

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL – PPGCTA

Tainara Luana Schmidt Steffler

**PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM
COMUNIDADE RURAL**

Frederico Westphalen, RS
2023

Tainara Luana Schmidt Steffler

**PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM
COMUNIDADE RURAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental**.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Corrêa Medeiros
Coorientador: Prof. Dr. Marcus Bruno Domingues Soares

Frederico Westphalen, RS
2023

Steffler, Tainara Luana Schmidt
PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM
COMUNIDADE RURAL / Tainara Luana Schmidt Steffler.- 2023.
108 p.; 30 cm

Orientador: Raphael Corrêa Medeiros
Coorientador: Marcus Bruno Domingues Soares
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, RS, 2023

1. Qualidade da água 2. Gestão de risco 3. Sistema de
Abastecimento de Água 4. Pequenas comunidades I. Corrêa
Medeiros, Raphael II. Domingues Soares, Marcus Bruno
III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, TAINARA LUANA SCHMIDT STEFFLER, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Tainara Luana Schmidt Steffler

**PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM
COMUNIDADE RURAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental**.

Aprovada em 15 de dezembro de 2023:

Raphael Corrêa Medeiros, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Marcus Bruno Domingues Soares, Dr. (UFSM)
(Coorientador)

Paulo Sérgio Scalize, Dr. (UFG)

Alexandre Couto Rodrigues, Dr. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2023

À Deus
Aos meus pais, verdadeiros mestres da vida, Herton e Cristiane
Ao meu companheiro, Roger
Ao meu irmão, Mateus
A minha fiel companheira de quatro patas, Amora

Dedico.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
APR	Análise Preliminar de Riscos
CDC	Centro de Controle e Prevenção de Doenças
CIGRES	Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos
CRS	Coordenadoria Regional de Saúde
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GDWQ	<i>Guidelines Drinking Water Quality</i>
GM	Gabinete do Ministério
HACCP	<i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i>
HAZID	<i>Hazard Identification Study</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IWA	<i>International Water Association</i>
JMP	<i>Joint Monitoring Programme</i>
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normas Brasileiras
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNSR	Plano Nacional de Saneamento Rural
PSA	Plano de Segurança da Água

PSE	Plano de Segurança do Esgotamento Sanitário
PSSR	Plano de Segurança de Saneamento Rural
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAC	Solução Alternativa Coletiva
SAI	Solução Alternativa Individual
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UNICEF	Fundo as Nações Unidas para a Infância
WHO	<i>World Health Organization</i>

RESUMO

PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM COMUNIDADE RURAL

AUTORA: Tainara Luana Schmidt Steffler

ORIENTADOR: Raphael Corrêa Medeiros

A crescente exigência sob o aspecto de segurança a qualidade da água disponível para consumo humano desperta a necessidade da elaboração e implementação de um instrumento preventivo viável e seguro para a gestão hídrica. O Plano de Segurança da Água é uma ferramenta de extrema relevância ao planejamento do abastecimento público e tem o intuito de prestar o serviço que integra o saneamento básico de forma segura e com qualidade para a saúde da população. A pesquisa teve como objetivo a elaboração do Plano de Segurança da Água – PSA em um sistema de abastecimento de água para consumo humano na comunidade de Lajeado Fortuna, no município de Tenente Portela/RS, a qual compreendeu a identificação de perigos e eventos perigosos, a caracterização de riscos, estabelecimento de medidas de controle e plano de melhoria em todas as etapas que compõe o sistema, desde a captação da água até o consumidor final incluindo as instalações intradomiciliares, levando em conta todas as particularidades do sistema integrante. A metodologia foi composta de levantamento de dados a campo, onde foi descrito todo o Sistema de Abastecimento de Água - SAA e utilizado um *software* para preenchimento da matriz de priorização e classificação de riscos. Foram identificados 66 eventos perigosos, principalmente relacionados às etapas do manancial e ao ambiente domiciliar. Vale ressaltar a precariedade do saneamento rural o que implica a proposta de medidas de controle e cronograma de ações de curto prazo para reduzir e eliminar os riscos que estão afetando a segurança da água da comunidade abastecida. A pesquisa permitiu obter subsídios para a elaboração do PSA em SAA, sendo possível adaptar a metodologia de avaliação à realidade de cada local.

Palavras-chave: Qualidade da água. Gestão de risco. Sistema de Abastecimento de Água. Pequenas comunidades.

ABSTRACT

WATER SAFETY PLAN FOR HUMAN CONSUMPTION IN RURAL COMMUNITY

AUTHOR: Tainara Luana Schmidt Steffler

ADVISOR: Raphael Corrêa Medeiros

The growing demand in terms of safety for the water quality available for human consumption raises the need for the elaboration and implementation of a viable and safe preventive instrument for water management. The Water Safety Plan is an extremely important tool for public supply planning and is intended to provide a service that integrates basic sanitation safely with the quality and health of the population. The research aimed to develop the Water Safety Plan – WSP in a water supply system for human consumption in the community of Lajeado Fortuna in the municipality of Tenente Portela/RS, which includes the identification of hazards and dangerous events, the characterization of risks, establishment of control measures and improvement plans in all stages that make up the system, from water collection to the final consumer, including intra-household installations, taking into account all the particularities of the integrated system. The methodology composes the field data survey with the description of the WSS and use of software to fill in the prioritization matrix and risk classification. Sixty six dangerous events were identified, mainly related to the watershed stages and the home environment. It is worth highlighting the precariousness of rural sanitation, which implies the proposal of control measures and a schedule of short-term actions to reduce and eliminate the risks that are affecting the water security of the community supplied. The research made it possible to obtain subsidies for the implementation of the WSP in any WSS, making it possible to adapt the evaluation methodology to the reality of each location.

Keywords: Water quality. Risk management. Water Supply System. Small communities.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Linha do tempo referente aos principais marcos associados aos Planos de Segurança da Água.....	26
FIGURA 2 - Quadro de referência para a segurança da água para consumo humano.	29
FIGURA 3 - Esquema de 6 tarefas para implementar um PSA em sistemas de abastecimento de pequenas comunidades.	32
FIGURA 4 - Descrição das etapas para elaboração e implementação do PSSR.....	38
FIGURA 5 - Divisão de etapas da pesquisa realizada no Lajeado Fortuna, 2023.....	39
FIGURA 6 - Croqui de localização do município de Tenente Portela/RS, 2023.	41
FIGURA 7 - Mapa das bacias hidrográficas Bacia do Rio Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (U030) e Bacia do Rio da Várzea (U100) onde se situa o município de Tenente Portela – RS, 2023.	42
FIGURA 8 - Matriz de priorização de risco para estudo do PSA, e que já consta no software, utilizado no Lajeado Fortuna, 2023.....	45
FIGURA 9 - Probabilidade e severidade de riscos para o PSA.	46
FIGURA 10 - Modelo de SSAAA utilizado para implantação de PSA em comunidades rurais e utilizado para o SAA, do Lajeado Fortuna, 2023.....	47
FIGURA 11 - Página inicial do software, proposto por Córrea (2020), para uso em PSA de pequenas comunidades.	48
FIGURA 12 - Etapa para inserção de dados referente à equipe e ao local a ser implantado o PSA.....	49
FIGURA 13 - Etapa para escolha do componente e elemento a ser avaliado.	49
FIGURA 14 - Exemplo da matriz de avaliação de eventos perigosos na etapa de captação, componente armazenamento de água bruta e elemento reservatório de água tratada.	50
FIGURA 15 - Prioridade de ações para as medidas de controle.	51
FIGURA 16 - Periodicidade da limpeza do reservatório de água na propriedade abastecida pelo SAA do Lajeado Fortuna, 2023.....	55
FIGURA 17 - Destino dos resíduos gerados nas residências abastecidas pelo SAA no Lajeado Fortuna, 2023.	57
FIGURA 18 - Destino das embalagens de defensivos agrícolas pelos moradores abastecidos pelo SAA do Lajeado Fortuna, 2023.....	58

FIGURA 19 - Descrição do Sistema de Abastecimento de Água – SAA do Lajeado Fortuna, 2023.....	60
FIGURA 20 - Croqui de localização do reservatório de água bruta e reservatório elevado do SAA do Lajeado Fortuna, 2023.....	60
FIGURA 21 - Foto do reservatório de água não tratada que serve de abastecimento do SAA do Lajeado Fortuna, 2023.	61
FIGURA 22 - Foto do reservatório elevado de água tratada e reservatório de cloro integrantes do SAA do Lajeado Fortuna, 2023	62
FIGURA 23 - Análise de risco gerado pelo software da etapa captação, item C1.1.1 ao item C1.1.21, no Lajeado Fortuna, 2023.	71
FIGURA 24 - Análise de risco gerado pelo software da etapa captação, item C1.1.23 ao item C1.1.31, no Lajeado Fortuna, 2023	72
FIGURA 25 - Análise de risco gerado pelo software da etapa captação, item C3.1.1 ao item C3.1.11, no Lajeado Fortuna, 2023.	74
FIGURA 26 - Análise de risco gerado pelo software da etapa tratamento, item T1.1.1 ao item T1.1.6 no Lajeado Fortuna, 2023.	75
FIGURA 27 - Análise de risco gerado pelo software da etapa tratamento, item T2.1.1 ao item T2.1.12 no Lajeado Fortuna, 2023.	77
FIGURA 28 - Análise de risco gerado pelo software da etapa distribuição, item D2.1.1 ao item D2.1.10 no Lajeado Fortuna, 2023.	78
FIGURA 29 - Análise de risco gerado pelo software da etapa usuário, item U1.1.1 ao item U1.1.7 no Lajeado Fortuna, 2023.	80
FIGURA 30 - Análise de risco gerado pelo software da etapa usuário, item U1.2.1 ao item U1.2.10 no Lajeado Fortuna, 2023.	82

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Relação dos pontos de consumo e características dos consumidores entrevistados e que integram o SAA do Lajeado Fortuna, 2023.	53
QUADRO 2 - Avaliação semestral da água coletada diretamente da captação do SAA do Lajeado Fortuna.	63
QUADRO 3 - Parâmetros avaliados na saída do reservatório, após adição de cloro do Lajeado Fortuna, 2023.	64
QUADRO 4 - Avaliação realizada pela vigilância sanitária do município de Tenente Portela/RS no mês de maio do ano de 2022.	66
QUADRO 5 - Avaliação realizada pela vigilância sanitária do município de Tenente Portela/RS no mês de agosto do ano de 2022.	66
QUADRO 6 - Parâmetros avaliados em um ponto de consumo aleatório no SAA do Lajeado Fortuna, 2023.	67
QUADRO 7 - Análise de risco quanto a etapa Captação ao componente Captação de água superficial do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	69
QUADRO 8 - Análise de risco quanto a etapa Captação e componente Armazenamento de água bruta do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	73
QUADRO 9 - Análise de risco quanto à etapa Tratamento e componente Processo de tratamento do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	74
QUADRO 10 - Análise de risco quanto à etapa Tratamento e componente Armazenamento de água tratada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	76
QUADRO 11 - Análise de risco quanto à etapa Distribuição e componente Operação e distribuição canalizada da SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	77
QUADRO 12 - Análise de risco quanto à etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Coleta de água do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	79
QUADRO 13 - Análise de risco quanto a etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Armazenamento e manuseio doméstico do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	80

QUADRO 14 - Propostas de medidas de controle quanto à etapa Captação ao componente Captação de água superficial do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	84
QUADRO 15 - Propostas de medidas de controle quanto à etapa Captação e componente Armazenamento de água bruta do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	85
QUADRO 16 - Proposta de medida de controle quanto a etapa Tratamento e componente Processo de tratamento do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	87
QUADRO 17 - Proposta de medida de controle quanto a etapa Tratamento e componente Armazenamento de água tratada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	88
QUADRO 18 - Proposta de medida de controle quanto à etapa Distribuição e componente Operação e distribuição canalizada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	89
QUADRO 19 - Propostas de medidas de controle quanto à etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Coleta de água do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	91
QUADRO 20 - Propostas de medidas de controle quanto à etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Armazenamento e manuseio doméstico do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.	92
QUADRO 21 - Cronograma de ações para implantação do Plano de melhoria para o SAA do Lajeado Fortuna, 2023.	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo geral	18
1.1.2	Objetivos específicos	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	SANEAMENTO E AS DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA: VISÃO HISTÓRICA	18
2.2	ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	21
2.3	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	24
2.4	ORIGEM DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA – PSA	25
2.5	ETAPAS DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA – PSA	29
2.6	IMPLANTAÇÃO DO PSA NO BRASIL	32
2.7	SANEAMENTO RURAL NO BRASIL	36
3	METODOLOGIA	39
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E ESCOLHA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	40
3.2	ETAPAS DA ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA – PSA	43
3.2.1	Definição da equipe	43
3.2.2	Coleta de informações para descrição do sistema de abastecimento da comunidade	44
3.2.3	Identificação e avaliação dos perigos, eventos perigosos e riscos	44
3.2.4	Determinação de medidas de controle	44
3.2.5	Desenvolvimento de plano de melhoria	44
3.3	MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE RISCOS	45
3.4	MODELO DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO – <i>SOFTWARE</i>	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1	EQUIPE DO PSA	52
4.2	AVALIAÇÃO INTRADOMICILIAR DE POSSÍVEIS RISCOS	53
4.3	DESCRIÇÃO DO SAA	59
4.4	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO SAA ...	62
4.5	AVALIAÇÃO DOS PERIGOS, EVENTOS PERIGOSOS E RISCOS	68
4.6	PROPOSTA DE MEDIDAS DE CONTROLE	82
4.7	PLANO DE MELHORIA	93

4.8	PROPOSTA DE MELHORIAS PARA O SOFTWARE E RECOMENDAÇÕES.....	95
5	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	106

1 INTRODUÇÃO

As definições quanto as modalidades de abastecimento de água para consumo humano são estabelecidas através da Portaria GM/MS nº 888/2021 a qual altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 e se dividem em Sistema de Abastecimento de Água (SAA); Solução Alternativa Coletiva – SAC e Solução Alternativa Individual – SAI (Brasil, 2021). Conforme a Portaria prevê, o sistema de abastecimento de água para consumo humano é uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.

As soluções alternativas coletivas são categorias de abastecimento coletivo, destinadas a fornecer água potável, podendo ser de captação superficial ou subterrânea, sem rede de distribuição. Já as soluções alternativas individuais se diferem devido ao atendimento aos domicílios residenciais de uma só família, incluindo seus membros familiares (Brasil, 2021).

A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 2011, já expunha a necessidade de realizar planos de amostragem por parte dos responsáveis pelo controle da qualidade de água do SAA; da SAC e SAI, a partir de coletas semestrais de água bruta para análise, com o objetivo de realizar uma avaliação de possíveis risco à saúde da população atendida.

Os principais marcos históricos, no que diz respeito a planos de segurança da água, tiveram início no ano de 2003, com a publicação do Plano de Gestão de Risco em abastecimento de água na Austrália e deram sequência com o lançamento da Organização Mundial da Saúde do *Guidelines for drinking-water quality, 3th edition* no ano de 2004, onde a Organização Mundial da Saúde - OMS aborda a associação de risco e abastecimento de água. No ano de 2009 a OMS faz o lançamento do primeiro guia para a implementação do PSA, intitulado como *Water safety plan manual* (Baracho, 2023).

Ainda, no ano de 2011, a OMS divulga o *Guidelines for drinking-water quality 4th edition*, o qual menciona que o PSA é o método mais eficiente de assegurar de forma contínua a segurança do abastecimento de água para consumo humano através de uma metodologia que compreende a avaliação e gestão de riscos,

integrando todas as etapas do sistema de distribuição de água que contempla desde a captação até o consumidor final.

Devido às limitações das ações tradicionais voltadas ao controle da qualidade da água nas comunidades rurais, as quais, na maioria das vezes, integram somente as análises laboratoriais em longo prazo, torna o processo de segurança da água dubitável (Ministério da Saúde, 2012).

Através do desenvolvimento e implantação de ferramentas metodológicas capazes de avaliar e gerenciar os riscos à saúde, decorrentes de todo o sistema de abastecimento de água que compreende a captação, tratamento, rede de distribuição e consumidor final, se efetiva a possibilidade de monitorar os pontos críticos de um sistema, bem como, detectar problemas com maior precisão e agilidade. Todos esses fatores tornam-se passíveis de alcance através da elaboração de um PSA adaptado ao sistema que se deseja acompanhar (Ministério da Saúde, 2012).

A implantação de um PSA é um método de extrema importância na identificação de possíveis inconformidades no sistema de abastecimento público de água, sendo viável a sua implantação em qualquer sistema, pois traz respostas aos sistemas de abastecimento de água (SAA), solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo (SAC) e solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI).

Conforme aborda Vieira (2018), o PSA é um instrumento capaz de minimizar a chance de incidentes, pois avalia cada etapa do sistema, elencando os riscos e perigos associados às falhas de cada ponto. É um procedimento que prevê ainda planos de contingência voltados a imprevistos que possam impactar na qualidade da água. O principal objetivo do PSA é fornecer ao consumidor final, água potável, segura e de qualidade, visando proteger a saúde de toda a população.

Para tanto, o presente trabalho aborda a elaboração de um plano de segurança da água em uma pequena comunidade rural do município de Tenente Portela no estado do Rio Grande do Sul, o qual avalia os possíveis riscos em todas as etapas do sistema de abastecimento de água utilizado pelos moradores, incluindo a avaliação das instalações intradomiciliares que cada família detém, visto a importância de se manter a higienização e conservação adequada dos utensílios utilizados para o consumo da água, que chega à torneira do consumidor. O levantamento de dados foi realizado com o auxílio de um *software* elaborado por Correa (2020), que apresenta diversos pontos positivos, assim como a necessidade de algumas melhorias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar um Plano de Segurança de Água (PSA) em um Sistema de Abastecimento de água de pequeno porte em uma comunidade rural no município de Tenente Portela/RS, somado a um olhar sobre possíveis riscos à segurança da água no ambiente intradomiciliar.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar as situações de risco à qualidade da água no ambiente intradomiciliar como apoio ao PSA em comunidade rural;
- Elaborar o PSA para um SAA em comunidade rural, com a avaliação dos possíveis perigos e riscos existentes, além de proposta de medidas de controle.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SANEAMENTO E AS DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA: VISÃO HISTÓRICA

Ao longo da história da humanidade a preocupação com a saúde da população sempre esteve relacionada ao sistema de saneamento básico. Segundo Nardocci (1999), diversos métodos de análise e quantificação de riscos associam o grau de riscos aos impactos ambientais e à saúde da população.

Os exemplos primórdios de sistemas de distribuição de água são os aquedutos romanos e gregos. Não há registros definidos de quando se iniciaram os processos de tratamento da água, os quais previam somente a ausência de cor e odor e eram realizados em escala individual. Esses processos foram amplamente utilizados até meados de 1804, ano em que foi inaugurada a primeira estação de tratamento de água coletiva na Escócia (Angelakis, 2012). Conforme Ventura (2019), desde a década de 70, a avaliação de riscos sob a temática água potável se concentra em características físicas e químicas da água, alusivo aos efeitos na saúde da população.

Ainda que a percepção sensorial seja uma forma rápida e previamente utilizada para avaliação da água disponível para o consumo humano, é necessário recorrer aos padrões de potabilidade exigidos através de análises técnicas como os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que com o decorrer do tempo vem estabelecendo maior complexidade e abrangência no que se refere às normativas de potabilidade da água (Mendes e Oliveira, 2004).

