução é referente apenas ao sistema de tratamento (BET e círculo de bananeiras), sendo ainda necessária a construção de outros

MSD na aldeia, e a outra é referente a toda a estrutura (banheiro seco), o banheiro seco ainda ficou com uma nota melhor. Deve-se ressaltar que mais de 149 pessoas habitam a Aldeia V'ya, e há apenas 06 MSD e somente 10 das mais de 40 habitações possuem bacia sanitária, lavatório, chuveiro, pia de cozinha e tanque. Portanto, podemos concluir que ambas as alternativas são adequadas de formas diferentes e podem ser propostas em complemento uma à outra: a instalação de banheiros secos distribuídos na Aldeia, garantindo local apropriado para a comunidade fazer suas necessidades; e a instalação dos sistemas de bacia de evapotranspiração e círculo de bananeiras caso novas residências venham a ser construídas com banheiros onde se utiliza água para dar a descarga, e há separação das águas. Além disso, as duas alternativas estão adequadas com a questão da falta de água, pois ambas não utilizam água tratada para dar descarga.

Tabela 19 - Análise da Alternativa 1 (círculo de bananeiras) para o tratamento de águas cinzas.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	4	1	4	4,8
Técnica	Frequência de Manutenção	4	2	8	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	5	1	5	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	5	3	15	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	5	1	5	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	5	2	10	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	5	3	15	
Econômica	Custos de Instalação	5	1	5	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	5	2	10	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 20 - Análise da Alternativa 2 (*wetlands* construídos de fluxo horizontal) para o tratamento de águas cinzas.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	2	1	2	3,9
Técnica	Frequência de Manutenção	4	2	8	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	3	1	3	

Viabilidade	Critérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	3	3	9	3,4
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	5	1	5	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	5	2	10	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	5	3	15	
Econômica	Custos de Instalação	2	1	2	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	4	2	8	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A análise apontou que a alternativa 1 é a melhor alternativa para tratamento de águas cinzas na aldeia, sendo ela composta por caixa de gordura (para água de pia de cozinha), e círculo de bananeiras. Embora a alternativa 2 possui boa eficiência e adaptabilidade com a aldeia, a mesma é mais complexa. Como a aldeia apresentou um padrão de pontos de utilização da água dispersos, como construções com somente uma pia, e tanques, torneiras e máquinas de lavar externas, a simplicidade de instalação e manutenção dos sistemas de tratamento são vantagens significativas.

Tabela 21 - Análise Multicritério para analisar a Alternativa 1 (fossa séptica e filtro anaeróbio) para o tratamento de esgoto doméstico.

Viabilidade	Critérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	3	1	3	3,4
Técnica	Frequência de Manutenção	5	2	10	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	3	1	3	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	3	3	9	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	3	1	3	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	4	2	8	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	4	3	12	
Econômica	Custos de Instalação	2	1	2	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	2	2	4	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 22 - Análise da Alternativa 2 (fossa séptica e *wetlands* construídos de fluxo horizontal) para o tratamento de esgoto doméstico.

Viabilidade	Crítérios	Avaliação	Peso	Índice	Nota (1-5)
Técnica	Área ocupada	2	1	2	4,00
Técnica	Frequência de Manutenção	4	2	8	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Implementação	3	1	3	
Técnica	Necessidade de Mão-de-obra Especializada para Manutenção	3	3	9	
Sociocultural	Adaptabilidade com a paisagem	5	1	5	
Sociocultural	Adaptabilidade com os costumes	5	2	10	
Sociocultural	Aceitabilidade da comunidade	5	3	15	
Econômica	Custos de Instalação	4	1	4	
Econômica	Custos de Manutenção (por ano)	4	2	8	

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A alternativa 2 foi apontada como melhor solução na análise acima: caixa de gordura (somente para pia da cozinha), fossa séptica, *wetlands* construídos de fluxo horizontal e círculo de bananeiras. Entretanto, a alternativa 2, com caixa de gordura (somente para pia), fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro é uma alternativa prática, por exigir menos manutenção e ser a mais tradicional no mercado. Embora a alternativa 2 exija relativamente mais manutenção e cuidados, a mesma é mais propensa a se adaptar à realidade da comunidade.