Conforme Vieira (2018), há registros de diversas técnicas implantadas na Grécia e na Roma com o intuito de melhorar a qualidade de água que era consumida. Utilizavam-se de procedimentos como ferver a água, aquecer a água ao sol, introduzir um ferro em brasa ou usando filtros de areia ou carvão. O pai da medicina, Hipócrates, já dispunha de um filtro de água a cerca de 460 a.C e 377 a.C para purificar a água fornecida aos seus pacientes. Na verdade, o filtro que era conhecido como a luva de Hipócrates, era apenas um saco de pano onde a água era derramada após fervida, sendo removidos então os sólidos em suspensão responsáveis pelo mau odor e gosto.

Ainda, de acordo com Mendes e Oliveira (2004), o conceito de água potável é aquela que pode ser consumida sem apresentar perigo à saúde de quem a ingere. A característica ou estado de potabilidade não é possível ser observada de forma direta, é necessário seguir todas as análises requisitadas para que após os resultados obtidos, seja avaliada a sua condição e utilizada conforme o uso permitido para determinado fim.

O epidemiologista Dr. John Snow, no ano de 1855, provou que a doença cólera era causada pelo consumo de água contaminada com material fecal. Já em 1880, Louis Pasteur apresentou a teoria microbiana, conhecida como “teoria do germe” conferindo uma explicação definitiva em relação à transmissão de doenças por microrganismos tendo a água como veículo transmissor, corroborando assim com as evidências demonstradas anteriormente pelo médico John Snow (Ceballos *et al.*, 2009).

O atendimento às características de limpidez, ausência de odor e sabor se manteve até a publicação da teoria microbiana de Luis Pasteur, alterando o enfoque do tratamento de água para o objetivo da remoção de microrganismos patogênicos, que resultaram nos processos de tratamento da água utilizados atualmente como a coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (Ceballos *et al.*, 2009).

Através dos métodos científicos para detecção de microrganismos, como o isolamento do bacilo *Vibrio cholerae* realizado por Robert Kock, foi possível associar

o consumo de água à saúde da população, dando origem à necessidade de estabelecer protocolos e normativas de controle da qualidade da água (Vieira e Morais, 2005).

Segundo Chaysiri *et al.*, (2021) as doenças relacionadas com o consumo de água são fontes de numerosas tragédias, sendo por motivo de consumo de água imprópria ou ainda pela inadequada ou falta de saneamento básico. De acordo com a FIOCRUZ (2023), todos os anos, 208 mil crianças com idade inferior a cinco anos morrem devido ao rotavírus, vírus vinculado às doenças diarreicas agudas. Coincidentemente, à maioria em países de baixa e média renda, que sofrem da carência de acesso à água e ao saneamento de forma segura.

Assim, a partir da metade do século XIX em decorrências de surtos epidemiológicos de veiculação hídrica que ocorreram na Europa, passaram a se desenvolver e implantar aspectos técnicos e legais de desinfecção da água em sistemas de tratamento de água para abastecimento público, instituindo um marco tecnológico para a saúde pública, pois a partir do avanço no tratamento da água, pressupõem-se o controle de doenças originadas de contaminação microbológica e propagadas por via hídrica (Vieira e Duarte, 2007).

Entretanto, apesar de grandes avanços no tratamento da água, as epidemias de doenças de origem e veiculação hídrica continuam nos dias atuais. Um dos motivos que acarretam essas doenças é a deficiência de estruturas adequadas para o tratamento de efluente e sistemas de drenagem. Ainda, atrelado a isso, a partir da evolução das estações de tratamento de água, há um enfoque específico somente na avaliação da qualidade da água em alguns pontos da rede de distribuição, com pouca atenção ao sistema como um todo, incluindo a bacia de captação até o consumidor final (Souza, 2007; Oliveira e Teixeira 2018).

Para tanto, o saneamento básico deve se preocupar na prevenção de doenças, mas principalmente na promoção de saúde. Neste sentido, Souza (2007) discorre que a prevenção é uma forma de instalar uma barreira de contato entre os agentes transmissores de doenças e a população, objetivando reduzir ou amenizar a possível contaminação, fazendo com que se estenda o surgimento e a propagação de uma doença. Desta forma, o saneamento básico seria parte integrante do setor de saúde, podendo pontuar as doenças vinculadas à carência de abastecimento público de água ou à disponibilidade de água de má qualidade, como também, a relação com a coleta

e tratamento de esgoto doméstico e industrial, gestão inadequada de resíduos sólidos e deficiência na drenagem urbana.

Em relação à promoção de saúde, ela se apresenta na forma de erradicar ou prolongar o máximo o surgimento de uma doença, sendo um fator de alerta quanto ao seu surgimento, onde, a partir de então, se devem realizar ações efetivas para contornar a situação. Diante disso, os projetos de saneamento são focados apenas na implantação, porém o objetivo maior deveria ser na implantação adequada, no funcionamento correto em longo prazo e também acessível a todos (Souza, 2007).

Como forma de promover saúde, a interdisciplinaridade é fundamental para garantir a erradicação de doenças. A abrangência de gestão de recursos hídricos, aplicação de normas e implementação de obras de engenharia para saneamento com tecnologia aplicáveis e monitoramento contínuo, assegura a entrega de uma água para consumo potável, de qualidade e segura para a população atendida (Souza, 2007).

Destaca-se, que somente em 1992, o termo “água” foi mencionado pela primeira vez em explicação à epidemia de cólera. Foi então que o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) e a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) estabeleceram a implantação de um sistema, denominado Sistema de Água Segura, como uma forma de executar diretrizes com o intuito de redução da doença com resposta rápida, sendo de fácil aplicação e financeiramente viável (CDC, 2000).

2.2 ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A disponibilidade de água de fácil acesso, desde a época em que os seres humanos deixaram de ser nômades para fixar-se em local permanente, sempre foi primordial para agrupar e fixar povos em um determinado local. A quantidade de água disponível caracterizava o tamanho da população, pois além do consumo, era fundamental para a produção de alimentos. Este fato caracteriza até hoje a estrutura das civilizações e o desenvolvimento socioeconômico de uma determinada região (Angelakis, 2012).

No ano de 2010, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas declarou o acesso à água potável limpa e segura um direito indispensável para uma vida digna. No entanto, o cuidado com a água ofertada para o consumo humano está atrelado à história da humanidade, onde há registros que há pelo menos seis mil anos

já havia sistemas de abastecimento de água incluindo as etapas de captação, tratamento, reservação, distribuição e consumo. Embora o foco dos processos de tratamento fosse algo mais instintivo como a ausência de odor, transparência e sabor agradável, já se demonstrava pequenos cuidados em relação a água consumida (Ceballos *et al.*, 2009).

Embora ocorra a constante melhora nos serviços de saneamento básico no Brasil, os dados divulgados pelo IBGE no ano de 2017, demonstram que o país ainda não alcançou a universalização quando se trata de distribuição de água por rede de abastecimento, sendo que 86,1% dos domicílios contam com esse serviço. Já a carência no serviço de coleta de esgotamento sanitário é notória, a qual abrange apenas 50,8% das habitações brasileiras. Ainda, apenas 62,8% dos municípios do país realiza o tratamento de esgoto, sendo que esses dados revelam que a maior parte dos efluentes sem tratamento, tem como destino os corpos hídricos que recebem altas cargas de matéria orgânica e contaminantes como os poluentes emergentes, os quais dependem de um tratamento mais avançado para remoção.

Logo, associado a esse cenário, se têm as situações de mudanças climáticas, em que, por exemplo, estiagens mais intensas resultam em elevada deterioração dos mananciais devido à contribuição de água residuária e conseqüente redução da capacidade de diluição e autodepuração dos corpos d'água receptores, prejudicando, assim, a qualidade da água bruta coletada para o sistema de abastecimento público, acarretando aumento nos custos de tratamento e maiores riscos na propagação de doenças de veiculação hídrica (Tran *et al.*, 2017).

Com o fim da Guerra Fria, a segurança deixou de ser somente uma questão de defesa militar e passou a abordar novos conceitos, dando origem a segurança ambiental e hídrica (Xavier, 2010). O conceito de segurança hídrica vem sendo cada vez mais abordado por conseqüência de situações como a escassez da água, aumento da demanda pelo consumo da água e má gestão dos recursos hídricos (Grobicki, 2009).

Ainda, segundo Grobicki (2009), a segurança hídrica pode ser definida como a disponibilidade de quantidade e qualidade satisfatória, visando à sobrevivência, saúde e bem-estar da comunidade atendida. Também está diretamente relacionada à produção de alimentos, saneamento básico e as medidas protetivas quanto aos riscos de acidentes naturais e de origem antrópica.

Para que ocorra o fornecimento de um sistema de abastecimento de água de forma segura, devem estar bem definidos e alinhados os padrões de qualidade da água exigidos, assim como o conhecimento claro sobre uma série de riscos atrelados ao sistema e a correta implantação de métodos eficazes de monitoramento (Costa, 2010).

Desde o início do século XX, tem-se muita investigação e evolução em termos de abastecimento de água para consumo humano. O foco da preocupação da população não é mais prioridade da quantidade de água disponível para atender à demanda da população, mas sim a qualidade que se é ofertada por estar diretamente relacionada com a saúde pública (Costa, 2010; Pato, 2011).

Segundo Pato (2011), a evolução do conceito de água potável tem-se intensificado nos últimos anos, resultado do avanço do conhecimento da população na busca por uma resposta frente aos desastres ambientais e aumento de ameaças à saúde pública, passando a dar espaço à demanda de água potável segura e de qualidade.

A evolução do conhecimento sobre as questões ambientais, mais precisamente sobre a gestão dos recursos hídricos, traz o aumento de exigências por parte do consumidor frente ao surgimento de doenças de veiculação hídrica e a necessidade de proteger a saúde da população, proporcionando através do abastecimento público, qualidade de vida.

A Organização Mundial da Saúde – OMS, no ano de 1958, lançou a primeira edição remetida à qualidade da água destinada ao consumo humano, a qual posteriormente nos anos de 1963 e 1971 passou por uma revisão onde apresentou normas criadas a partir de planos de amostragem da água consumida. Com o passar do tempo, as normas da OMS foram se atualizando por meio de outras edições, como a publicação dos três volumes da primeira edição das *Guidelines Drinking Water Quality* – GDWQ.

A partir da publicação da segunda edição dos três volumes da GDWQ, nos anos de 1993, 1996 e 1997, respectivamente, surgiram diversas situações que desencadearam a importância da qualidade da água vinculada a saúde da comunidade abastecida. Assim, a OMS verificou a necessidade de uma padronização de gestão, publicando a 3ª edição das suas GDWQ no ano de 2004 (WHO, 2004).

As normas estabeleceram padrões sanitários, planos de segurança da qualidade da água e regulação independente, apontando um direcionamento para o

enquadramento de um abastecimento de água seguro. Através da edição de 2004 publicada, se faz necessária a avaliação de riscos para a saúde humana provenientes de microrganismos, produtos químicos e radiológicos, demonstrando o avanço na proteção da saúde da população em relação à água consumida (Vieira e Morais, 2005).

2.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Os primeiros registros para barrar o escoamento natural das águas, foram realizados a cerca de 5.000 anos no Egito e na Mesopotâmia por meio de canais de irrigação e drenagem nos vales dos rios Tigre, Nilo e Eufrates, com o foco para atividade agrícola. Em regiões áridas ou com índices pluviométricos muito baixos, a solução para o abastecimento da população e irrigação de plantas foi a utilização de fontes subterrâneas. Aproximadamente há cerca de 3.000 a 5.000 anos, na região Pérsia, onde atualmente concentra-se o Irã, foram desenvolvidos sistemas para a captação de água subterrânea por meio de aquedutos enterrados com uma pequena declividade, chamados de *Qanat*. Estes sistemas comprovam a utilização da tecnologia naquela época, os quais foram difundidos e utilizados por todo o território Persa no seu maior período de extensão (Vieira, 2018).

Heller e Pádua (2010), também relatam que na Grécia antiga, visto a demanda de água associada à prosperidade da população, a captação de água era realizada de três formas, sendo utilizada a exploração de água por meio de nascentes com a condução através de aquedutos, a exploração da água subterrânea por meio de poços e a coleta da água de origem pluviométrica através de cisternas, onde o transporte das fontes até os locais de consumo chegavam atingir 5 km.

Ainda, conforme Vieira (2018), após esse período, com a evolução do conhecimento em hidráulica, vieram a implantação de outros aquedutos com o intuito de abastecimento de água de palácios, vilas e cidades com grandes obras executadas e consagradas nas cidades romanas, que testemunharam estruturas inovadoras com reservatórios de distribuição e tanques de sedimentação. Diversos aquedutos utilizados nos primórdios do sistema de abastecimento de água podem ser contemplados ainda hoje, em diversas regiões como Itália, França e Espanha. Consequente, no século XVIII e XIX com a revolução industrial e o aumento da demanda de água tanto doméstica quanto industrial, impulsionaram o

desenvolvimento de modelos técnicos de sistemas de abastecimento de água cada vez mais pesados e científico, como é o caso da primeira estação elevatória a vapor inaugurada no ano de 1880, na cidade de Lisboa em Portugal.

Mas somente a partir do século XX, após a propagação de doenças devido ao crescimento desordenado da população e aglomerações em áreas insalubres, ocorreram algumas melhorias nas infraestruturas de abastecimento de água de centros urbanos, vindo a surgir percepções da linha tênue entre a saúde pública e saneamento básico (Dos Santos *et al.*, 2018).

Conforme aborda Heller e Pádua (2010), a solução mais apropriada para um problema relacionado ao abastecimento de água não quer dizer que seja a mais econômica, mais segura ou a mais moderna, mas deve ser adequada à realidade da população que será atendida.

Assim, para a Portaria nº 888 de 2021, a qual alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, o sistema de abastecimento de água para consumo humano é uma instalação composta por um conjunto de obras que integra desde a etapa de captação até as ligações prediais, destinada ao fornecimento de água potável por meio de rede de distribuição. As soluções alternativas coletivas são categorias de abastecimento coletivo, destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição. Já as soluções alternativas individuais se diferem devido ao atendimento aos domicílios residenciais de uma só família, incluindo seus membros familiares.

2.4 ORIGEM DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA – PSA

Diante das evidências no que diz respeito às limitações do monitoramento de “fim-de-linha”, o qual não garante ao consumidor a confiança necessária na água consumida, deparou-se com a necessidade de evolução da gestão de todo o sistema de abastecimento de água a fim de que seja possível desenvolver uma metodologia com a abordagem de detecção e solução de riscos desde a captação até o consumidor final, incluindo propostas de melhorias que deverão ser implantadas e monitoradas (Vieira, 2005).

Com a revisão do Guia para Qualidade de Água Potável da OMS no ano 2000, surgiram discussões a respeito da necessidade de elaborar documentos norteadores

quanto às práticas adequadas para garantir a distribuição de água potável segura (Baracho, 2023).

Desse modo, a Organização Mundial da Saúde - OMS realiza esforços em prol da saúde pública, divulgando recomendações voltadas à qualidade da água através de guias de orientação intitulados *Guidelines for Drinking-Water Quality* – GDWQ, metodologia que consiste na avaliação dos parâmetros de qualidade da água destinado ao abastecimento público (Hilaco, 2012).

Os guias têm como objetivo principal promover a proteção à saúde do público envolvido, por meio de orientações dedicadas a gestores da área da saúde e governantes. Contudo, podem ser utilizados como documento inspirador para implementação em diversos setores das mais distintas atividades (WHO, 2011).

Na figura 1 está apresentada uma linha do tempo, adaptada do estudo realizado por Baracho (2023), no que diz respeito aos planos de segurança da água ao longo da história.

Figura 1 - Linha do tempo referente aos principais marcos associados aos Planos de Segurança da Água

2003	Planos de Gestão de Risco em abastecimento de água, lançado pelo estado de Victoria, Austrália
2004	<i>Guidelines for drinking-water quality, 3th edition</i> , OMS faz menção pela primeira vez associando risco e abastecimento de água
2005	PSA em Sistemas Públicos de Abastecimento – Agência Reguladora de Portugal; PSA Águas de Cávado em Portugal
2006	<i>Protecting groundwater for health: Managing the quality of drinking-water sources</i> , análise de risco para águas subterrâneas
2009	<i>Water safety plan manual</i> , primeiro guia para implementação de PSA elaborado pela OMS
2010	Ratificação da água e esgotamento sanitário como direitos humanos pela ONU
2011	<i>Guidelines for drinking-water quality, 4th edition</i> : PSA como ferramenta para garantir acesso seguro à água potável; Portaria de Potabilidade 2.914 de 2011 a qual recomenda a adoção do PSA no Brasil
2012	PSA em Viçosa, Minas Gerais – Brasil; <i>Water safety planning for small Community water supplies</i> : Guia de PSA específico para pequenas comunidades
2013	Guia de orientação para elaboração de PSA do Ministério da Saúde do Brasil
2014	Adoção do PSA como ferramenta para garantir a qualidade da água no Peru
2015	Lançamento do Livro “Plano de Segurança da Água na Visão de Especialistas”, da ETRAS/OPA/OMS
2021	Indicação do PSA na Portaria de Potabilidade – Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, como ferramenta de controle de qualidade da água
2023	Lançamento da ABNT NBR 17080:2023 – Plano de segurança da água: princípios e diretrizes para elaboração e implementação; <i>Water safety plan manual, second edition</i> – Passo a passo para o gerenciamento de risco para fornecedores de água potável elaborado pela OMS

Fonte: Adaptado de Baracho, 2023.

Conforme Bartram *et al.* (2009), esses documentos constituem em guias de boas práticas, os quais evoluíram para uma ferramenta metodológica, onde, em 2005,

foi lançado o Plano de Segurança de Água pela OMS, que utiliza a metodologia conhecida como *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), em português - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) - na identificação de perigos.

Esta metodologia é usada na indústria alimentícia para prevenir a propagação de possíveis doenças que são transmitidas através da ingestão de alimentos processados. Consiste na identificação de riscos e estabelece medidas de controle estratégicas, capazes de reduzir esses riscos ou até eliminá-los (WHO, 2017). No ano 2000, algumas entidades gestoras de água da Austrália decidiram adaptar a gestão preventiva de riscos no sistema de abastecimento de água desde a origem até o consumidor final (Hilaco, 2012).

Diante do sucesso da implementação da metodologia ajustada pelas entidades, a OMS realizou estudos e avaliações técnicas com a colaboração de diversos profissionais para que assim pudesse ser lançada a metodologia que integra o Plano de Segurança da Água, que a partir de 2004 foi inserida nas GDWQ (WHO, 2005).

A 3ª edição das *Guidelines for Drinking Water Quality* (GDWQ) de 2004, relaciona um conjunto de recomendações a serem executadas para garantir a qualidade da água por parte das entidades gestoras, sendo a metodologia baseada em gestão preventiva de riscos, denominada Plano de Segurança da Água. As recomendações podem ser adaptadas para normativas regionais conforme a realidade de cada local, em observação à situação econômica, social e ambiental presente (Hilaco, 2012).

O Plano de Segurança da Água (PSA) aborda o gerenciamento preventivo de riscos. Em razão disso, propõe que os riscos vinculados à segurança da água fornecida sejam identificados, priorizados e controlados para evitar qualquer problema relacionado com a qualidade da água, visando a proteger a saúde do consumidor. O PSA compõe uma metodologia de fiscalização sanitária, a fim de analisar os perigos e possíveis riscos a um sistema de abastecimento de água e propor ações de melhoria com celeridade as quais devem estar acompanhadas de um monitoramento eficaz e regular documentado, possibilitando o gerenciamento amplo e assim proporcionar credibilidade e segurança à população abastecida (OMS, 2012).

No ano de 2021, a Portaria nº 888, no tocante aos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, em seu artigo 49 prevê o que segue:

Art. 49 A Autoridade de Saúde Pública poderá exigir dos responsáveis por SAA e SAC a elaboração e implementação de Plano de Segurança da Água (PSA), conforme a metodologia e o conteúdo preconizados pela Organização Mundial da Saúde ou definidos em diretrizes do Ministério da Saúde, para fins de gestão preventiva de risco à saúde (Brasil, 2021).

Consequente ao exposto, com o propósito de elucidar e nortear a elaboração e implementação do PSA, na data de 02/02/2023 a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT lançou a norma técnica ABNT NBR 17080:2023 – Plano de Segurança da Água – Princípios e diretrizes para elaboração e implementação.

A normativa técnica aborda que o PSA é um instrumento que tem por função auxiliar o prestador de serviço do abastecimento de água ou as soluções alternativas na melhoria da promoção de saúde pública. Também menciona que o PSA objetiva eliminar ou reduzir riscos à saúde do consumidor associados ao consumo de água de abastecimento público, durante as etapas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição para consumo humano (ABNT NBR 17080:2023).

A norma também discorre sobre a necessidade de adoção de um programa de gestão abrangente para a disponibilidade de uma água segura para a população e, o desenvolvimento do PSA baseado no conceito de barreiras múltiplas, o qual utiliza ferramentas administrativas, gerenciais, tecnológicas e educacionais considerando não só apenas o monitoramento de contaminantes químicos, físicos e/ou biológicos na qualidade de água de abastecimento público, mas, principalmente, todas as etapas do sistema de distribuição de água, desde o manancial até o consumo final (ABNT NBR 17080:2023).

Ainda, a norma também traz o conceito do PSA conforme apresentado a seguir:

3.32

plano de segurança da água

PSA

documento, baseado na metodologia integrada de avaliação e gestão de riscos que englobe todas as etapas do abastecimento de água desde o manancial até o ponto de consumo, visando desenvolver medidas de controle para assegurar o fornecimento de água segura.

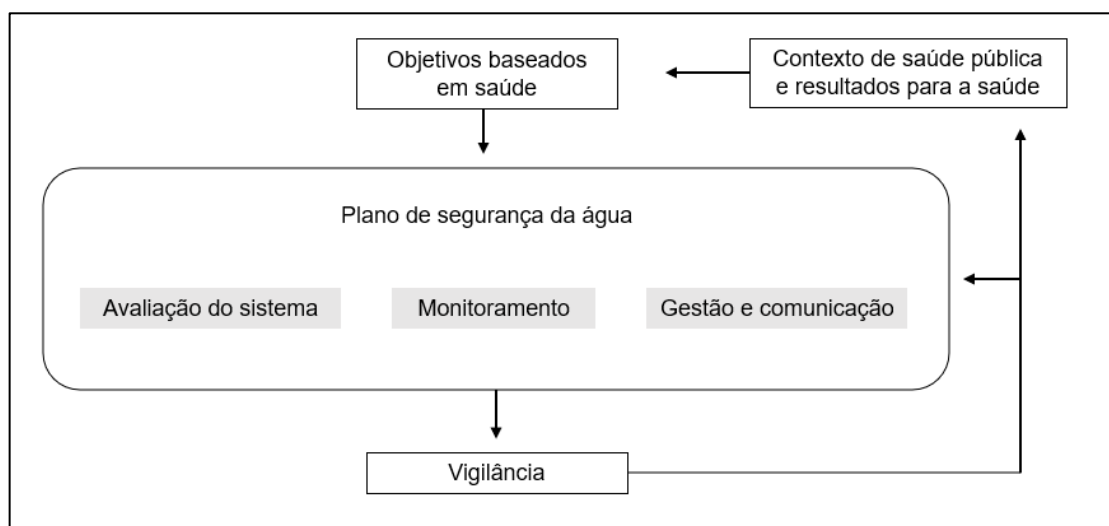
Ainda em 2023, a OMS lançou a segunda edição do *Water Safety Plan Manual*, com aprimoramentos e soluções a desafios reais de diversos estudos de caso no

mundo (WHO, 2023). Torna-se assim, perceptível que o PSA está sendo estabelecido diante de portarias e normativas federais a fim de implantar um sistema preventivo de risco quanto à qualidade de água e como resultado a promoção de saúde para a população atendida.

2.5 ETAPAS DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA – PSA

As diretrizes da OMS ressaltam que o fornecimento de água de forma segura é possível através da implementação de um processo de gestão de riscos que contempla um quadro de referência para a segurança da água para consumo humano (Figura 2). Este quadro apresenta uma abordagem integral de avaliação e gestão que abrange os objetivos de saúde definidos por uma autoridade sanitária; uma avaliação detalhada dos riscos de todo os sistemas de abastecimento de água em estudo; a execução de medidas de controle necessárias e um sistema de vigilância independente (Vieira, 2018).

Figura 2 - Quadro de referência para a segurança da água para consumo humano.



Fonte: Adaptado de Vieira, 2018.

A gestão preventiva, como é atribuída ao PSA, evidencia a realidade da unidade de gestão responsável pelo sistema de abastecimento de água, que é o fato da impossibilidade de controlar todos os elementos que influenciam na qualidade da água distribuída, uma vez que, muitos fatores estão fora do alcance ou de sua

responsabilidade direta. Frente a isso, a adoção de uma metodologia da identificação e levantamento de riscos, capacitação da equipe e apoio da administração envolvida, são necessárias para lograr de uma gestão com êxito, sendo de extrema importância que as demais entidades, as quais direta ou indiretamente fazem parte da saúde e qualidade de vida da população, estejam inseridas durante todo o processo de aplicação da gestão da água (Baracho, Najberg e Scalize, 2023; Summerill *et al.*, 2011).

O gerenciamento de riscos consiste na identificação dos possíveis perigos e eventos perigosos atribuindo corretamente suas consequências e probabilidades para a avaliação do nível de risco prováveis por cada um deles (Walker, 2023). De acordo com WHO (2017), o risco é a probabilidade de ocorrência de um perigo identificado causar danos à saúde da população em função de sua magnitude e severidade.

Logo, visto que o PSA consiste na avaliação de riscos, é de extrema relevância abranger os conceitos de perigo, evento perigoso e riscos. De acordo com WHO (2011), são definidos da seguinte maneira:

- Perigo: Pode ser caracterizado por um agente físico, químico, biológico ou radiológico capaz de causar danos à saúde da população.
- Evento perigoso: São situações que levam a inserção de um perigo ou a falha na eliminação de um perigo no sistema de abastecimento de água.
- Risco: Consiste na probabilidade de ocorrência de um determinado perigo que pode causar danos à saúde pública em um determinado período de tempo e severidade das consequências associadas.

Para a execução da análise em função do grau de risco, primeiramente devem ser identificados todos os perigos e eventos perigosos do sistema de abastecimento de água. Assim, será possível proceder com a análise a partir de uma matriz de priorização de risco com escalas de probabilidade e severidade, onde se classifica o grau de risco de uma determinada situação (Corrêa, 2020).

Como a matriz de risco é construída pode se tornar em ponto crítico para sua efetividade como ferramenta na avaliação de risco, podendo comprometer o propósito e a integridade do PSA (Lane e Hrudey, 2023).

Por conseguinte, observa-se que a descrição dos eventos perigosos, realizada preliminarmente, ocorre durante a etapa de apontamentos da problemática; e a etapa de avaliação consiste na análise de risco (Ventura, 2019). Walker (2023) ainda

pondera que, ao se avaliar mal o risco da qualidade da água pode-se atribuir probabilidade incorreta de ocorrência de contaminação.

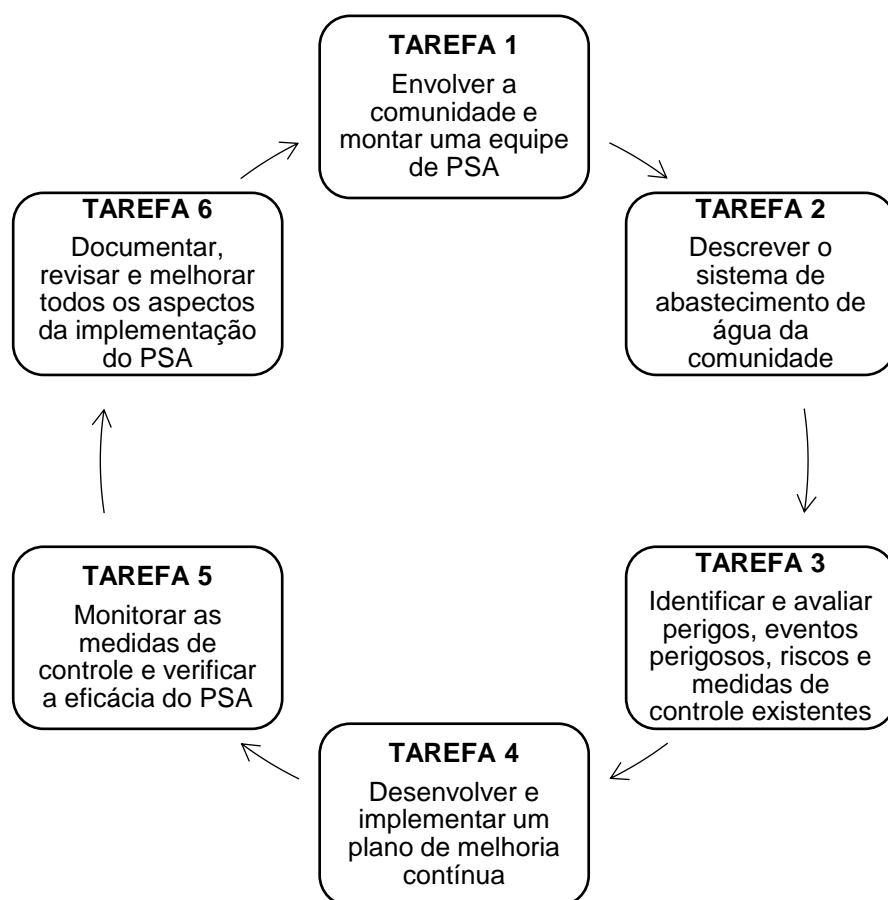
Cabe ressaltar que não existe uma única forma de desenvolver e implantar um Plano de Segurança de Água (PSA). Alguns sistemas optam pelos modelos estruturais propostos pela *World Health Organization - WHO* e *International Water Association - IWA*, já outros escolhem modelos de plano de gestão de riscos e ainda há aqueles sistemas que aplicam a metodologia *Hazard Analysis and Critical Control Points - HACCP*, a partir da alegação que a água para consumo humano é considerada um produto alimentar. Porém, independente da metodologia escolhida, o essencial é a aprovação da entidade gestora do sistema de abastecimento, como também, o envolvimento das demais partes interessadas para compor e entender ativamente o método, e podendo adequá-lo à realidade do local (Vieira, 2018; Lane e Hruday, 2023).

O PSA constitui de três componentes fundamentais: a avaliação do sistema, o monitoramento e a gestão e comunicação. Conforme a OMS (WHO, 2012), um PSA pode ser desenvolvido em 11 módulos que integram todo o sistema de abastecimento de água, desde a captação, tratamento, rede de distribuição e consumidor final. A partir desta metodologia, podem ser realizadas as adaptações necessárias conforme a realidade local, visto que a implantação do PSA deve ser flexível na sua fase de execução, observando todos os critérios pré-estabelecidos durante as etapas iniciais.

Neste sentido, foi realizada uma adaptação para pequenas comunidades rurais, conforme o guia de campo, no qual a OMS propõe uma abordagem simplificada em 6 etapas (Figura 3).

Essas etapas exprimem, de forma resumida, o processo de desenvolvimento do PSA, além do principal foco e obstáculos do sistema de abastecimento de água. As ações realizadas em cada módulo serão descritas na etapa da metodologia do presente estudo.

Figura 3 - Esquema de 6 tarefas para implementar um PSA em sistemas de abastecimento de pequenas comunidades.



Fonte: Adaptado de WHO, 2012.

2.6 IMPLANTAÇÃO DO PSA NO BRASIL

Ressalta-se, inicialmente, que até 2017, 93 países já haviam implementado o PSA para sistemas de abastecimento de água (WHO e IWA, 2017). Como exemplo de regulamentação internacional, pode ser relatada a normativa da União Europeia sobre o tema, apontando obrigação legal da implantação do PSA para os países membros (Diretiva UE 2020/2184, 2020).

No Brasil, muitos estudos relacionados à implantação do Plano de Segurança da Água estão associados aos sistemas de abastecimento de água em zona urbana que integram as Estações de Tratamento de Água.

O estudo realizado por De Lima (2010) compreendeu a elaboração de um Plano de Segurança da água para um sistema de abastecimento humano no município de Natal/RN. A pesquisa abordou a implantação de um PSA para um sistema de produção de água potável o qual utiliza a captação de água bruta através do manancial Maxaranguape. Foi aplicado o guia de implementação de Vieira (2005) e o estudo realizado por Havelaar (1994,) que utilizou a metodologia APPCC, complementando com o auxílio da “árvore decisória”, o qual segue uma sequência de perguntas e respostas aplicada para cada evento perigoso, para identificação dos pontos críticos de controle – PCC nas etapas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição. O estudo também abordou medidas preventivas, ações corretivas e procedimentos de monitoramento no processo de produção da água.

Outra proposta metodológica para a implantação de PSA foi realizada por De Souza (2014) no município de Bento Gonçalves, no estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de aplicação no sistema convencional de abastecimento de água da CORSAN, onde foi proposta a implantação do PSA a partir da gestão de riscos como *Hazard Identification Study* - HAZID e a Análise Preliminar de Riscos - APR para as etapas de captação e tratamento e a utilização de mapas de risco e simulações hidráulicas, com maior nível de detalhamento e enfoque, para as etapas de reservação e distribuição.

Consequente, Oliveira e Teixeira (2018) realizaram a avaliação de riscos em uma rede de distribuição de água no município de Formosa/GO, com o intuito de implantação do PSA. A avaliação de risco foi realizada por meio da metodologia de matriz de priorização de risco estabelecida pela NBR ISO/IEC 31010:2012 com enfoque no PSA. Observou-se que os principais riscos levantados nos reservatórios foram referentes ao estado de conservação do mesmo, o acesso de pessoas e animais e a inexistência de análise da qualidade da água na saída do reservatório. Para a etapa de distribuição foram pontuados riscos quanto à presença de tubulações de amianto, rachaduras nas tubulações, muitos vazamentos e a falta de desinfecção após a realização dos serviços de manutenção da rede. Em ambas as etapas foram propostas medidas de controle e evidenciado que o PSA se torna uma importante ferramenta para a gestão de riscos garantindo a segurança da água.

Ventura *et al.* (2019) estudou o modelo de PSA implantado na ETA de Guaraú/SP, utilizada como uma ferramenta de gestão hídrica. A implementação do

PSA consistiu na identificação de perigos e caracterização de riscos na etapa de tratamento como item relevante e inicial ao monitoramento preventivo. O PSA foi estruturado a partir da metodologia estabelecida por Beuken *et al.* (2008). Foi elaborado um formulário para o levantamento de pontos críticos de maior importância para a etapa de tratamento para posterior identificação de riscos e perigosos. O estudo concluiu que, de modo geral, o PSA apresentou resultados significativos para utilização como método preventivo na gestão hídrica. Contudo, necessita um longo prazo para mobilização de todos os envolvidos e a efetivação em todas as etapas que constituem um sistema de abastecimento de água.

Baracho, Najberg e Scalize (2023) realizaram um estudo sobre os fatores que impactam a implementação dos Planos de Segurança de Água, identificando fatores facilitadores bem como os desafios para implementação do PSA por meio de um estudo de caso no Brasil. Os autores abordam a importância da participação da FUNASA e dos prestadores de serviços de abastecimento de água na difusão do PSA no Brasil, onde realizaram uma entrevista com os membros da instituição da Fundação Nacional de Saúde e prestadores de serviço que realizam a implementação, operação e manutenção dos serviços públicos de abastecimento de água nos centros urbanos, com o objetivo de realizar um levantamento dos municípios que implantaram o PSA no Brasil e seus desafios.

Com a realização das entrevistas semiestruturadas, foi possível identificar três fatores principais que afetam diretamente a implementação do PSA, os quais são: o processo de elaboração do PSA, gestão organizacional e atores externos. O processo de elaboração leva em conta a formação do grupo de execução que vai conduzir o trabalho do início ao fim. Já a gestão organizacional envolve todas as atividades que envolvem o abastecimento de água à população, incluindo a elaboração de documentos e práticas operacionais. Os atores externos são definidos como sendo os elementos que influenciam de forma direta e indireta o PSA como prefeituras, usuários, agências governamentais, comitês de bacias, entre outros (Baracho, Najberg e Scalize, 2023).

Através do estudo foi possível perceber que somente nove entes federativos do país possuem o PSA já implantado. Quanto aos fatores de sucesso e fracasso, o estudo dos autores destaca que a dificuldade de comunicação e interação dos atores externos com os prestadores de serviço, o desinteresse ou falta de cooperação das partes envolvidas e as dificuldades na compreensão da metodologia a ser utilizada,

acabam se tornando fatores desafiadores no processo de elaboração e implementação do PSA. O comprometimento da administração envolvida, o conhecimento técnico das etapas e metodologias de avaliação utilizada pela equipe de trabalho e a motivação externa por meio de incentivos financeiros, constituem facilitadores na elaboração do PSA. A atividade de sensibilização quanto à importância do PSA deve ser discutida com todos os envolvidos no sistema de abastecimento de água para a eficiência do trabalho realizado (Baracho, Najberg e Scalize, 2023; Gunnarsdottir *et al.*, 2023).

Em paralelo aos estudos apresentados, visando à implementação do PSA no contexto rural, Corrêa e Ventura (2021) elaboraram um modelo conceitual para realizar o monitoramento de risco à contaminação da água em pequenas comunidades rurais. Foi desenvolvido um *software* para elaboração do PSA e matriz de priorização de riscos com interface gráfica. A pesquisa foi realizada em cinco comunidades rurais de São Carlos e outras cinco comunidades situadas em um assentamento rural de Araraquara, ambos municípios do estado de São Paulo.