As considerações e limitações discutidas nas análises referentes ao abastecimento de água são válidas para o esgotamento sanitário também. Adicionalmente, pode-se perceber que as alternativas comparadas entre os 03 tipos de efluentes resultaram em notas muito similares entre si. Isto pode significar que mais critérios poderiam ter sido analisados para comparação das opções de tratamento. Entretanto, os resultados das análises multicritérios se mostraram satisfatórios para auxiliar na tomada de decisão para a proposição de soluções para o saneamento na Aldeia V'ya.

4.3.2.3. Soluções Propostas

Pensando em curto e médio prazo, as soluções comunitárias propostas para o saneamento da aldeia são a instalação de 10 abrigos com 2 banheiros secos e 2 lavatórios cada,

e 10 abrigos com 2 chuveiros e 2 lavatórios cada. Desta forma, cada banheiro seco e chuveiro atenderia em torno de 7 pessoas hoje e em torno de 29 pessoas em 2030, além das moradias com banheiros. A proposta de distribuição das soluções está apresentada na **Figura 44**. Os MSD poderiam ser desativados para reforçar o hábito do uso de banheiros secos comunitários, e as estruturas e materiais dos mesmos poderiam ser aproveitados para construção dos abrigos propostos.

Figura 44 - Mapa de distribuição das soluções comunitárias propostas para a Aldeia V'ya.