Após o levantamento de 17 eventos perigosos em uma propriedade em São Carlos quanto à etapa de captação de água, observaram que 8 deles foram classificados como alto risco de contaminação, sendo eles: falta de proteção permitindo o acesso de animais e pessoas; falta de placa de aviso sobre captação; presença de animais; falha elétrica; presença de pessoas com comportamento inadequado e falta de higiene em torno da fonte; lavagem de roupas e banho na área de captação; lançamento de efluentes na área de captação e o lançamento inadequado de águas residuárias em torno da fonte. No município de Araraquara, no primeiro dos cinco lotes visitados que recebe abastecimento de água por poço tubular semiartesiano, dos 12 eventos perigosos avaliados, também para a etapa de captação da água, 10 foram apontados como alto risco de contaminação. Já no segundo lote, dos 7 eventos avaliados, 2 apresentaram alto risco de contaminação e estão relacionados aos dejetos de animais e a existência de outras fontes próximo ao poço. O estudo demonstrou que 53,2% dos eventos perigosos observados concentraram-se na etapa de captação superficial e subterrânea, sendo que o investimento em segurança e em métodos adequados nas captações pode reduzir os riscos quanto à contaminação da água nas comunidades. O *software* auxiliou na classificação de riscos e permitiu apresentar recomendações para mitigação de danos, além de ser de fácil aplicabilidade podendo ser utilizado em todo o país para PSA em zona rural.

2.7 SANEAMENTO RURAL NO BRASIL

O saneamento básico no Brasil é composto por um conjunto de serviços públicos prestados à população, incluindo infraestrutura para o abastecimento público de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e serviços de drenagem e manejo das águas pluviais conforme disposto em legislação vigente (BRASIL, 2020).

Conforme a Organização Mundial da Saúde (ONU), o saneamento é considerado um direito humano imprescindível e universal para uma vida digna. Constitui direito social integrante de políticas públicas sociais que são garantidas pelo Estado, onde as políticas públicas de saneamentos são fundamentadas na promoção da saúde pública e tem como objetivo atingir o avanço da salubridade ambiental, ou seja, obter condições ambientais que favoreçam a prevenção de doenças aliadas à preservação do meio ambiente (Brasil, 2019).

Nas áreas rurais há um grande déficit de acesso ao saneamento básico, visto a deficiência tecnológica, financeira e operacional de recursos públicos para atender as famílias mais distantes da zona urbana, impedindo as pessoas de usufruir de serviços básicos, mas fundamentais para a saúde e qualidade de vida (Silveira, 2013).

O monitoramento mundial do saneamento e da água potável é realizado pelo *Joint Monitoring Programme* (JMP) da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). Os dados que o JMP traz são de extrema importância em nível global, pois os resultados apresentados são considerados um dos propósitos mais bem monitorados relativo aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (Bain *et al.*, 2014).

O JMP aborda firmemente uma desigualdade excessiva entre as fontes melhoradas de água potável utilizadas pela população urbana e rural. Os dados apresentados reportam que apenas 4% da população urbana mundial utilizam fontes de água inapropriadas para o consumo, enquanto que para a população rural, são 19% (Bain *et al.*, 2014).

O Brasil ainda não dispõe de uma legislação específica para o Plano de Saneamento Rural. Logo, a principal referência é a Política Nacional de Saneamento, a qual estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e dispõe em seu artigo 48, inciso VII, a garantia de meios adequados para o atendimento à população rural, por meio da utilização de soluções compatíveis com as suas características

econômicas e sociais peculiares. Frente a isso, entre 2015 e 2019 a Fundação Nacional de Saúde - Funasa em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) coordenou a elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), lançada através da Portaria MS nº 3.174/2019 que tem como finalidade a interação com os órgãos do governo e programas do Estado em busca da compreensão dos problemas que afetam as soluções sanitárias, em respeito à peculiaridade de cada região rural do país, onde as ações são voltadas para a melhoria da qualidade de vida dessa população (Brasil, 2019).

O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) definiu diretrizes e estratégias para o planejamento das ações a serem implantadas no que se refere ao saneamento rural. Além disso, o PNSR prevê em suas diretrizes algumas estratégias para o abastecimento de água incluindo a garantia da segurança da água fornecida. Para tanto, no capítulo 5, seção 5.3, subseção 5.3.1, diretriz 7, o documento apresenta a seguinte estratégia (Brasil, 2019):

DIRETRIZ 7

EFETIVAR O CONTROLE E A VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SOLUÇÕES ALTERNATIVAS COLETIVAS E INDIVIDUAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

7.1 - (...)

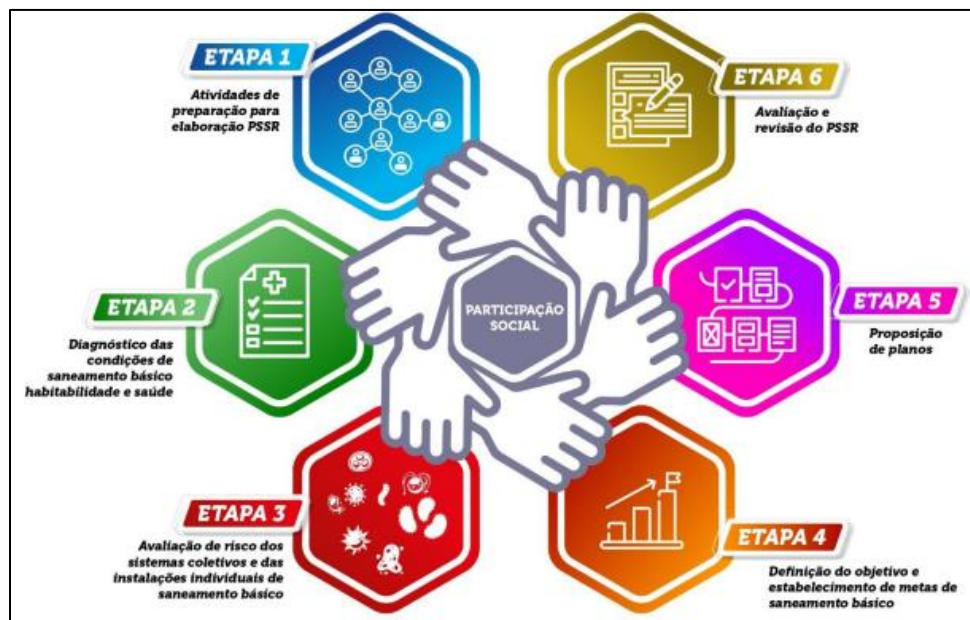
7.8 - Fomentar a implementação de Planos de Segurança da Água em sistemas e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água (Brasil, 2019).

Diante disso, foram desenvolvidas metodologias para elaboração de Planos de Segurança de Saneamento Rural baseados nas recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), do Ministério da Saúde (MS) e do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) que podem ser adaptadas para as mais diferentes regiões do país, visando apresentar os riscos os quais as populações que vivem em áreas rurais estão expostas, diante da infraestrutura de saneamento básico existente em âmbito coletivo e individual e posteriormente apresentar propostas de melhorias (Bezerra; Scalize; Baracho, 2022).

A metodologia desenvolvida para implantação do Plano de Segurança de Saneamento Rural (PSSR) foi concebida com base em diretrizes que contemplam o Plano de Segurança da Água (PSA) e Plano de Segurança de Saneamento (PSS)

intitulado no estudo como Plano de Segurança do Esgotamento Sanitário (PSE) conforme apresentado na Figura 4 (Bezerra; Scalize; Baracho, 2022).

Figura 4 - Descrição das etapas para elaboração e implementação do PSSR.



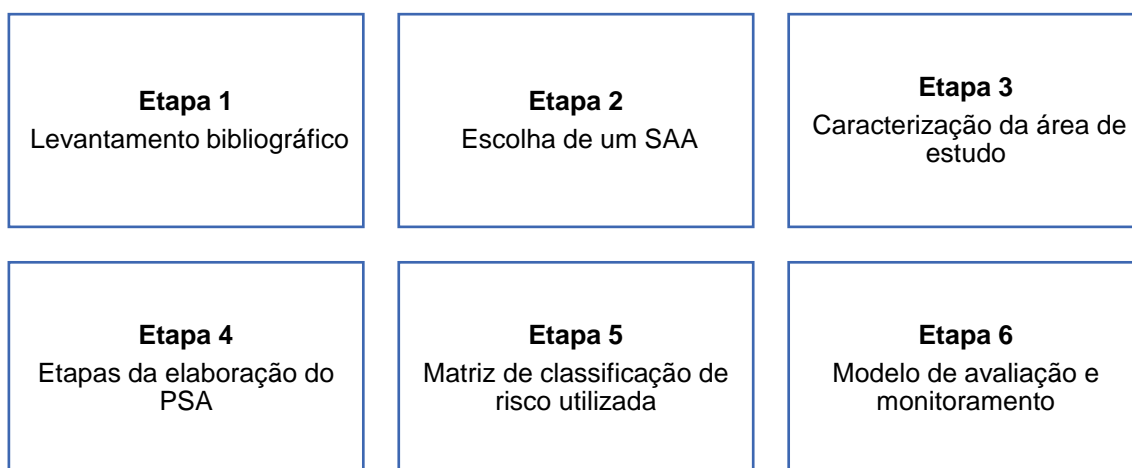
Fonte: Bezerra; Scalize; Baracho, 2022.

Cabe ressaltar que a metodologia abordada para o PSSR segue a mesma linha de divisão de etapas da elaboração e implementação do PSA, contemplando a participação social em todas as etapas do plano. A partir dessa metodologia é possível a estruturação de um PSSR para qualquer população residente na zona rural (Bezerra; Scalize; Baracho, 2022):

3 METODOLOGIA

O estudo foi dividido em seis etapas, conforme esquema apresentado na Figura 5. Foi realizado o levantamento bibliográfico com base nos Planos de Segurança de Água já implantados para delinear o desenvolvimento da pesquisa. Para tanto, foi realizada a pesquisa de artigos científicos nas bases de dados *Web of Science*, *SciELO*, *Periodicos CAPES* e *Scopus* com o uso do indexador “*water safety plan*”, selecionado o idioma Inglês e Português e considerada as publicações com maior relevância, sem restrições quanto ao ano de publicação.

Figura 5 - Divisão de etapas da pesquisa realizada no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Para definir o sistema de abastecimento de água que integraria a pesquisa, foram realizadas reuniões com líderes das comunidades e reuniões com os técnicos da Prefeitura Municipal de Tenente Portela, onde visto a falta de dados dos sistemas de abastecimento de água, a escolha do SAA se deu da seguinte forma:

- Análise da viabilidade técnica e locacional;
- Reuniões realizadas com a equipe de meio ambiente e da vigilância sanitária do município responsável pela coleta de amostras de água nas comunidades;
- Reuniões com os líderes de comunidade que demonstraram interesse em participar da pesquisa;

- Disponibilidade de um acervo maior de dados do SISÁGUA, como as análises mensais dos parâmetros de potabilidade da água, realizada por empresa terceirizada pela administração pública.

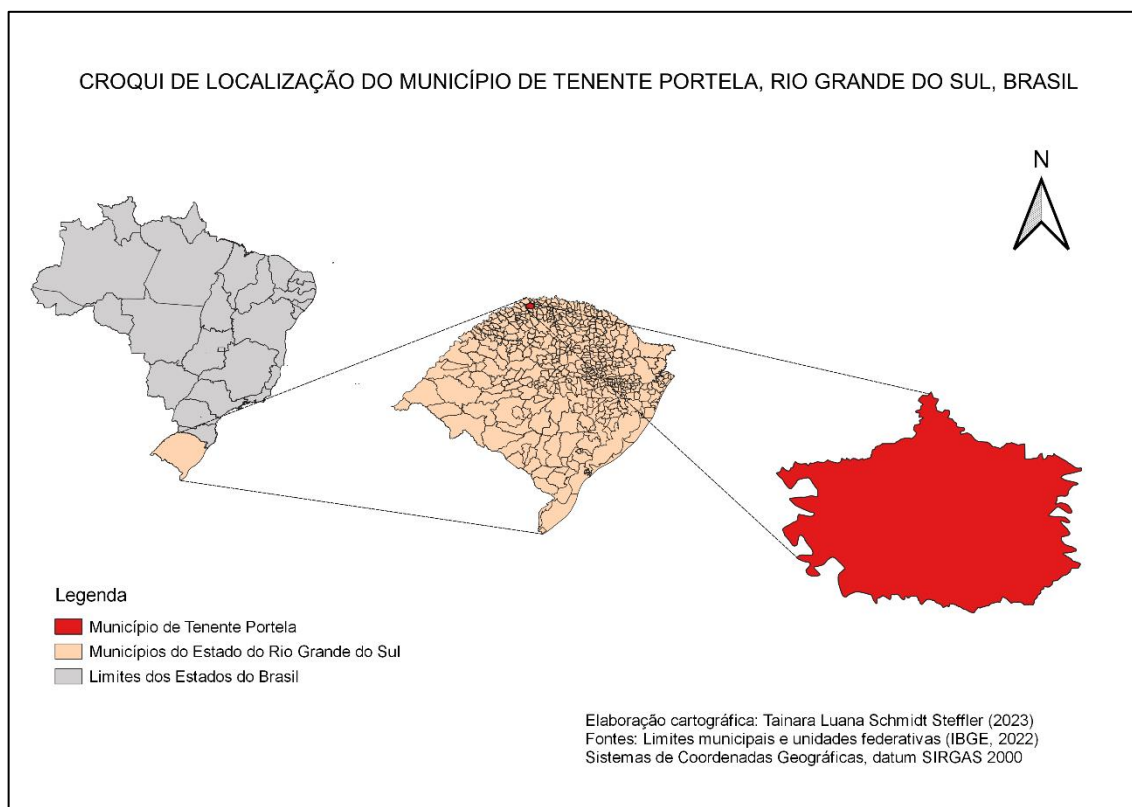
Por conseguinte, o sistema de abastecimento de água – SAA escolhido para a pesquisa está situado na Bacia Hidrográfica do Rio Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo, endereçado no Lajeado Fortuna, Km 12, interior do município de Tenente Portela, sob as coordenadas geográficas Lat.: 27°23'39.196”S; Log.: 53°50'39.251”O, denominado Lajeado Fortuna

Posteriormente, à escolha dos sistemas para implantação do PSA foi definida a metodologia a ser aplicada para contemplar todas as etapas do PSA, conforme recomendações da OMS e da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 17080:2023.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E ESCOLHA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O município de Tenente Portela/RS está situado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, distante 480 km da capital do estado e possui um total de 14.497 habitantes. Possui uma área territorial total de 337,495 km², da qual em aproximadamente 10 mil hectares insere-se a área de Reserva Indígena Guarita (PMSB de Tenente Portela, 2019; IBGE, 2022). A Figura 6 apresenta o croqui de localização do município de Tenente Portela.

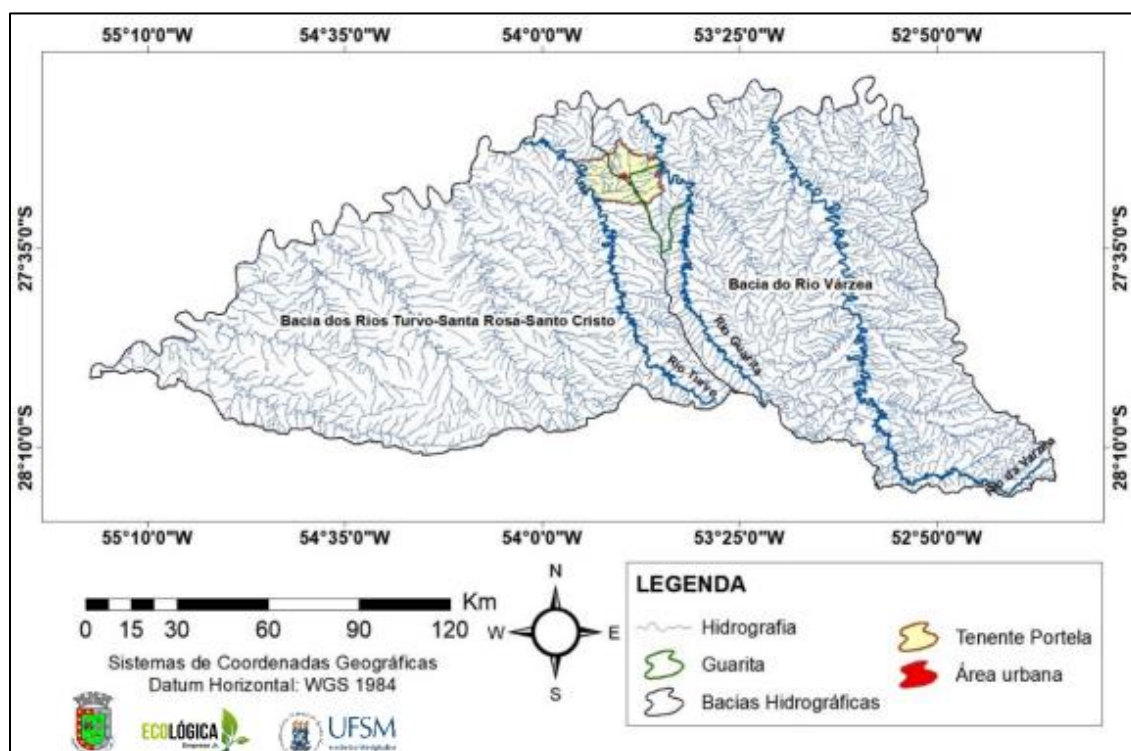
Figura 6 - Croqui de localização do município de Tenente Portela/RS, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O município de Tenente Portela abrange duas bacias hidrográficas: 52% de seu território na Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea (U100) e 48% na Bacia Hidrográfica do Rio Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (U030), conforme Figura 7 (PMSB de Tenente Portela, 2019).

Figura 7 - Mapa das bacias hidrográficas Bacia do Rio Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (U030) e Bacia do Rio da Várzea (U100) onde se situa o município de Tenente Portela – RS, 2023.



Fonte: PMSB de Tenente Portela, 2019.

O sistema de abastecimento de água para consumo humano no perímetro urbano é de responsabilidade do órgão público CORSAN, cuja captação é subterrânea a partir de 18 poços tubulares profundos situados em diferentes pontos do município. (PMSB de Tenente Portela, 2022). Já o perímetro rural é abastecido por meio de sistemas de abastecimento de água - SAA, soluções alternativas coletivas – SACs e soluções alternativas individuais – SAIs, onde algumas famílias optam pela instalação de algum destes sistemas para obtenção de água para consumo humano (PMSB de Tenente Portela, 2019).

Erroneamente, órgãos municipais e a vigilância sanitária caracterizaram alguns SAAs como SACs. No entanto, neste trabalho, seguiu-se a definição que consta na Portaria 888 (Brasil, 2021).

A coleta de resíduos sólidos do município é realizada por meio da coleta seletiva pelo próprio órgão público municipal em toda área urbana dividido em bairros para recolher resíduos recicláveis e orgânicos os quais são encaminhados para o CIGRES – Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos, situado no município de Seberi/RS, o qual realiza a triagem do material recebido, o tratamento e

acondição adequado. Ademais, a coleta dos resíduos gerados na área rural do município é realizada em alguns pontos cerca de uma vez por mês (PMSB de Tenente Portela, 2019).

No que se refere à coleta e tratamento dos efluentes domésticos, a comunidade não dispõe de nenhum tipo de serviço que realize a coleta dos efluentes gerados nas residências, tampouco o tratamento adequado. O município de Tenente Portela, tanto em zona rural quanto em zona urbana não oferece um sistema de coleta e tratamento de efluentes. Sendo assim, os munícipes, situados na zona rural, realizaram a construção de fossa rudimentar em residências mais antigas, onde conforme o censo demográfico do IBGE, no ano de 2010, 753 domicílios dispõem de fossa rudimentar como destino do esgoto doméstico. Em casos de construções novas, são instalados os sistemas de fossa séptica, conforme disposto no Plano Diretor do município de Tenente Portela, instituído pela Lei Municipal nº 1.587/2008. As comunidades rurais do município ainda utilizam a fossa rudimentar, onde somente em casos isolados foram utilizadas valas de infiltração, mas que não apresentam critérios de dimensionamento compatível com a ABNT NBR 13969:1997.

Já no que diz respeito aos sistemas de drenagem, nas comunidades rurais do município, incluindo a comunidade em estudo, não há um planejamento e execução técnica de drenagem de água pluvial. Logo, os moradores idealizam de forma manual e empírica, as valas nas margens das vias vicinais e curvas de nível em lavouras para o escoamento das águas de origem pluviométrica.

3.2 ETAPAS DA ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA – PSA

3.2.1 Definição da equipe

Para definição da equipe de trabalho que envolveu a presente pesquisa, foram realizadas reuniões com os funcionários da vigilância sanitária, agricultura e meio ambiente do quadro de servidores da prefeitura municipal do município bem como líder da comunidade e membros responsáveis para futura implementação do SAA, para a seleção dos componentes de cada grupo que faria parte de cada etapa da pesquisa.

3.2.2 Coleta de informações para descrição do sistema de abastecimento da comunidade

Para a descrição do sistema de abastecimento de água SAA, foram realizadas visitas ao local da pesquisa, conversa com moradores da comunidade, estudo de mapeamentos do sistema, da bacia hidrográfica, do córrego denominado Lajeado Fortuna, avaliação dos registros da qualidade da água e a aplicação de questionário às 11 famílias que integram a pesquisa. O questionário foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM sob a Certificação de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 64704222.0.0000.5346.

3.2.3 Identificação e avaliação dos perigos, eventos perigosos e riscos

Para o levantamento e avaliação dos perigos, eventos perigosos e riscos foi realizada a aplicação do software desenvolvido por Corrêa (2020), por meio dos softwares livres *Pycharm*® e *Python*® 3.6. O software foi utilizado em campo durante a coleta de dados, para preenchimento da matriz de priorização de riscos existentes e geração de gráficos para avaliação dos riscos quanto à segurança da água.

3.2.4 Determinação de medidas de controle

Após a classificação dos riscos, o *software* já apresenta propostas de medidas de controle para cada etapa avaliada atrelada à urgência de reparação de cada risco identificado. Também foram apresentadas as medidas de controle existentes e propostas algumas medidas de controle de curto, médio e longo prazo, conforme o evento perigoso avaliado, específico para o caso do SAA.

3.2.5 Desenvolvimento de plano de melhoria

Para a implementação das medidas de controle propostas, foi elaborado um cronograma de ações contendo as medidas a serem tomadas de forma imediata, referente aos eventos perigosos classificados como risco alto e muito alto.

3.3 MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE RISCOS





Para realizar o levantamento dos riscos e perigos foi utilizada a matriz de riscos baseada na proposta de Corrêa (2020), a qual faz parte do *software* utilizado para avaliação e monitoramento. A matriz de priorização de riscos é baseada na probabilidade de determinado evento perigoso em ocorrer, a severidade e consequência conforme diretrizes recomendadas pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017) e Ministério da Saúde (Brasil, 2012).

A matriz qualitativa e semiquantitativa de priorização de risco, utilizada para avaliar o cenário do SAA, levou em consideração os critérios de severidade da consequência, que vai do peso 1 a 5, e da probabilidade de ocorrência, também de peso 1 a 5. Os resultados desses critérios compõem a nota referente ao evento perigoso avaliado e constata o grau do risco, conforme exemplificado na Figura 8.

Figura 8 - Matriz de priorização de risco para estudo do PSA, e que já consta no *software*, utilizado no Lajeado Fortuna, 2023.

Probabilidade de Ocorrência	Severidade da Consequência				
	Insignificante Peso 1	Baixa Peso 2	Moderada Peso 3	Grave Peso 4	Muito grave Peso 5
Quase certo – Peso 5	5 (baixo)	10 (alto)	15 (alto)	20 (muito alto)	25 (muito alto)
Provável – Peso 4	4 (baixo)	8 (médio)	12 (alto)	16 (muito alto)	20 (muito alto)
Moderadamente provável – Peso 3	3 (baixo)	6 (médio)	9 (médio)	12 (alto)	15 (alto)
Improvável – Peso 2	2 (baixo)	4 (baixo)	6 (médio)	8 (médio)	10 (alto)
Raro – Peso 1	1 (baixo)	2 (baixo)	3 (baixo)	4 (baixo)	5 (baixo)

Score de risco	<6	6-9	10-15	>15
Classificação de risco	Baixo	Médio	Alto	Muito alto

Análise de risco	
 Muito Alto	Risco extremo e não tolerável; necessidade de ação imediata
 Alto	Risco alto e não tolerável; necessidade de especial atenção
 Médio	Risco moderado; necessidade de atenção
 Baixo	Baixo risco e tolerável, controlável por meio de procedimento de rotina

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Há que se ressaltar que essa mesma estruturação de matriz também é exposta como exemplo na ABNT NBR 17080 (ABNT, 2023). Para atribuição dos pesos, a partir da análise de priorização de riscos, se fez necessário analisar o grau de impacto do evento perigoso, que se refere à severidade e à frequência com que ocorre o evento perigoso avaliado, que diz respeito à probabilidade. Logo, estas informações foram inseridas no *software* utilizado e são apresentadas conforme descrito na Figura 9.

Figura 9 - Probabilidade e severidade de riscos para o PSA.

SEVERIDADE DA CONSEQUÊNCIA		
Descritor	Descrição	Peso
Insignificante	Sem impacto detectável	1
Baixa	Pequeno impacto sobre a qualidade organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	2
Moderada	Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento	3
Grave	Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	4
Muito grave	Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	5

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA		
Descritor	Descrição	Peso
Raro	Uma vez a cada cinco anos	1
Improvável	Uma vez por ano	2
Moderadamente provável	Uma vez por mês	3
Provável	Uma vez por semana	4
Quase certo	Uma vez por dia	5

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

3.4 MODELO DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO – SOFTWARE

O *software* elaborado por Corrêa (2020) foi através dos softwares livres *Pycharm®* e *Python®* 3.6, onde o autor buscou estruturar um modelo de Sistema e Soluções Alternativas de Abastecimento de água – SSAAA com todos os elementos

necessários a serem avaliados na gestão de risco. Foram levantadas as possíveis ameaças vinculadas à contaminação de água em comunidades rurais, transformadas em variáveis e agregadas para compor um banco de dados. Os itens analisados durante a avaliação de riscos utilizando o *software* são apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Modelo de SSAAA utilizado para implantação de PSA em comunidades rurais e utilizado para o SAA, do Lajeado Fortuna, 2023.

ETAPA	COMPONENTE	ELEMENTO
Captação (C)	Captação de água superficial	Manancial superficial: rio; Nascentes Lagos
	Captação de água subterrânea	Poço escavado(poço caipira)
		Poço tubular semiartesiano
		Poço tubular artesiano
	Armazenamento de água bruta	Reservatório de água bruta
Reservatório de água pluvial (cisterna)		
Tratamento (T)	Processo de tratamento	Tratamento físico-químico
	Armazenamento de água tratada	Reservatório de água tratada
Distribuição (D)	Distribuição canalizada	Operação e distribuição canalizada
	Veículo transportador	Caminhões pipa e outros
Usuário (U)	Utilização de água bruta ou tratada	Coleta de água
		Armazenamento e manuseio domésticos

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

O modelo foi estruturado por Corrêa (2020), considerando os principais fatores que possam integrar o SSAAA de uma comunidade rural. Para tanto, os dados foram divididos em: Captação, representado pela letra C; Tratamento, representado pela letra T; Distribuição, representado pela letra D e Usuário, representado pela letra U, para investigação das possíveis contaminações presentes em cada etapa.

Devem-se fazer algumas ressalvas quanto ao modelo proposto: o reservatório de água tratada não faz parte da etapa de tratamento como descrito no modelo; mas sim da etapa de distribuição. Além disso, a etapa “usuário”, geralmente não é abordada pelo PSA; no entanto, para pequenos sistemas pode se fazer muito importante.

As Figuras 11, 12 e 13 apresentam a página inicial do *software*, a inserção de dados referente à equipe e ao local avaliado e as etapas de seleção para avaliação do sistema conforme o local de estudo, respectivamente.

Figura 11 – Página inicial do *software*, proposto por Côrrea (2020), para uso em PSA de pequenas comunidades.



Fonte: Elaborado a partir do *software* versão Yara 1.0, 2019.

Figura 12 - Etapa para inserção de dados referente à equipe e ao local a ser implantado o PSA.

Fonte: Elaborado a partir do software versão Yara 1.0, 2019.

Figura 13 - Etapa para escolha do componente e elemento a ser avaliado.

Fonte: Elaborado a partir do software versão Yara 1.0, 2019.

A partir desta estrutura, foram incluídos os principais eventos perigosos prováveis conforme cada elemento avaliado, organizados em um banco de dados e incluídos em um programa com interface gráfica. A interface utilizada permite que o responsável pela avaliação do sistema insira todos os dados referentes ao local avaliado e a equipe envolvida, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Exemplo da matriz de avaliação de eventos perigosos na etapa de captação, componente armazenamento de água bruta e elemento reservatório de água tratada.

Avaliação Sistema - T2.1

T2.1 Reservatório de água tratada

Localização ou nome do elemento analisado: Reservatório da água tratada

Reservatório da água tratada

Avaliador (es): Tainara Steffler

Data da análise: 20/06/2023 (dia, mês, ano)

Coordenadas: lat -27.395767° lon 53.837035°

Resultados | Gráfico | Sair

Evento Perigoso	Probabilidade	Severidade
T2.1.1: Presença de fezes de animais na tampa do reservatório	1	1
T2.1.2: Inundação da válvula por águas superficiais	0	0
T2.1.3: Desprendimento de biofilme	3	3
T2.1.4: Drenagem inadequada e acúmulo de água	0	0
T2.1.5: Reservatório de armazenamento está rachado ou com vazamentos	1	4
T2.1.6: Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1	4
T2.1.7: Práticas inadequadas de higiene durante limpeza do reservatório	1	4
T2.1.8: Infiltração/vazamento de água	1	4
T2.1.9: Estagnação da água devido ao baixo consumo, uso intermitente ou longos períodos sem uso	2	1
T2.1.10: Área sem proteção ou danificada; acesso de animais e pessoas	4	4
T2.1.11: Corrosão de materiais de construção	2	3
T2.1.12: Acúmulo de biofilme	3	3

Assinalar 'Severidade' e 'Probabilidade' de 1 a 5. Caso não se aplique, assinalar 0 (zero). Assinalar todos os campos.

Probabilidade

(1)Raro: Uma vez a cada cinco anos
 (2)Improvável: Uma vez por ano
 (3)Moderadamente provável: Uma vez por mês
 (4)Provável: Uma vez por semana
 (5)Quase certo: Uma vez por dia

Severidade

(1)Insignificante: Sem impacto detectável
 (2)Baixa: Pequeno impacto sobre a qualidade organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
 (3)Moderada: Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
 (4)Grave: Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
 (5)Muito Grave: Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.

Fonte: Elaborado a partir do software versão Yara 1.0, 2019.

O software foi moldado contemplando as etapas iniciais e a matriz de priorização de riscos que considera a probabilidade de ocorrência do risco e a severidade da consequência, com interface gráfica de fácil interpretação.

O responsável pela avaliação do sistema pode selecionar apenas um elemento para cada etapa avaliada e realizar a avaliação do risco, indicando a probabilidade de ocorrência e severidade da consequência atribuindo um numeral que indica o peso para cada evento perigoso avaliado.

Após a inserção de todos os dados para a etapa avaliada, o software gera os resultados quanto ao risco de segurança da água, de acordo com as diretrizes previstas pela OMS para elaboração do PSA. Para análise, o software disponibiliza a matriz e o gráfico de priorização de riscos que pode ser gerado um arquivo PDF para uso posterior.

Para definir as medidas de controle a serem implantadas, foram pontuadas as medidas de controle existentes, utilizadas as medidas obtidas através do software, o qual sugere uma medida de controle para cada evento perigoso identificado conforme

a classificação do risco e, sugeridas algumas medidas de controle conforme a viabilidade de implantação para cada risco avaliado.

Logo, para a priorização das ações a serem tomadas foi utilizada a metodologia abordada por WHO (2012), conforme pode ser visualizado na Figura 15, a qual descreve a urgência das medidas a serem tomadas conforme a classificação do risco.

Figura 15 - Prioridade de ações para as medidas de controle.

Avaliação do risco	Significado da classificação do risco	Descrição
Alto	Claramente uma prioridade: Requer atenção urgente	Ações precisam ser tomadas de forma urgente para minimizar o risco
Médio	Prioridade de médio ou longo prazo: Requer atenção	Pode ser necessário implementar ações para minimizar o risco
Baixo	Claramente não é uma prioridade	Pode haver a necessidade de implementar ações mas não uma prioridade, ou nenhuma ação é necessária neste momento.

Fonte: Adaptado de WHO, 2012.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O SAA do Lajeado Fortuna no município de Tenente Portela foi implantado no mês de dezembro do ano de 2021 e abrange 17 pontos de distribuição de água. Contudo, fizeram parte da pesquisa 11 famílias que integram a comunidade. As demais não foram consideradas pelo fato de que: em duas propriedades havia dois pontos de distribuição de água em cada, porém abasteciam duas residências da mesma família. Sendo assim, como a proposta da pesquisa foi integrar as famílias, foi considerada uma família de cada propriedade.

Ainda, uma propriedade da comunidade não estava fazendo o uso da água proveniente do SAA, visto que havia um poço tubular profundo na propriedade o qual supria toda a demanda necessária. Na propriedade onde está instalado o reservatório de água bruta, atualmente, não havia moradores e a propriedade vizinha era de posse de um morador da cidade o qual fazia uso da residência eventualmente e, recentemente estava sendo realizado o processo de destilação de aguardente em um pequeno alambique artesanal que operava esporadicamente na comunidade, sendo, portanto, não contabilizados na pesquisa.

Anteriormente, havia outro sistema que abastecia as economias da comunidade, mas foi desativado devido a problemas de intermitência para o abastecimento de água das famílias. O controle da qualidade da água é realizado pela equipe da Vigilância Sanitária da Prefeitura Municipal de Tenente Portela e por empresa terceirizada, a qual realiza as análises dos parâmetros de qualidade da água coletada mensalmente.

4.1 EQUIPE DO PSA

A formação da equipe do Plano de Segurança da Água referente ao Sistema de Abastecimento de água – SAA do Lajeado Fortuna foi composta pela autora da presente pesquisa que coordenou o trabalho, pelo seu Professor Orientador, pelo Engenheiro Agrônomo lotado na Secretaria de Agricultura da Prefeitura Municipal de Tenente Portela, pela Fiscal Ambiental do Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Tenente Portela, pelo líder da comunidade em estudo e por alguns membros da equipe da Vigilância Sanitária lotados na Secretária de Saúde da Prefeitura Municipal de Tenente Portela.

Atentou-se a uma equipe multisetorial, abrangendo representantes da área rural e de escala local e municipal (Bezerra, Scalize, Baracho, 2022), a fim de que a política governamental seja clara para que o funcionamento do PSA se sustente no tempo, como exposto por Gunnarsdottir *et al.* (2023).

4.2 AVALIAÇÃO INTRADOMICILIAR DE POSSÍVEIS RISCOS

A fim de entender os usos da água e demandas da comunidade que usufrui desta forma de abastecimento, como também servir de base para identificação dos eventos perigosos e avaliação dos riscos, foram aplicados questionários diretamente para um membro de cada família que integra o SAA em estudo. Os questionários foram conduzidos no primeiro semestre do ano de 2023 pelos membros da equipe do PSA e realizado o levantamento de dados conforme apresentado no Quadro 1, sendo 11 pontos de consumo, abastecendo um total de 41 pessoas.

Quadro 1 - Relação dos pontos de consumo e características dos consumidores entrevistados e que integram o SAA do Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Pontos de consumo	Idade do entrevistado (ano)	Número de pessoas que residem na propriedade
01	38	06
02	68	04
03	21	03
04	70	03
05	65	07
06	72	02
07	55	04
08	45	06
09	72	01
10	65	01
11	31	04

Quadro 1 – Relação dos pontos de consumo e características dos consumidores entrevistados e que integram o SAA do Lajeado Fortuna, 2023

(conclusão)

Pontos de consumo	Idade do entrevistado (ano)	Número de pessoas que residem na propriedade
Total de consumidores	41	

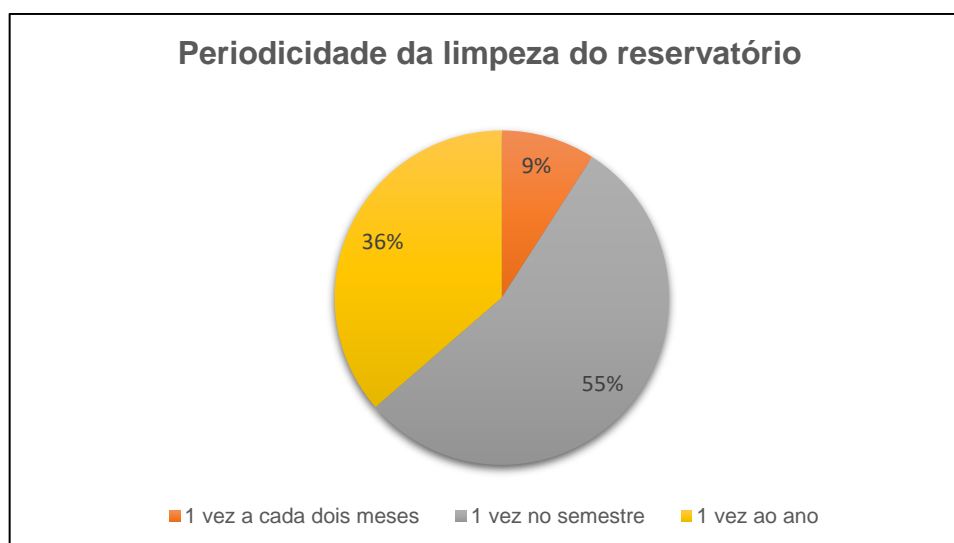
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Durante a aplicação dos questionários, foi solicitado ao entrevistado a partir de qual data faziam o uso da água proveniente do SAA, sendo que 100% dos entrevistados responderam que integram o sistema desde sua instalação, ou seja, desde o mês de dezembro do ano de 2021.

Ainda, foi realizado o questionamento quanto aos usos da água proveniente do SAA na propriedade, sendo que dos 11 entrevistados, apenas 01 respondeu que não utilizam a água para o consumo, pois dispõem de uma solução alternativa individual – SAI proveniente de um poço tubular profundo situado no interior da propriedade, utilizado também para o abastecimento de água para a atividade de criação de aves de corte. Ademais, para as atividades como asseio pessoal, limpeza da residência, utensílios e roupas é utilizada a água proveniente do SAA. Os demais integrantes do SAA relatam que utilizam a água do SAA para todas as necessidades humanas, incluindo o consumo.