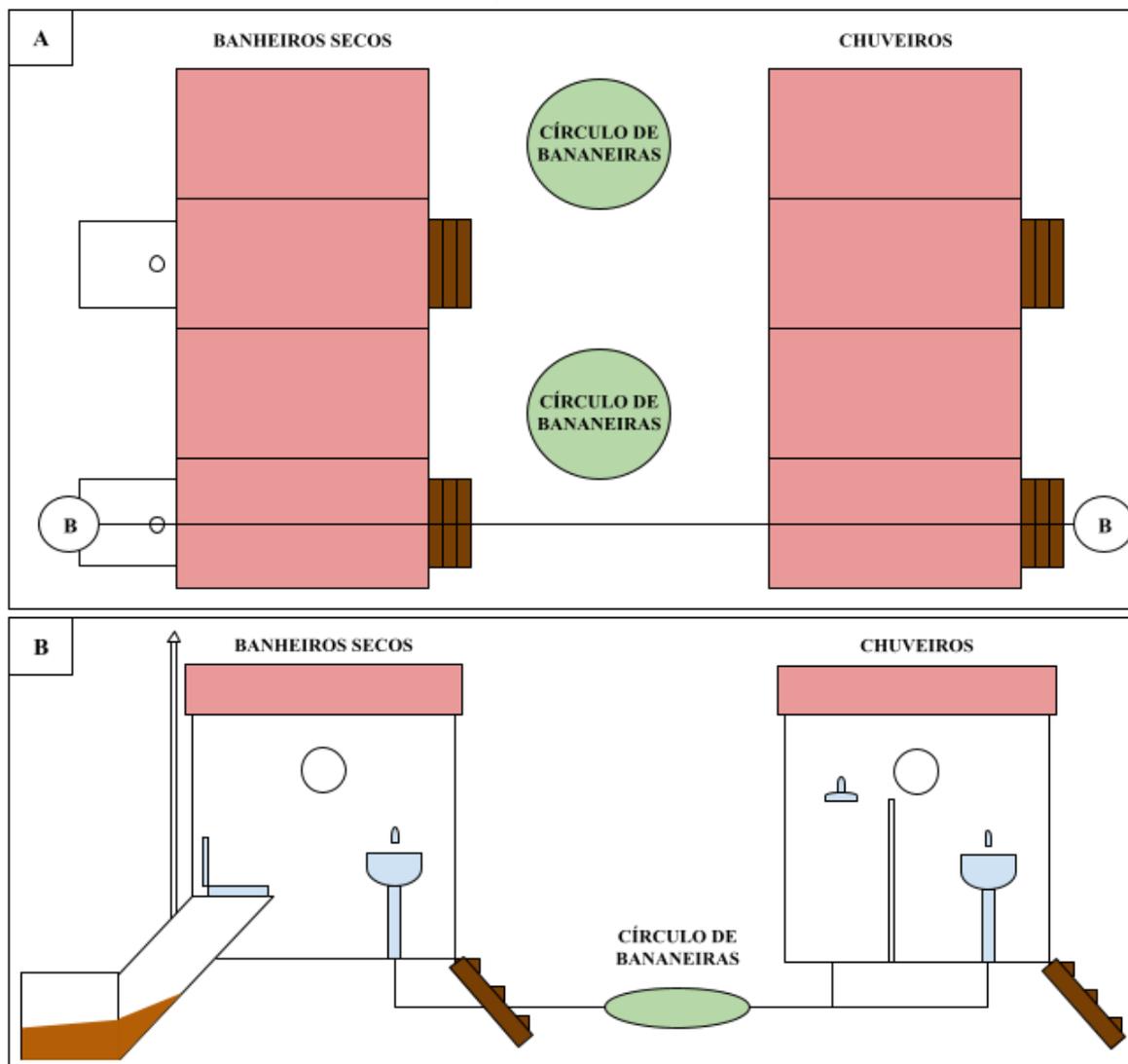


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Propõe-se que os banheiros secos sejam construídos no modelo Bason, que foi apresentado no item 2.4.2 deste trabalho. A proposta do modelo de solução está ilustrada no esquema simplificado da **Figura 45**. Ressalta-se da importância de adicionar folhas secas ou cinzas (materiais encontrados com facilidade na aldeia) para neutralizar efeitos nocivos à saúde, portanto deve haver um compartimento dentro do abrigo para disponibilizar este material. Como nestes sistemas somente água cinza é gerada do lavatório, propõe-se que o tratamento seja individual por círculo de bananeiras. A comunidade pode se envolver na construção das soluções, permitindo que quando houver necessidade da instalação de mais banheiros secos ou

chuveiros, a própria comunidade terá os conhecimentos técnicos para tal, promovendo seu empoderamento.

Figura 45 - Esquema simplificado das Soluções Comunitárias (Banheiros Secos e Chuveiros): (A) Vista Superior; (B) Corte.



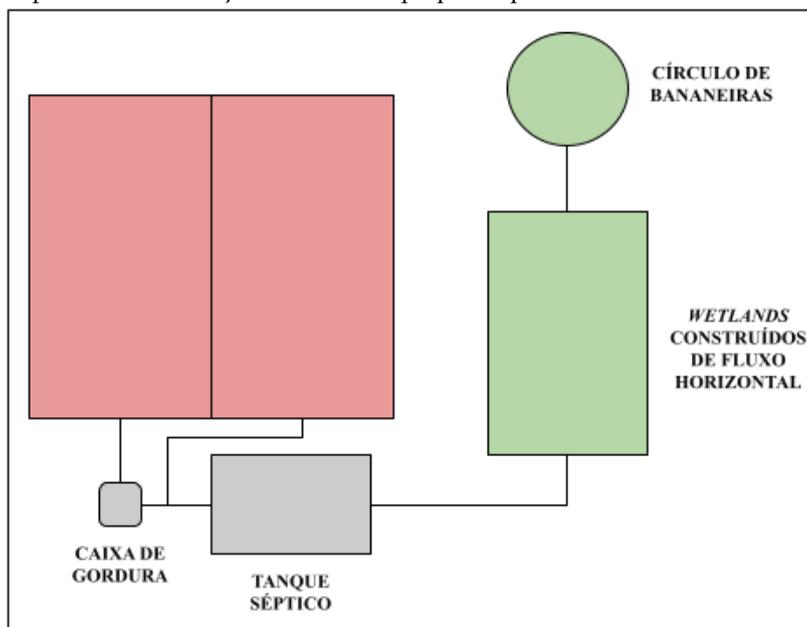
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Nas casas de alvenaria, recomenda-se que seja executada a correta manutenção e limpeza dos sistemas existentes, em especial a caixa de gordura e o tanque séptico. Caso o sumidouro esteja muito comprometido, propõe-se que seja instalado na sequência da fossa séptica um sistema de *wetlands* construídos de fluxo horizontal com disposição final do efluente por um círculo de bananeiras (**Figura 46**). Todas as TS estão apresentadas no item 2.4.2 deste trabalho. Em um estudo de caso apresentado por Sezerino e Pelissari (2021), um *wetland*

construído de fluxo horizontal, construído de forma coletivo com a comunidade para uma residência de 5 pessoas, demonstrou ter eficiência média para o parâmetro DBO de 90% entre entrada e saída do efluente.

Para cozinhas com pia propõe-se que seja instalada a caixa de gordura seguida de círculo de bananeiras. Adicionalmente, para tanques e máquinas externas de lavar roupa, recomenda-se que sejam implementados círculos de bananeira para o devido tratamento dos efluentes. A quantidade de círculos de bananeiras instalada deve ser dimensionada conforme a vazão do efluente. Figueiredo et al. (2018) apresenta como em apenas um ano cresceram as bananeiras de um sistema em Campinas/SP, e alega que para uma família, em torno de 5 pessoas, deve-se instalar de 01 a 03 círculos de bananeiras para as águas cinzas. Entretanto, como a população indígena tem costumes diferentes, a mesma pode utilizar menos água, podendo ser o suficiente apenas 01, ou no máximo 02, círculos de bananeiras por família.

Figura 46 - Esquema simplificado das soluções individuais propostas para as casas de alvenaria da Aldeia V'ya.

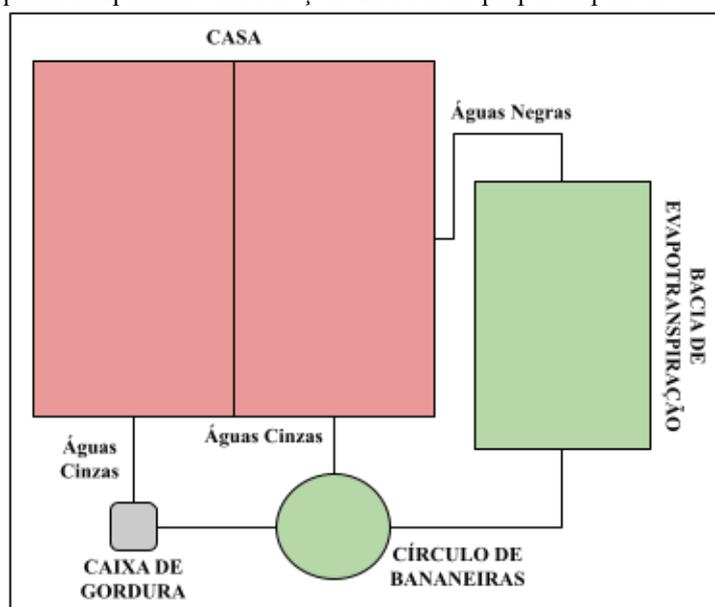


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Caso novas residências sejam construídas com banheiro que utiliza água para dar descarga, propõe-se que as águas sejam separadas (negras e cinzas). Os sistemas de tratamento propostos são individuais e são compostos de BET para as águas negras, caixa de gordura para água da pia da cozinha e círculo de bananeiras para as águas cinzas (**Figura 47**). Segundo Sezerino e Pelissari (2021), a BET está incluída na tipologia de um sistema *wetland* de fluxo

subsuperficial vertical ascendente, com o diferencial que esta tecnologia recebe apenas águas negras e não necessita de bomba para seu funcionamento.

Figura 47 - Esquema simplificado das soluções individuais propostas para futuras casas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.3.3. Limitações

A metodologia da análise dos critérios técnicos, sociais e econômicos realizada neste trabalho foi utilizada para comparar diversos fatores e propor alternativas, mas não pressupõe que as soluções propostas são as melhores de forma definitiva, apenas em relação à própria análise. Conforme mencionado anteriormente, há alguns critérios importantes que não foram considerados, como eficiência dos processos e riscos à saúde. Portanto, para uma análise mais completa, seria necessário um estudo mais aprofundado, baseado em estudos de caso e testes científicos.

Adicionalmente, este tipo de análise pode ter uma essência mais subjetiva na definição dos pesos de cada critério e na própria avaliação dos mesmos. Algumas avaliações seriam enriquecidas pelo trabalho de uma equipe multidisciplinar de especialistas da área, e outras com a própria comunidade. Entretanto, por limitações de recursos, tempo, e restrições sanitárias por conta da pandemia COVID-19, todas as avaliações e definição de pesos foram realizadas pela autora a partir de estudos da bibliografia referenciada neste trabalho.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A Aldeia *Mbyá-Guarani Tekoá V'ya*, em Major Gercino/SC, se encontra em situação de grande vulnerabilidade social, com infraestrutura precária, recursos escassos, e sem acesso digno ao saneamento básico. O diagnóstico do saneamento na aldeia evidenciou um sistema de abastecimento de água inadequado com vazão insuficiente para atender a demanda da população. O sistema, que capta água de duas nascentes, é precário e possui falhas críticas de dimensionamento e de manutenção apropriada. Para complementar o diagnóstico, recomenda-se que sejam coletados mais dados, por meio de análise de qualidade da água e medidas de vazão das nascentes e do rio em diferentes épocas do ano. Viabilizando, desta forma, a definição mais certa das soluções que serão projetadas e implementadas na aldeia.