Também, 100% dos entrevistados possuem reservatórios de água domiciliares em sua propriedade e a periodicidade da limpeza da mesma se difere conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Periodicidade da limpeza do reservatório de água na propriedade abastecida pelo SAA do Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Para a limpeza do reservatório, das 11 famílias entrevistadas, todas relataram o uso de água e sabão, e três delas disseram utilizar cloro também. Apenas 03 relataram que utilizam água, sabão e cloro. As demais realizavam a limpeza apenas com água e sabão.

Quanto ao uso de algum tratamento pré-consumo da água, além do cloro já presente, apenas 18% das famílias integrantes do SAA realizam a filtração da água anterior ao seu consumo, sendo que, as demais realizam o consumo direto da água que chega às torneiras dos consumidores.

Foi questionado se o entrevistado já visitou o local onde é coletada a água do sistema, sendo que 82% responderam que já conheciam o local e 18% nunca tiveram interesse de ir até o local onde o sistema está instalado.

Na mesma oportunidade, questionou-se se na opinião do entrevistado, havia alguma necessidade de melhoria em algum ponto do SAA. Neste momento, de forma geral, os integrantes do sistema se mostraram satisfeitos com a água que está sendo distribuída.

Entretanto, diversos foram os relatos quanto a um evento específico que havia ocorrido no mês de abril onde um morador havia realizado o desague de um açude proveniente da atividade de piscicultura, situado a montante do local de captação da

água do SAA, a cerca de 170 metros. Logo, os moradores relataram que a água chegava às torneiras com coloração turva, apontando sujidade.

Um consumidor apontou que há necessidade de melhoria na disposição da rede de distribuição que destinam a água até as residências dos consumidores, visto que a maioria está situada às margens das vias vicinais e expostas as intempéries do tempo, ocasionando danos como vazamentos e rompimento das tubulações visto que há uma grande circulação de maquinários agrícolas na comunidade. Ademais, os consumidores não apontam queixas quanto à água distribuída através do SAA.

Foi abordada a questão referente ao conhecimento quanto à ocorrência de alguma melhoria ou modificação no sistema desde a sua implantação, onde 100% dos entrevistados responderam que desconheciam qualquer tipo de intervenção no SAA desde a data de início da operação.

Referente à percepção de alguma diferença no consumo de água desde a adição de cloro, a qual ocorreu a partir do mês de março do ano de 2022, 54,5% das pessoas entrevistadas responderam que sentiram alteração no odor e sabor da água identificando o cloro e, cinco pessoas, ou seja, 45,5% informaram que nunca haviam notado qualquer alteração.

Foram computados os registros de surtos de “virose”, doença decorrente da água ou necessidade de fervura da água anterior ao seu consumo, onde foi verificado que apenas uma família relatou a necessidade de ferver a água antes de sua ingestão.

Quando questionados se, de modo geral, houve melhoria na quantidade e qualidade da água para consumo desde a implantação do SAA, todos que fizeram parte da entrevista com os moradores afirmam que estão satisfeitos, visto que, quando eram contemplados pelo sistema anterior, havia registros recorrentes de falta de água.

Em todas as propriedades que recebem água proveniente do SAA em estudo apresentam drenagem de água, proveniente de eventos pluviométricos, de forma adequada, evitando o acúmulo de água parada próximo à residência. Ainda, apesar de todas as propriedades possuírem banheiros no interior de suas residências, 09 das 11 famílias integrantes da pesquisa destinam o esgoto doméstico para fossa rudimentar, composta apenas de um buraco escavado no solo, que poderá ocorrer a contaminação da água subterrânea e da própria rede de distribuição de água, sendo que outras 02 famílias possuem uma fossa/sumidouro constituída de um tanque com material filtrante como cascalho para disposição do efluente gerado na residência.

Apenas uma família que integra o sistema possui atividade de criação de aves de corte, sendo que os dejetos gerados pelas aves ficam dispostas sob camadas de serragem que são revolvidas frequentemente e transformadas em cama de aviário para, posteriormente, ser utilizada como adubo orgânico na lavoura.

Na Figura 19 observa-se o destino dado pelos moradores da comunidade aos resíduos gerados diariamente em suas residências. Diante da falta de coleta de resíduos pelo serviço público, pode ser observado que a maioria dos moradores realiza a queima dos resíduos ou ainda, destinam uma parcela dos resíduos gerados para os pontos de coleta situados na zona urbana do município.

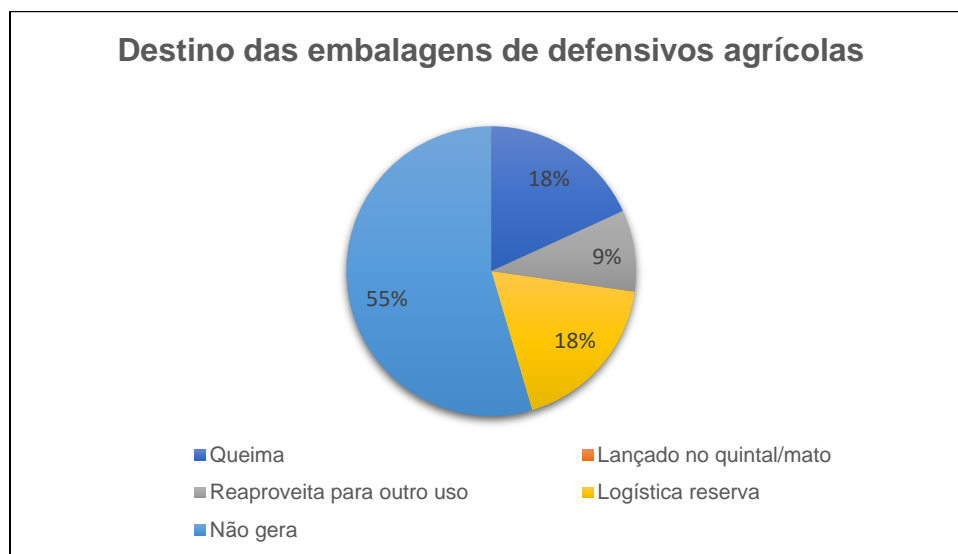
Figura 17 – Destino dos resíduos gerados nas residências abastecidas pelo SAA no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Além disso, 45,5% dos moradores utilizam algum tipo de defensivo agrícola para combater as pragas nas plantações. Conforme apresentado na Figura 20, há uma diversidade quanto ao destino das embalagens destes produtos: apenas duas famílias realizam a logística reversa das embalagens, conforme previsto na Política Nacional dos Resíduos Sólidos – Lei 12.305 de 2010 (Brasil, 2010).

Figura 18 – Destino das embalagens de defensivos agrícolas pelos moradores abastecidos pelo SAA do Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Não há coleta seletiva dos resíduos sólidos gerados pela comunidade. Logo, como alternativa, algumas famílias realizam o acondicionamento dos resíduos recicláveis em local seco e coberto em sua propriedade até chegar a um montante viável para ser conduzido até as coletoras situadas no centro do município, quando as famílias necessitam se deslocar até a área urbana da cidade.

Ainda, resíduos provenientes dos banheiros são em sua maioria queimados pelos próprios moradores em suas propriedades. Já, os resíduos como restos de alimentos são utilizados como composto orgânico em hortas e lavouras e também destinados como alimento aos animais.

Esses resultados mostram, infelizmente, um cenário já evidenciado pelo Plano Nacional de Saneamento Rural (Brasil, 2019), em que a população rural apresenta elevado déficit de saneamento, diretamente relacionado à salubridade ambiental. Mais especificamente no Rio Grande do Sul, os índices de atendimento rural são: 20% de água; 3% de esgoto; 45% de coleta de resíduos sólidos regularmente (PLANESAN, 2022).

4.3 DESCRIÇÃO DO SAA

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) integra a Bacia Hidrográfica do Rio Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo. O afluente que abastece o SAA é denominado Lajeado Fortuna e desagua no Rio Turvo que está situado a cerca de 3,0 km do local, onde é realizada a captação da água que integra o SAA em estudo.

Para avaliação do sistema foram realizadas visitas ao local onde é efetuada a captação, tratamento e distribuição da água, bem como conversas com os usuários da água proveniente do SAA.

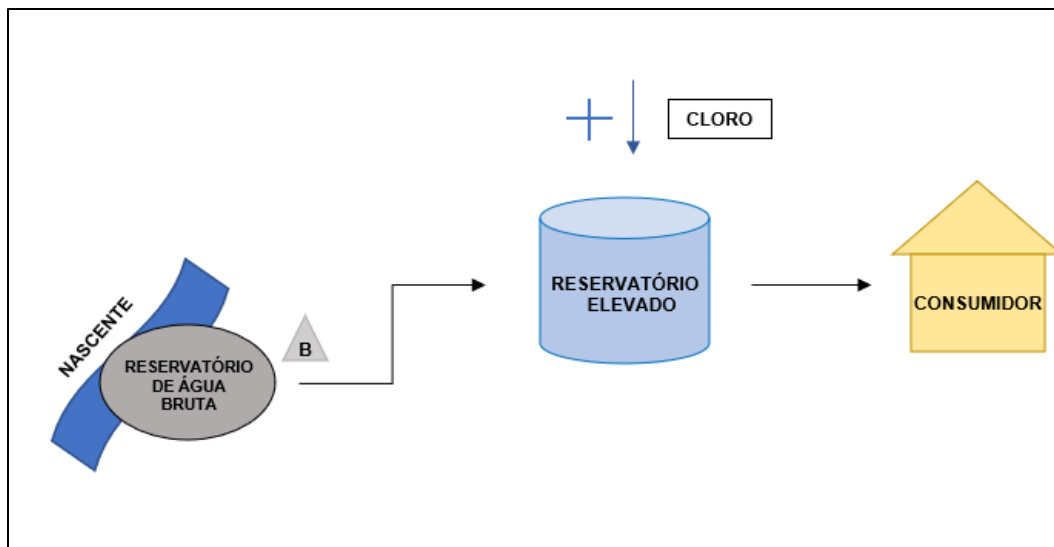
O SAA está em operação desde o mês de dezembro do ano de 2021, quando membros da comunidade, com o auxílio de funcionários da administração pública municipal, construíram um reservatório de água bruta para o represamento de uma nascente do curso hídrico Lajeado Fortuna, afluente do Rio Turvo.

O reservatório de água bruta foi construído de alvenaria de forma retangular coberto por uma lona e possui as seguintes dimensões: 2,45m x 2,45m e 0,57 m de altura. No interior foi acoplada uma bomba com potência de 1,5 cv para realizar o bombeamento e conduzir a água bruta por meio de tubulação polietileno de alta densidade (PEAD) de uma polegada até o reservatório elevado, a uma altura de 2,5 metros do solo, com capacidade de armazenamento de 10.000 litros que está situado cerca de 740 metros do local de captação da água.

Abaixo do reservatório de água há um pequeno reservatório o qual contém dois registros, uma torneira e um suporte para a adição de hipoclorito de cálcio, que vai sendo dissolvido conforme necessidade no reservatório de água. Posteriormente, a água é conduzida, por meio de tubulação de polietileno de uma polegada, até metade do percurso; e no restante do caminho, é conduzida através de tubulação de PVC DN 30 mm ao longo da estrada vicinal principal da comunidade.

A partir da entrada de cada morador é utilizada a tubulação de PVC DN 20 mm até o consumidor final, os quais integram 11 famílias em uma distância que varia de 20 metros até 3.660 metros do ponto de saída da água após o tratamento. A Figura 21 descreve o sistema de abastecimento de água através do SAA utilizado pela comunidade e a Figura 22 apresenta o local onde está situado a captação da água através do reservatório de água bruta e o reservatório elevado de água tratada.

Figura 19 – Descrição do Sistema de Abastecimento de Água – SAA do Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 20 – Croqui de localização do reservatório de água bruta e reservatório elevado do SAA do Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2020.

A área de captação onde foi realizada a construção do reservatório de água bruta não possui cercamento ou delimitação, tampouco na Área de Preservação

Permanente – APP, a qual não apresenta a devida cobertura de vegetação nativa da mata ciliar na faixa de 30 metros, desde a borda da calha do leito regular conforme previsto pelo Código Florestal – Lei 12.651 de 2012 (Brasil, 2012).

Ao entorno do local há presença de cultivos anuais, área de solo nu com cascalho e algumas espécies arbóreas dispersas. As tubulações que conduzem a água até o reservatório ficam expostas sobre o solo. Também, para a cobertura do reservatório de água bruta foi utilizada uma lona preta e acomodada com tijolos de barro, os quais podem ser removidos de forma simples, pois somente estão alocados, sem nenhuma fixação permanente, conforme pode ser observado na Figura 23.

Figura 21 – Foto do reservatório de água não tratada que serve de abastecimento do SAA do Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: A autora, 2023.

O reservatório elevado de água tratada foi construído junto a uma propriedade que é integrante da SAA e também não está cercado ou restrito ao acesso de pessoas ou animais. Ao entorno do reservatório elevado também há cultivos agrícolas, além de algumas residências.

A desinfecção é realizada por meio de cloro que é manuseada e monitorada pela empresa contratada pela administração pública municipal. O reservatório de cloro está situado logo abaixo do reservatório de água e é adicionado à água com o auxílio de uma tubulação e um registro de controle. Na Figura 24 é possível visualizar a construção do reservatório de água.

Figura 22 – Foto do reservatório elevado de água tratada e reservatório de cloro integrantes do SAA do Lajeado Fortuna, 2023



Fonte: A autora, 2023.

O município de Tenente Portela, através da equipe de vigilância sanitária, realiza as análises da água dos pequenos sistemas de abastecimento de água do município, em média, a cada três meses em cada SAA, visto que são disponibilizadas poucas possibilidades de coleta das amostras para realizar análise dos parâmetros em todos os sistemas. Para tanto, são realizadas as análises dos seguintes parâmetros: cloro residual livre, coliformes totais, *Escherichia coli*, turbidez e fluoreto, porém nem sempre é possível a análise de todos os parâmetros apontados.

4.4 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO SAA

O município terceirizou a contratação de uma empresa para uma avaliação mais criteriosa e periódica do sistema bem como a coleta das amostras e análise dos seguintes parâmetros: cor aparente, turbidez, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*.

O cloro foi adicionado na água bruta, que chega ao reservatório, a partir do mês de março do ano de 2022 e a coleta das amostras de água tratada para análise se iniciaram no mês de abril do mesmo ano. Também, semestralmente são realizadas as coletas no local de captação de água bruta, onde são avaliados os seguintes parâmetros: sólidos dissolvidos totais, nitrato, pH, *Escherichia coli*, turbidez e condutividade elétrica. Contudo, durante a realização deste estudo, foi disponibilizada apenas uma avaliação semestral coletada no local de captação de água bruta, realizada pela equipe da vigilância sanitária do município, no segundo semestre de 2022.

Foi realizado o acompanhamento de todas as análises realizadas pela empresa no período de abril de 2022 até agosto de 2023. Foram coletadas as amostras na saída do reservatório, após a adição do hipoclorito de cálcio e em uma torneira de um consumidor denominado ponto de consumo. Os dados foram compilados para cada ponto de coleta. Cabe ressaltar que o ideal seria que a empresa realizasse o registro das quantidades exatas e periodicidade do hipoclorito de cálcio dissolvido no reservatório de água tratada e assim realizar os cálculos de tempo de detenção, como uma forma de garantir a concentração mínima de hipoclorito de cálcio nos pontos de consumo, evitando assim a contaminação da rede, visto que em algumas amostragens foram detectados coliformes totais. O Quadro 2 apresenta a análise semestral da amostra coletada no local de captação de água bruta.

Quadro 2 – Avaliação semestral da água coletada diretamente da captação do SAA do Lajeado Fortuna.

(continua)

Parâmetro	Data da coleta	Resultado	Unidade	Portaria GMS/MS nº 888/2021
Sólidos Dissolvidos Totais	23/11/2022	141,9	mg/L	Máximo 500 mg/L
Nitrato	23/11/2022	0,2	mg/L	Máximo 10 mg/L
pH	23/11/2022	9,95		-

Quadro 2 – Avaliação semestral da água coletada diretamente da captação do SAA do Lajeado Fortuna.

(conclusão)

Parâmetro	Data da coleta	Resultado	Unidade	Portaria GMS/MS nº 888/2021
Turbidez	23/11/2022	0,44	NTU	Máximo 5,0 NTU
<i>Escherichia coli</i>	23/11/2022	Ausência	/100mL	Ausência/100mL
Condutividade elétrica	23/11/2022	322, 5	µS/cm	-

Fonte: Adaptado a partir do relatório de análises do município de Tenente Portela, 2022.

Como pode ser observado no Quadro 2, apenas o parâmetro pH apresenta valores elevados.

No Quadro 3, foram agrupadas todas as análises realizadas mensalmente no reservatório, também destacados na cor amarela os resultados dos parâmetros avaliados que ultrapassaram os valores máximos do padrão de potabilidade estabelecido de acordo com a Portaria GMS nº 888/2021 (Brasil, 2021). Ressalta-se que a Portaria GMS nº 888/2021 não estabelece faixa para o parâmetro pH. Sendo assim, foi destacado apenas que o resultado das amostras para o parâmetro pH, são valores elevados para que se tenha uma boa ação do ácido hipocloroso durante a cloração.

Quadro 3 – Parâmetros avaliados na saída do reservatório, após adição de cloro do Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Parâmetros de Qualidade da Água					
Data da coleta	Cor	Turbidez	pH	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
28/04/2022	30 uH	7,19 NTU	7,15	A	A
31/05/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	7,27	A	A
28/06/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	7,66	A	A

Quadro 3 - Parâmetros avaliados na saída do reservatório, após adição de cloro do Lajeado Fortuna, 2023.

(conclusão)

Data da coleta	Parâmetros de Qualidade da Água				
	Cor	Turbidez	pH	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
12/07/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	9,84	A	A
18/08/2022	< 5 uH	0,18 NTU	9,29	A	A
29/09/2022	< 5 uH	0,35 NTU	9,37	A	A
24/10/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	10,15	A	A
23/11/2022	< 5 uH	0,45 NTU	9,91	A	A
12/12/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	7,20	P	A
12/01/2023	< 5 uH	0,27 NTU	8,01	A	A
27/02/2023	< 5 uH	0,38 NTU	8,25	P	A
20/03/2023	< 5 uH	<0,5 NTU	7,81	A	A
24/04/2023	5 uH	0,86 NTU	7,12	A	A
26/05/2023	< 5 uH	<0,5 NTU	7,96	P	A
06/06/2023	6 uH	1,5 NTU	7,60	P	A
04/07/2023	5 uH	2,64 NTU	7,62	A	A
01/08/2023	< 5 uH	< 5 NTU	9,81	A	A

Nota: A: ausência/100mL; P: presença/100mL.

Fonte: Adaptado a partir do relatório de análises do município de Tenente Portela, 2022 e 2023.

Como pode ser visualizada, no primeiro mês de análise, as variáveis cor verdadeira e turbidez apresentaram alteração em comparação aos padrões de potabilidade exigidos através da Portaria 888 de 2021 (Brasil, 2021). O pH, em 35,3% das análises também não atendeu à portaria. Ainda, verificou-se a presença de coliformes totais em 23,5% das amostras, o que pode caracterizar a insuficiência de cloro residual livre até chegar na torneira do consumidor. No entanto, em todas as amostragens constatou-se ausência de *E. coli*.

Diante do fato de que o município contratou uma empresa terceirizada para realizar as análises do SAA em questão, foram disponibilizadas apenas duas análises

realizadas pela equipe da vigilância sanitária do município. As amostras foram coletadas em torneiras de pontos aleatórios de consumo.

Conforme apresentado no Quadro 4, onde a coleta da amostra foi realizada na data de 08/08/2022 e no Quadro 5, onde a coleta da amostra foi realizada na data de 09/05/2022. Foram destacados na cor amarela os resultados que ultrapassaram os valores máximos do padrão de potabilidade estabelecido de acordo com a Portaria GMS nº 888/2021.

Quadro 4 - Avaliação realizada pela vigilância sanitária do município de Tenente Portela/RS no mês de maio do ano de 2022.

Parâmetro avaliado	Resultado	Portaria GMS/MS nº 888/2021
Cloro residual livre	0,96 mg/L	Teor mínimo de 0,2 mg/L
Coliformes totais	Presença	Ausência/100mL
<i>Escherichia coli</i>	Presença	Ausência/100mL
Turbidez	1,4 uT	Máximo 5,0 uT

Fonte: Adaptado a partir do relatório de análises do município de Tenente Portela, 2022.

Quadro 5 - Avaliação realizada pela vigilância sanitária do município de Tenente Portela/RS no mês de agosto do ano de 2022.

Parâmetro avaliado	Resultado	Portaria GMS/MS nº 888/2021
Cloro residual livre	0,41 mg/L	Teor mínimo de 0,2 mg/L
Fluoreto	0,07 mg/L	1,5 mg/L
Coliformes totais	Presença	Ausência/100mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausência	Ausência/100mL
Turbidez	1,1 uT	Máximo 5,0 uT

Fonte: Adaptado a partir do relatório de análises do município de Tenente Portela, 2022.

Como pode ser observado, no mês de maio do ano de 2022 não foi realizada a análise do parâmetro Fluoreto e observa-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Também foi observada a presença de coliformes totais na amostra coletada no mês de agosto do mesmo ano.

No Quadro 6, estão apresentadas as análises dos parâmetros avaliados, referente as amostras coletadas em pontos de consumo dos moradores, sendo que cada mês a coleta era realizada em uma torneira de um consumidor final diferente.

Quadro 6 - Parâmetros avaliados em um ponto de consumo aleatório no SAA do Lajeado Fortuna, 2023.

Data da coleta	Parâmetros de Qualidade da Água				
	Cor	Turbidez	pH	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
28/04/2022	18 uH	4,12 NTU	7,40	A	A
31/05/2022	< 5 uH	0,14 NTU	7,25	A	A
28/06/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	7,48	A	A
12/07/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	9,85	A	A
18/08/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	9,58	A	A
29/09/2022	< 5 uH	0,40 NTU	8,30	A	A
24/10/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	10,17	P	A
23/11/2022	< 5 uH	0,22 NTU	9,93	A	A
12/12/2022	< 5 uH	<0,13 NTU	7,20	A	A
12/01/2023	< 5 uH	0,13 NTU	8,00	A	A
27/02/2023	< 5 uH	0,96 NTU	8,33	P	A
20/03/2023	< 5 uH	<0,5 NTU	8,10	A	A
24/04/2023	< 5 uH	0,84 NTU	7,06	A	A
26/05/2023	< 5 uH	<0,5 NTU	7,98	A	A
06/06/2023	6 uH	1,35 NTU	7,70	A	A
04/07/2023	< 5 uH	1,46 NTU	7,43	A	A
01/08/2023	< 5 uH	< 0,5 NTU	9,82	P	A

Nota: A: ausência/100mL; P: presença/100mL.

Fonte: Adaptado a partir do relatório de análises do município de Tenente Portela, 2022 e 2023.

Como pode ser observado, no mês de abril do ano de 2022 o parâmetro cor verdadeira estava acima do valor máximo permitido conforme estabelece a Portaria 888 de 2021. Em 29,4%, as amostras estiveram em desacordo à Portaria. Também, verificou-se a presença de coliformes totais na água consumida em 17,6% das amostras. Todavia, nesses pontos, não houve presença de *E. coli*.

Mesmo após a desinfecção houve presença de coliformes, vindo a indicar baixa concentração de cloro livre e/ou tempo de contato insuficiente, ou problemas na rede de distribuição. Dessa forma, seria importante o controle do pH na aplicação do cloro, e, até mesmo, alocar um tanque de contato, para que o cloro aja por maior tempo; além de constante monitoramento do cloro residual na saída do reservatório e nos pontos de consumo. Cabe salientar ainda que elevados valores de cor, de algumas amostras, podem levar à geração de subprodutos de desinfecção em maiores concentrações, e, portanto, acarretar riscos à saúde da população. Seria importante o seu monitoramento para que essas concentrações não ultrapassem os valores máximos permitidos pela Portaria 888 (Brasil, 2021). Trabalhos próximos ao local de estudo também relatam baixo atendimento a questões qualidade da água de poços, com presença de coliformes totais e *E. coli* (Santos, Medeiros, Mancuso, 2020). Os autores ainda relatam diferença estatística em relação à profundidade de entrada de água nos poços: poços mais rasos apresentam-se mais propensos à contaminação.

Valores elevados de pH, também foram encontrados por Mancuso e Santos (2021), pH de até 9,9 e turbidez de até 44 NTU. Enquanto Schneider *et al.* (2021), dependendo da profundidade dos poços encontraram valores de até 10,2, devido à constituição do próprio solo e rochas. De mesma forma, a contaminação com coliformes totais e *E. coli* foi maior em poços mais rasos e nascentes drenadas. São ambientes mais vulneráveis à contaminação ambiental natural ou antrópica.

4.5 AVALIAÇÃO DOS PERIGOS, EVENTOS PERIGOSOS E RISCOS

O processo de identificação dos perigos e eventos perigosos foi baseado no relato coletado dos consumidores através da aplicação dos questionários, nas visitas periódicas ao sistema de captação, reservação, tratamento e distribuição de água e nas reuniões com todos os membros da equipe que fazem parte do Plano de Segurança de Água do SAA do Lajeado Fortuna.

Para tanto, com o auxílio do *software* desenvolvido por Corrêa (2020), iniciou-se o levantamento dos perigos e eventos perigosos para avaliação de risco na etapa de captação de água a qual é coletada por meio de uma nascente do afluente Lajeado Fortuna e reservada temporariamente em um reservatório de água bruta retangular construído de alvenaria.

Para cada evento perigoso identificado foi atribuído um valor que varia de 1 a 5, referentes aos quesitos probabilidade e severidade, conforme descrição de cada valor conferido e posteriormente gerada a avaliação do risco.

Para a etapa Captação (C), componente Captação de Água Superficial (C1) foi avaliado o elemento Manancial Superficial: rio; nascente; lagos (C1.1), onde através do *software* foram identificados 23 eventos perigosos, com a avaliação de risco classificada como baixo, médio e alto, conforme pode ser observado no Quadro 7.

Quadro 7 - Análise de risco quanto a etapa Captação ao componente Captação de água superficial do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
C1.1.1	Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (área de preservação permanente APP)	Químico	15	Alto
C1.1.2	Presença elevada de peixes mortos ou outros animais na área de captação	Microbiológicos	5	Baixo
C1.1.3	Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas	Microbiológico e químico	15	Alto
C1.1.4	Falta de placa de aviso sobre captação	Microbiológico e químico	15	Alto
C1.1.5	Abate de animais em torno da fonte (APP)	Microbiológico	4	Baixo
C1.1.6	Falha elétrica	Físico	8	Médio
C1.1.7	Disposição de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados	Microbiológico e químico	10	Alto
C1.1.8	Contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais	Microbiológico	5	Baixo
C1.1.10	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	Químico, físico e microbiológico	5	Baixo

Quadro 7 - Análise de risco quanto a etapa Captação ao componente Captação de água superficial do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

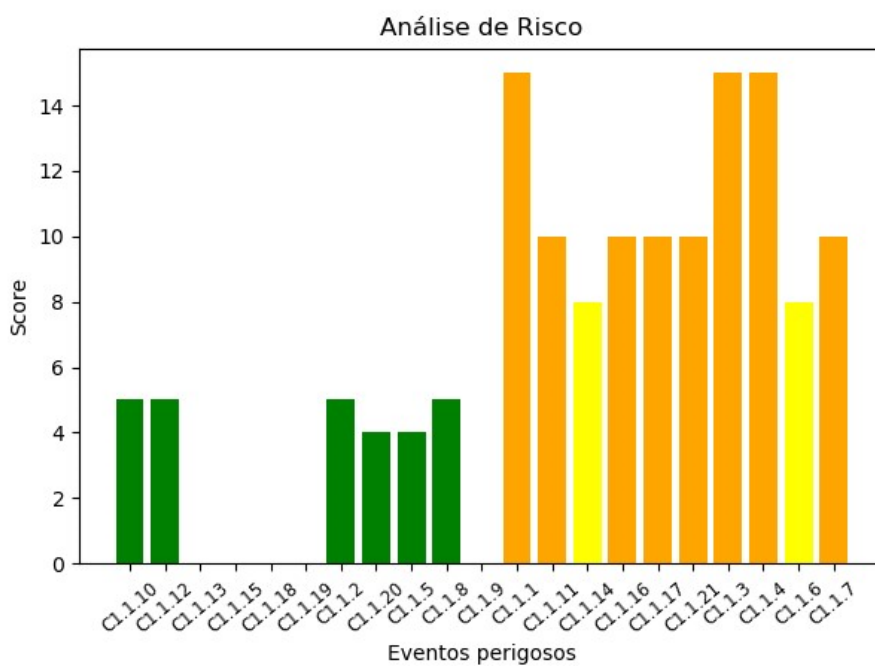
(conclusão)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
C1.1.11	Presença de carcaças de animais ao redor da fonte (APP)	Microbiológico	10	Alto
C1.1.12	Ocorrência de inundação; inviabilização temporária na captação de água	Microbiológico	5	Baixo
C1.1.14	Presença de animais em torno da fonte (até 10 metros)	Microbiológico	8	Médio
C1.1.16	Lançamento de efluentes na área de captação	Microbiológico e químico	10	Alto
C1.1.17	Lançamento inadequado de águas residuárias (domésticas ou industriais) em torno da fonte (APP)	Microbiológico e químico	10	Alto
C1.1.20	Presença elevada de algas na área de captação	Microbiológico	4	Baixo
C1.1.21	Chuvas intensas com elevação na turbidez da água	Microbiológico e físico	10	Alto
C1.1.22	Falha mecânica e estrutural no sistema de captação	Físico	8	Médio
C1.1.23	Ocorrência de seca e/ou cheias prolongadas, inviabilizando a captação	Físico	4	Baixo
C1.1.24	Entupimentos e/ou assoreamento na área de captação	Físico	4	Baixo
C1.1.25	Contaminação da água provocada por acidentes e/ou incêndios	Microbiológico e químico	5	Baixo
C1.1.26	Pesca intensiva ou piscicultura	Microbiológico e químico	10	Alto
C1.1.29	Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	Químico, físico e microbiológico	4	Baixo
C1.1.31	Contaminação da água provocada por atividade recreativa ou atividades afins	Físico e químico	3	Baixo

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

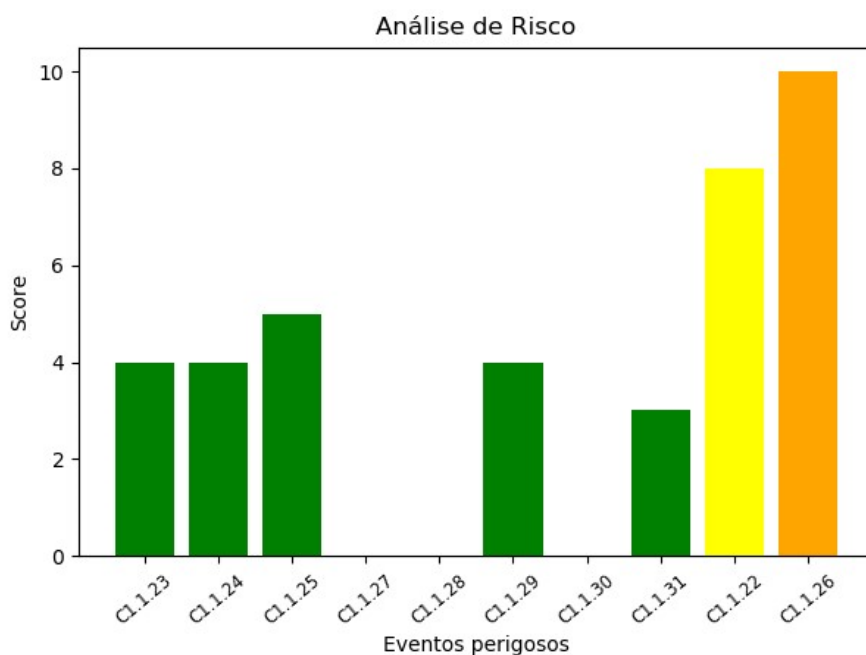
Para melhor visualização, a partir da matriz de risco, o *software* também gera o gráfico para análise de risco. Na Figura 25 é possível observar a priorização de risco do item C1.1.1 até o C1.1.21 e na Figura 26 a análise do risco referente ao item C1.1.23 até o item C1.1.31.

Figura 23 - Análise de risco gerado pelo software da etapa captação, item C1.1.1 ao item C1.1.21, no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado a partir do *software* proposto por Côrrea, 2020.

Figura 24 – Análise de risco gerado pelo software da etapa captação, item C1.1.23 ao item C1.1.31, no Lajeado Fortuna, 2023



Fonte: Elaborado a partir do *software* proposto por Côrrea, 2020.

É possível observar que nenhum risco avaliado obteve *score* acima de 15 (risco muito alto). Contudo, os itens C1.1.1; C1.1.3 e C1.1.4 obtiveram *score* 15 sendo classificado em risco alto. Isso se deve à utilização de agrotóxico em APP, aproximadamente, a 10 metros do reservatório de água bruta onde ocorre a captação da água há presença de cultivos agrícolas onde são utilizados agroquímicos para o controle de pragas nas plantações. Galvan *et al.* (2020) e Seben *et al.* (2021) relatam presença de agroquímicos em águas de nascentes em diferentes municípios do RS e SC, devido ao uso e ocupação do solo por atividades antrópicas agrícolas próximas às fontes de água.

Também foi verificado que no local não há cercamento, permitindo o acesso de pessoas e animais a qualquer momento, sem restrições. Ainda, há falta de placas de aviso quanto à identificação da captação de água, também se mostra um ponto alarmante, visto a importância do local para a comunidade abastecida. Essa mesma preocupação foi apontada por Santos, Medeiros e Mancuso (2020), quanto à contaminação de poços de abastecimento humano na zona rural do município de Frederico Westphalen - RS.

Ainda na etapa Captação, foi realizada a avaliação de risco do componente Armazenamento de água bruta (C3) onde foi avaliado o elemento Reservatório de água bruta (C3.1) e através do software foram identificados 09 eventos perigosos, conforme pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8 - Análise de risco quanto a etapa Captação e componente Armazenamento de água bruta do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
C3.1.1	Presença de fezes de animais e aves na tampa do reservatório	Microbiológico	20	Muito Alto
C3.1.3	Desprendimento de biofilme	Microbiológico	9	Médio
C3.1.5	Conservação inadequada de reservatórios/reservatórios danificados	Microbiológico	8	Médio
C3.1.6	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	Químico, físico e microbiológico	10	Alto
C3.1.7	Infiltração/vazamento de água	Microbiológico	9	Médio
C3.1.8	Perda de água no reservatório	Físico	9	Médio
C3.1.9	Acesso de animais ao reservatório	Microbiológico	16	Muito Alto
C3.1.10	Construção inadequada do reservatório	Microbiológico e físico	20	Muito Alto
C3.1.11	Presença de algas	Microbiológico e físico	6	Médio

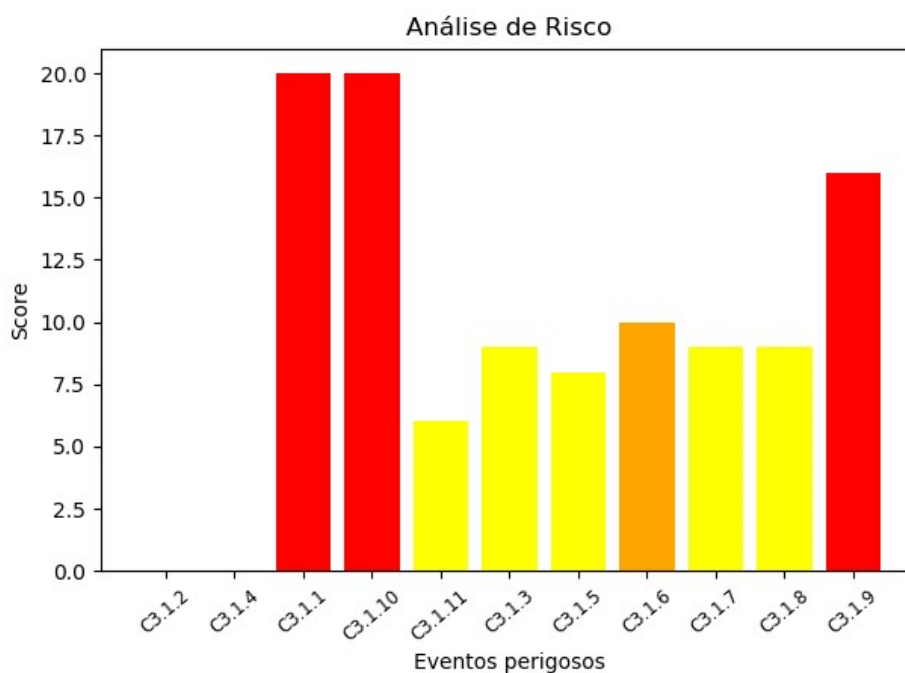
Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Conforme a análise de risco realizada, é possível observar no resultado gráfico apresentado na Figura 27 que, dos 09 eventos perigosos levantados *in loco*, 03 deles são classificados como risco muito alto e 01 como risco alto. Isso se deve ao fato de que a construção do reservatório não foi realizada de forma adequada e não há isolamento no local, o que corrobora com os relatos de Oliveira e Teixeira (2018).

Visto que, o acesso de animais e pessoas é livre, pode ocorrer presença de fezes de animais e aves sob o reservatório de água bruta construído, que é tampado por uma lona e apoiado por tijolos soltos, sendo facilitada a contaminação da água por dejetos de animais, fato este que impacta diretamente na saúde das pessoas que

utilizam o SAA como forma de abastecimento de água. Outra constatação apontada e classificada como risco alto é possibilidade de vandalismo como a danificação estrutural, da bomba de abastecimento, adição de substâncias química ou ainda a interrupção da captação da água.

Figura 25 - Análise de risco gerado pelo software da etapa captação, item C3.1.1 ao item C3.1.11, no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado a partir do *software* proposto por Côrrea, 2020.

Para a etapa Tratamento (T), componente Processo de tratamento (T1), foi realizada a avaliação do elemento Tratamento físico-químico (T1.1), visto a adição do cloro no reservatório. Para tanto, como pode ser visualizado no Quadro 9, foram identificados 05 eventos perigosos os quais são apenas de baixo e médio risco.