Além disso, como consequência de a comunidade não possuir módulos sanitários suficientes e adequados, a mesma acaba fazendo suas necessidades no “mato”. Quanto aos pontos de lançamento de efluente sem tratamento diretamente no solo, embora os mesmos sejam de águas cinzas, esta situação pode causar desequilíbrio ambiental e promover a proliferação de vetores de doenças, tais como mosquitos, ratos, baratas, entre outros, impactando na saúde da aldeia. Adicionalmente, os sistemas de tratamento de esgoto que existem, se encontram danificados e sem a devida limpeza, apresentando extravasamentos e, por consequência, também riscos ambientais e de saúde dos moradores. Entretanto, não foram obtidos dados de saúde e doenças recorrentes na comunidade. Portanto, recomenda-se que seja feito um levantamento destas informações antes e depois da implementação de soluções para o esgotamento sanitário, gerando indicadores de saúde e qualidade de vida.

Diversos pontos de descarte irregular de resíduos sólidos foram observados na aldeia, promovendo mais focos de proliferação de vetores. Há apenas um contentor afastado das casas e que aparenta estar abandonado e sem coleta da prefeitura. Portanto, sugere-se que sejam realizadas análises complementares para avaliar a composição gravimétrica dos resíduos da aldeia, a quantidade e os tipos de resíduos que são queimados, os destinos na prática dos resíduos orgânicos e a origem dos resíduos que entram na mesma. Tais análises podem, desta forma, contribuir para futuras tomadas de decisões na busca de soluções mais adequadas à realidade local.

Quanto ao manejo de águas pluviais, a análise de risco de inundações apresentou os pontos de maior e menor risco, apontando as áreas mais problemáticas da aldeia neste quesito.

Este estudo pode auxiliar em futuras tomadas de decisão de infraestrutura na comunidade. Entretanto, pode-se observar a grande vulnerabilidade que a aldeia se encontra, apontando para a necessidade da atuação dos agentes responsáveis na construção de moradias, escolas e outras estruturas básicas para a comunidade viver com dignidade.

A partir do diagnóstico do saneamento e de análises de critérios técnicos, sociais e econômicos, foram propostas soluções para o abastecimento de água e esgotamento sanitário na aldeia. Entretanto, recomenda-se que sejam realizados estudos de viabilidade para validar as soluções propostas, por meio de análises da qualidade da água nas nascentes, no rio e no reservatório, de medida vazão das nascentes e do rio, entre outros. Também são recomendados dinâmicas com a comunidade para definição das soluções que serão aplicadas e estudos de viabilidade para auxiliar no dimensionado das soluções propostas, por meio de testes de percolação do solo, avaliação mais aprofundada da situação dos sistemas de tratamento de esgoto existentes na aldeia, entre outros.

Este trabalho está alinhado com a Agenda 2030, com enfoque no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 6 (Água potável e Saneamento), que tem como uma de suas metas “apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento” (AGENDA 2030, 2015). Além disso, este trabalho poderá servir de base para o desenvolvimento de projetos de saneamento na Aldeia *V'ya*, promovendo melhora significativa na qualidade de vida dos habitantes. Entretanto, deve-se ressaltar a importância do envolvimento direto da comunidade no rumo que os projetos tomarão e em todas as tomadas de decisão, garantindo que as soluções sejam as mais adequadas. Além disso, integrado à execução do projeto, recomenda-se que sejam realizadas oficinas de capacitação técnica e conscientização ambiental. Promovendo, desta forma, a independência dos moradores com relação aos seus sistemas de saneamento e o empoderamento da comunidade.

REFERÊNCIAS

AGENDA 2030. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/ods/6/>. Acesso em: 14 mar. 2021.

AMORIM, Pablo Borges de. **Análise de Risco Climático**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. 17 slides, color.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Caminhos pra Convivência com o Semiárido**. 19. ed. Recife: Articulação Semiárido Brasileiro (Asa), 2014. 36 p. Disponível em: https://issuu.com/articulacaosemiario/docs/cartilha_caminhos_para_convivencia . Acesso em: 15 fev. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, Outubro de 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - projeto e execução. Rio de Janeiro, Setembro de 1999.

ASSOCIAÇÃO ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS - NÚCLEO FLORIANÓPOLIS. **Afinal, quem somos nós?** Disponível em: <https://florianopolis.esf.org.br/quem-somos-nos/>. Acesso em: 07 fev. 2021.

AUADA, Paulo Henrique. **GERENCIAMENTO DE EQUIPES TÉCNICAS MULTIDISCIPLINARES PARA A IMPLANTAÇÃO DE REDE DE SANEAMENTO BÁSICO DA COMUNIDADE CAMINHO CURTO, LOCALIZADA EM JOINVILLE/SC NA REGIÃO DE PIRABEIRABA**. 2019. 133 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário – Católica de Santa Catarina, Joinville, 2019.

BATISTA, Kátia Mara. **Saberes Tradicionais do Povo Guarani Mbya como Cultura de Referência**: contribuição teórica à sociobiodiversidade e à sustentabilidade ambiental. 2017.

141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense – Unesc, Criciúma, 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, 2007. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 8 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 254, de 31 de janeiro de 2002**. Brasília, 2002. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/Pm_254_2002.pdf. Acesso em: 19 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-no-2-914-de-12-de-dezembro-de-2011.pdf/view>. Acesso em: 30 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual Integrado de Vigilância Epidemiológica da Cólera**. Brasília: Editora Ministério da Saúde; 2008.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Decreto n. 1.141, de 19 de maio de 1994. Dispõe sobre as ações de proteção ambiental, saúde e apoio às atividades produtivas para as comunidades indígenas. Brasília, DF, 1994.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Decreto n. 23, de 4 de fevereiro de 1991. Dispõe sobre as condições para a prestação de assistência à saúde das populações indígenas. Brasília, DF, 1991.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Decreto n. 3.156, 27 de agosto de 1991. Dispõe sobre as condições para a prestação de assistência à saúde dos povos indígenas, no âmbito do Sistema Único de Saúde, pelo Ministério da Saúde, altera dispositivos dos Decretos n. 564, de 8 de junho de 1992, e 1.141, de 19 de maio de 1994, e dá outras providências. Brasília, DF, 1999a.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Lei Federal n. 9.836, de 23 de setembro de 1999. Acrescenta dispositivos à Lei n. 8080, de 19 de setembro de 1990, que “dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento

dos serviços correspondentes e dá outras providências”, instituindo o Subsistema de Atenção à Saúde Indígena, Brasília, DF, 1999b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19836.htm. Acesso em: 13 jan. 2021.

BRIGHENTI, Clovis Antônio. Povos indígenas em Santa Catarina. **Etnohistória, História. Indígena e Educação**: contribuições ao debate, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 37-65, jan. 2012.

CALHEIROS, R. de Oliveira *et al.* **Preservação e Recuperação das Nascentes / Piracicaba**. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004. Disponível em: <http://saf.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/CartilhaNascentes.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CLIMATEMPO. **Dados históricos de chuva em Major Gercino**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/cidade/4637/majorgercino-sc>. Acesso em: 18 out. 2020.

COIMBRA JR., Carlos E. A.. Saúde e povos indígenas no Brasil: reflexões a partir do i inquérito nacional de saúde e nutrição indígena. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 855-859, abr. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00031214>.

COLMAN, Rosa Sebastiana *et al.* Os Guarani e o seu modo de ser caminhante. **Idéias**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 197, 23 ago. 2017. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/ideias.v8i2.8650128>.

DE BIASI, M. A Carta clinográfica: Os métodos de representação e sua confecção. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

Distrito Sanitário Especial Indígena Interior Sul – DSEI-ISUL. Ministério da Saúde. Secretaria Especial de Saúde Indígena. **Plano de Gerenciamento de Resíduos em Aldeias Indígenas**. São José, 2019.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Tecnologias sociais de baixo custo são ferramentas da Epagri na luta contra**

estiagem. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/12/04/tecnologias-sociais-de-baixo-custo-sao-ferramentas-da-epagri-na-luta-contr-estiagem/>. 2019. Acesso em: 18 fev. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Carneiro hidráulico melhora fornecimento de água em propriedades de Curitibanos e Caçador.** Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/11/16/carneiro-hidraulico-melhora-fornecimento-de-agua-em-propriedades-de-curitibanos-e-cacador/>. 2020. Acesso em: 19 fev. 2021.

ENGINEERS WITHOUT BORDERS - INTERNATIONAL. **Welcome to Engineers Without Borders-International.** Disponível em: <https://www.ewb-international.org>. Acesso em: 07 fev. 2021.

FERREIRA, Danielle Costa. **TECNOLOGIAS SOCIAIS, CONHECIMENTOS E PRÁTICAS ASSOCIADAS AO USO DA ÁGUA EM ASSENTAMENTO RURAL NA AMAZÔNIA CENTRAL.** 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde, Sociedade e Endemias na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

FERREIRA, Mateus de Paula; GARCIA, Mariana Silva Duarte. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. *Dignidade Re-Vista*, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 12, July 2017. ISSN 2525-698X. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>. Acesso em: 08 dez. 2020.

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles *et al.* Bacia de Evapotranspiração (BET): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário. **Revista Dae**, [S.L.], v. 67, n. 220, p. 115-127, 2019. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.059>.

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles *et al.* **Tratamento de Esgoto na Zona Rural:** fossa verde e círculo de bananeiras. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018. 32 p.

FONSECA, Alexandre Ribeiro. **Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil**. 2008. 192 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/5374>. Acesso em: 23 fev. 2021.

FRANCO, Camila Silva *et al.* Coagulação com semente de moringa oleifera preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 781-788, ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017145729>.

FREITAS, Jonathas Barbosa de Araújo *et al.* A técnica de Filtração em Margem: histórico de aplicação no mundo e experiências brasileiras. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Pernambuco, v. 1, n. 4, p. 165-175, set. 2018. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/113>. Acesso em: 22 fev. 2021.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades**: Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa. 1. ed. Brasília: FUNASA, 2014. 40 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Operação e Manutenção de Sistemas de Tratamento de Água por Filtração em Margem**. 1. ed. Tubarão: FUNASA, 2018. 66 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2015. 648 p.

GABRIEL, Vandrezza Amante; SILVA, Marilda Rosa Galvão Checucci Gonçalves da. MEMÓRIA E TRADIÇÃO MBYÁ-GUARANI NO TEKOÁ VY'A: implicações do desenvolvimento regional. In: DESENVOLVIMENTO REGIONAL: PROCESSOS, POLÍTICAS E TRANSFORMAÇÕES TERRITORIAIS, 2019, Santa Cruz do Sul. **Anais do IX Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**. [S.L.]: Universidade de Santa Cruz do Sul - Unisc, 2019. p. 1-14.

GUO, Xinlei *et al.* Optimal design and performance analysis of hydraulic ram pump system. **Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy**, [S.L.], v. 232, n. 7, p. 841-855, 1 fev. 2018. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0957650918756761>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dados Históricos Anuais**. 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 07 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em Síntese**. 2015. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/taxas-de-mortalidade-infantil.html>. Acesso em: 08 jan. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2013**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ibge, 2013. 288 p.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ. **Tecnologias Sociais: Sistemas de Abastecimento de Água**. Disponível em: <https://www.mamiraua.org.br/projeto-tecnologias-sociais-sistemas-de-abastecimento-de-agua>. Acesso em: 17 fev. 2021.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL BRASIL. **O que é a Tecnologia Social?** Disponível em: <http://itsbrasil.org.br/conheca/tecnologia-social/>. 2004. Acesso em: 11 fev. 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br>. Acesso em: 10 dez. 2020.

KRENAK, Ailton. **O AMANHÃ NÃO ESTÁ A VENDA**. São Paulo: Companhia Das Letras, 2020.

Laboratório de Potabilização das Águas - LAPOA. **Filtração lenta**. Disponível em: <https://lapoa.ufsc.br/pesquisa/linhas-de-pesquisa/filtracao-lenta/>. Acesso em: 27 mar. 2021.

LADEIRA, Maria Inês. **Espaço Geográfico Guarani–Mbya: significado, constituição e uso**. 2001. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia Humana, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2001.

LOBO, Marco Aurélio Arbage *et al.* Avaliação econômica de tecnologias sociais aplicadas à promoção de saúde: abastecimento de água por sistema sodis em comunidades ribeirinhas da amazônia. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 18, n. 7, p. 2119-2127, jul. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232013000700027>.

MENDONÇA, Zaine Cibele Lyra. **TECNOLOGIAS SOCIAIS APLICADAS AO SANEAMENTO BÁSICO EM ASSENTAMENTO RURAL DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, CFCH, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12318>. Acesso em: 21 fev. 2021.

MEYER, Sheila T.. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 10, p. 99-110, jan. 1994.

NASCIMENTO, Ana Paula do *et al.* FILTRAÇÃO LENTA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA PEQUENAS COMUNIDADES RURAIS. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil (Reec)**, [S.I.], v. 2, n. 4, p. 54-58, ago. 2012.

PAIVA, Anderson Luiz Ribeiro de *et al.* EXPLOTAÇÃO CONJUNTA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA E ÁGUA SUPERFICIAL INDUZIDA ATRAVÉS DE BOMBEAMENTO PRÓXIMO A MANANCIAIS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2008, Pernambuco. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Natal:

Águas Subterrâneas, 2008. p. 1-13. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1178>. Acesso em: 22 fev. 2021.

PAPA PUMP. **Papa Multi-Pump Systems**. Disponível em: <https://www.waterpoweredtechnologies.com>. Acesso em: 04 mar. 2021.

PERON, André; MAAR, Alexander; NETTO, Fernando Del Prá. **Santa Catarina: História, Espaço Geográfico e Meio Ambiente**. Florianópolis: Insular, 2009.

PROJETO TECNOLOGIAS SOCIAIS PARA A GESTÃO DA ÁGUA. **Tecnologias**. Disponível em: <http://tsga.ufsc.br/index.php/2014-12-29-16-35-59/tec-tecnologias>. Acesso em: 19 fev. 2021.

RAMPINELLI, Giuliano Arns *et al.* ANÁLISE DO RECURSO SOLAR DA REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA A PARTIR DE DISTINTAS REDES DE DADOS METEOROLÓGICOS. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 165-183, 2017. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v6i2.46565>.

SANTOS, Cleiton Oliveira dos; FERREIRA, Josenilson de Assis. Método do flutuador como ferramenta para monitoramento do comportamento hidrológico de córrego urbano. **Holos Environment**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 614-640, 6 dez. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v19i4.12355>.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Ministério de Minas e Energias. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina**. Porto Alegre, 2013.

SEZERINO, Pablo Heleno. PELISSARI, Catiane. Wetlands construídos como ecotecnologia para o tratamento de águas residuárias: experiências brasileiras. **Brazil Publishing**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 1-175, jan. 2021. Brazil Publishing. <http://dx.doi.org/10.31012/978-65-5861-293-3>.

SILVA, Jamile Dell Antonio da. **Diagnóstico sobre o saneamento em Terras Indígenas de Santa Catarina**: estudo de caso na aldeia itaty do morro dos cavalos (guarani, m'bya), palhoça/sc. 2020. 133 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SILVA, Márcio Cláudio Cardoso da. **ESTUDOS SOBRE SISTEMAS DE DESTILAÇÃO SOLAR DIRETA PARA POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA**. 2014. 343 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SILVA, Reijane Pinheiro da; DOURADO, Denise Gomes. Saneamento e saúde em terras indígenas. **Tellus**, Campo Grande, n. 40, p. 103-122, set. 2019. Disponível em: <https://www.tellus.ucdb.br/tellus/issue/view/41>. Acesso em: 26 jan. 2021.

SIMÕES, Bárbara dos Santos *et al.* Condições ambientais e prevalência de infecção parasitária em indígenas Xukuru-Kariri, Caldas, Brasil. **Pan American Journal Of Public Health**, Brasil, 38 (1), p. 42-48, jul. 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Painel de Informações sobre Saneamento**. 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>. Acesso em: 08 fev. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Painel de Informações sobre Saneamento**. 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>. Acesso em: 11 jan. 2021.

SOUSA, Carlos di Stefano Silva. **BANHEIRO SECO**: tecnologia social para a promoção da saúde em comunidades situadas na zona rural do baixo munim, maranhão.. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Sócio Espacial e Regional, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2014.

TEMPASS, Martín César. As pescarias dos Mbyá-Guarani: aspectos práticos e simbólicos. Reunião Equatorial de Antropologia (REA). **Anais da V Reunião Equatorial de Antropologia (REA)**. 2016. Disponível via <http://www.evento.ufal.br/anaisreaabanne/>. Acesso em: 14 jan. 2021..

TONETTI, Adriano Luiz *et al.* **TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS EM COMUNIDADES ISOLADAS**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018. 153 p. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/livro/>. Acesso em: 05 fev. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Volume 1. Policy and regulatory aspects. Geneva: Who Press, 2006. 114 p.