Quadro 9 - Análise de risco quanto à etapa Tratamento e componente Processo de tratamento do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
T1.1.1	Falta de controle na quantidade de produto químico e dosagem	Microbiológico	4	Baixo

Quadro 9 - Análise de risco quanto à etapa Tratamento e componente Processo de tratamento do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

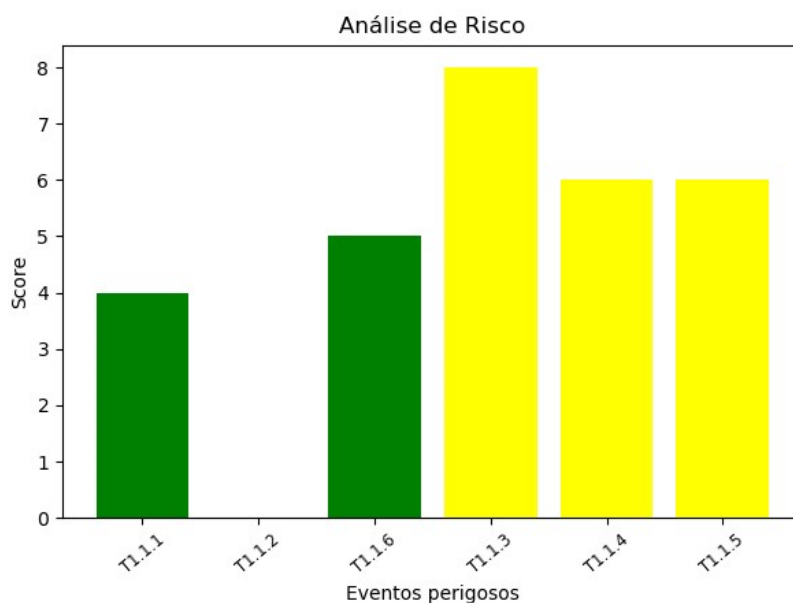
(conclusão)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
T1.1.3	Equipamento funcionando de forma irregular	Microbiológico e químico	8	Médio
T1.1.4	Cloro residual livre insuficiente (baixa dosagem)	Microbiológico	6	Médio
T1.1.5	Excesso de cloro residual livre (alta dosagem)	Químico	6	Médio
T1.1.6	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	Químico, físico e microbiológico	5	Baixo

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Na Figura 28 pode ser visualizado o gráfico da análise de risco, onde pode ser observado que apenas o item T1.1.3 teve o *score* mais elevado, porém ainda de risco médio, visto que se o equipamento de dosagem do cloro operar de forma irregular pode causar um impacto a saúde dos consumidores.

Figura 26 - Análise de risco gerado pelo software da etapa tratamento, item T1.1.1 ao item T1.1.6 no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado a partir do *software* proposto por Córrea, 2020.

Ainda na etapa Tratamento (T), também foi realizada a análise do componente Armazenamento de água tratada (T2), sendo avaliado o elemento Reservatório de água tratada (T2.1) e assim possível a identificação de 10 eventos perigosos, conforme pode ser visualizado no Quadro 10.

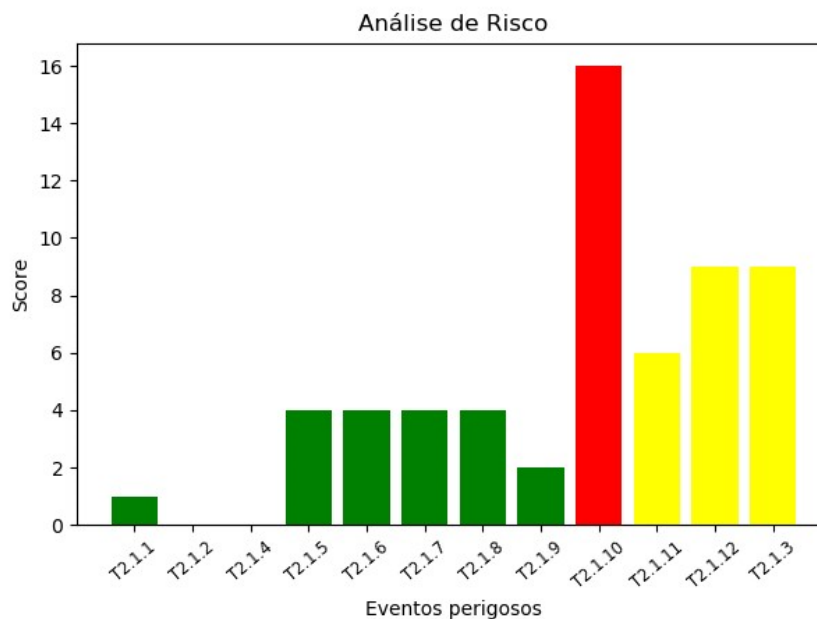
Quadro 10 - Análise de risco quanto à etapa Tratamento e componente Armazenamento de água tratada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
T2.1.1	Presença de fezes de animais e aves na tampa do reservatório	Microbiológico	1	Baixo
T2.1.3	Desprendimento de biofilme	Microbiológico	9	Médio
T2.1.5	Reservatório de armazenamento está rachado ou com vazamentos	Microbiológico e físico	4	Baixo
T2.1.6	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	Químico, físico e microbiológico	4	Baixo
T2.1.7	Práticas inadequadas de higiene durante limpeza do reservatório	Microbiológico	4	Baixo
T2.1.8	Infiltração/vazamento de água	Microbiológico	4	Baixo
T2.1.9	Estagnação da água devido ao baixo consumo, uso intermitente ou longos períodos sem uso	Microbiológico e químicos	2	Baixo
T2.1.10	Área sem proteção ou danificada; acesso de animais e pessoas	Microbiológico	16	Muito Alto
T2.1.11	Corrosão de materiais de construção	Químico	6	Médio
T2.1.12	Acúmulo de biofilme	Microbiológico	9	Médio

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Na Figura 29 é de fácil visualização o item T2.1.10, destacado na cor vermelha onde apresenta risco muito alto, pois obteve score 16. O risco avaliado se deu devido ao fato de que o reservatório de água tratada situar-se em uma propriedade privada, porém próximo à estrada vicinal, sem proteção, cercamento ou isolamento da área, cedendo livre acesso tanto a pessoas como a animais.

Figura 27 - Análise de risco gerado pelo software da etapa tratamento, item T2.1.1 ao item T2.1.12 no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado a partir do *software* proposto por Côrrea, 2020.

Na etapa Distribuição (D), componente Distribuição canalizada (D1), elemento Operação e distribuição canalizada (D1.1), foi realizada a avaliação e observado a presença de 8 eventos perigosos, de acordo com o Quadro 11.

Quadro 11 - Análise de risco quanto à etapa Distribuição e componente Operação e distribuição canalizada da SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
D1.1.1	Presença de ar na tubulação/ variação de pressão e intermitência na distribuição	Microbiológico e físico	8	Médio
D1.1.3	Contaminação da água por meio de canalização danificada; mistura de água de outras fontes	Microbiológico	8	Médio
D1.1.4	Contaminação da água por meio de canalização/rede exposta	Microbiológico	12	Alto
D1.1.5	Presença de biofilme	Microbiológico	4	Baixo
D1.1.6	Práticas de higiene inadequadas durante reparo de tubulações	Microbiológico	8	Médio

Quadro 11 - Análise de risco quanto à etapa Distribuição e componente Operação e distribuição canalizada da SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

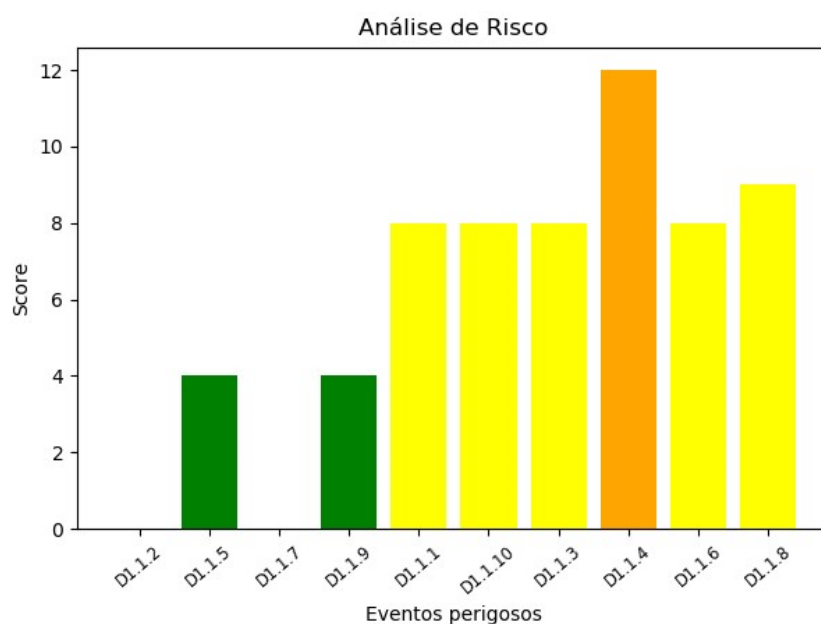
(conclusão)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
D1.1.8	Existência de ponto de vazamento (perda de água)	Microbiológico	9	Médio
D1.1.9	Falta de monitoramento de qualidade da água após limpeza e manutenção.	Microbiológico e químico	4	Baixo
D1.1.10	Contaminação da água por cimento proveniente de revestimentos ou durante novas instalações	Químico	8	Médio

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Conforme pode ser observado na Figura 30, o risco alto se deu quanto ao item D1.1.4 avaliado. Diante da coleta de informações realizada *in loco* com os moradores, foi abordada diversas vezes a ocorrência de danificação da tubulação que conduz a água, devido à grande circulação de maquinário agrícola nas estradas onde a rede está situada na margem da via. O que pode estar associado à presença, em algumas amostras, de coliformes totais, após a cloração.

Figura 28 - Análise de risco gerado pelo software da etapa distribuição, item D2.1.1 ao item D2.1.10 no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado a partir do software proposto por Côrrea, 2020.

Na etapa Usuário (U), foi avaliado o componente Utilização de água bruta ou tratada (U1), elemento Coleta de água (U1.1) o qual foram identificados quatro eventos perigosos como pode ser observado no Quadro 12.

Quadro 12 - Análise de risco quanto à etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Coleta de água do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

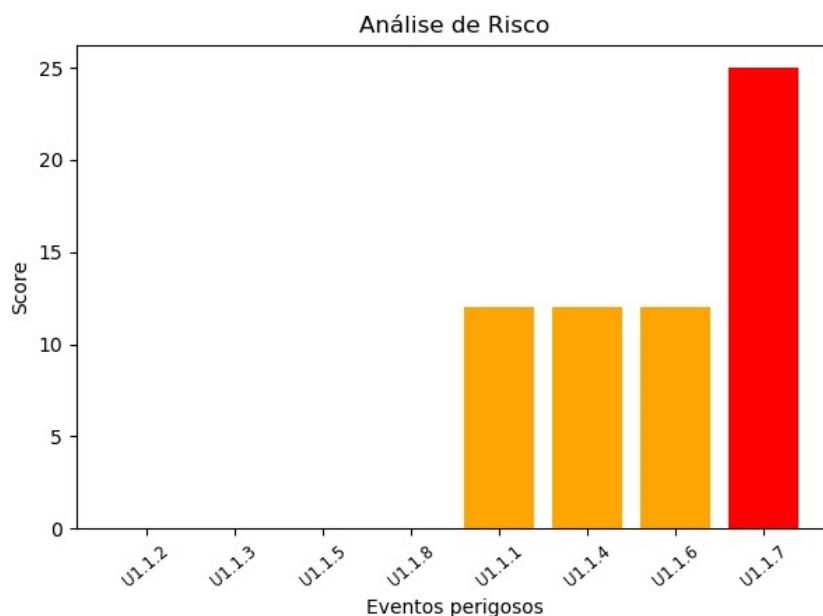
Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
U1.1.1	Coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo	Microbiológico	12	Alto
U1.1.4	Torneira ou acessórios inadequados ou contaminados	Microbiológico	12	Alto
U1.1.6	Vazamento na torneira	Físico	12	Alto
U1.1.7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	Microbiológico	25	Muito Alto

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Conforme apresentado na Figura 31, um evento teve destaque pela classificação em risco muito alto, *score* 25. O resultado da análise de risco traz um alerta diante da utilização de “fossa negra” como forma de destinação dos efluentes domésticos gerados, situadas nas proximidades das residências. O lançamento dos efluentes no solo sem nenhum tipo de tratamento pode acarretar em possíveis contaminações da água, expondo a comunidade assistida a riscos à saúde.

Os demais eventos perigosos elencados, foram classificados como risco alto, visto pequenos descuidos diários, como: a coleta da água através de recipientes sujos e uso inadequado de acessórios, além da falta de manutenção ocasionando o vazamento em torneiras.

Figura 29 - Análise de risco gerado pelo software da etapa usuário, item U1.1.1 ao item U1.1.7 no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado a partir do *software* proposto por Côrrea, 2020.

Também na etapa Usuário (U), foi realizada a análise de risco para o componente Utilização de água bruta ou tratada (U1) e elemento Armazenamento e manuseio doméstico (U1.2), sendo identificado 7 eventos perigosos, conforme pode ser observado no Quadro 13.

Quadro 13 - Análise de risco quanto a etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Armazenamento e manuseio doméstico do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
U1.2.1	Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento de água	Microbiológico	3	Baixo
U1.2.2	Utilização de recipientes sujos para armazenamento de água	Microbiológico	12	Alto
U1.2.3	Manipulação da água sem higiene adequada	Microbiológico	16	Muito Alto

Quadro 13 - Análise de risco quanto a etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Armazenamento e manuseio doméstico do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

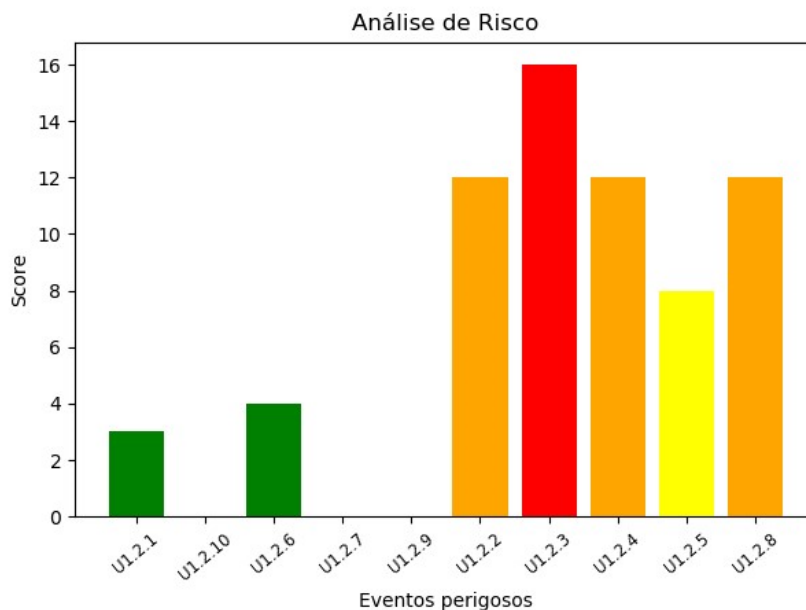
(conclusão)

Item	Evento perigoso	Perigo	Score	Avaliação do risco
U1.2.4	Armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificados	Microbiológico	12	Alto
U1.2.5	Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo	Microbiológico	8	Médio
U1.2.6	Estagnação da água devido ao baixo consumo, distribuição intermitente ou longos períodos sem uso	Microbiológico	4	Baixo
U1.2.8	Utilização de copos sujos para consumir água	Microbiológico	12	Alto

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Conforme apresentado na Figura 32, pode ser observada a avaliação de risco classificada como risco muito alto, para o item U1.2.3, e risco alto para os itens U1.2.2, U1.2.4 e U1.2.8. A avaliação do risco classificado como muito alto se deu em decorrência ao evento perigoso identificado referente à manipulação de água sem higiene adequada. Também o risco alto é devido ao uso de copos sujos para o consumo da água e a utilização de recipientes sem tampa ou sujos para o armazenamento da água.

Figura 30 - Análise de risco gerado pelo software da etapa usuário, item U1.2.1 ao item U1.2.10 no Lajeado Fortuna, 2023.



Fonte: Elaborado a partir do *software* proposto por Côrrea, 2020.

De forma geral, cabe destacar que foram identificados, no total, 66 eventos perigosos em todas as etapas que compreendem o SAA. Esse resultado corrobora com os encontrados por Correa e Ventura (2021). Ainda, a etapa que apresentou o *score* de maior pontuação foi a etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Coleta de água (*score* 25), referente ao evento perigoso “presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros”.

Seguido da pontuação com *score* 20, na etapa Captação e componente Armazenamento de água bruta quanto aos eventos perigosos “presença de fezes de animais e aves na tampa do reservatório” e “construção inadequada do reservatório”, sendo necessária a implantação de medidas de controle de forma imediata.

4.6 PROPOSTA DE MEDIDAS DE CONTROLE

As medidas de controle devem servir como barreiras ou medidas mitigadoras que servem para prevenir, reduzir ou eliminar a ocorrência de um perigo para a segurança da água de consumo, fornecida para a comunidade. Assim como a avaliação dos possíveis eventos perigosos que podem surgir em um SAA, o *software*

também apresenta algumas propostas como medidas de controle conforme a classificação do risco, como uma ferramenta de auxílio.

Para cada etapa, componente e elemento do SAA avaliado, foram detectados os eventos perigosos para os quais são propostas as medidas de controles adequadas para prevenir, eliminar ou reduzir o perigo a um nível admissível ao risco gerado, como também apontar se há alguma medida de controle eficaz para o perigo identificado.

Para tanto, no Quadro 14, está descrito o evento perigoso levantamento da etapa de captação. Em destaque, as células na cor amarela identificam os riscos classificados como médio, na cor laranja identificam os riscos classificados como alto e em cor vermelha os riscos classificados como muito alto. Para os eventos perigosos classificados como risco baixo, não foram estabelecidas medidas de controle, visto que, não são uma prioridade de ação no momento.

Ainda, as medidas de controle descritas, referem-se à proposta de medida de controle gerada pelo próprio *software* e a opção de medida de controle proposta pela própria autora, como forma de contribuição no controle do evento perigoso apontado.

Como pode ser observado no Quadro 14, de forma geral, pode-se realizar uma reunião de sensibilização ambiental com toda a comunidade integrante do sistema, para abordar as questões que podem prejudicar o sistema de abastecimento de água e propor as medidas de controle, como: a implantação de um projeto de recuperação de área degradada da mata ciliar na faixa de APP, para que não sejam mais aplicados os defensivos agrícolas no local próximo à captação da água e sobre o risco gerado frente à disposição de resíduos próximos à área, propondo a disposição em coletoras para posterior destinação adequada.

Também deve ser providenciado, de forma imediata, o cercamento e isolamento do local, restringindo o acesso de pessoas e animais no local e instalando placa informativa sobre o sistema de captação de água. Ainda, realizar reuniões com o órgão ambiental do município e os moradores que detêm da atividade de piscicultura para que seja realizada a despesca na época e local adequado, bem como seja realizado o licenciamento ambiental dos açudes para que sejam apresentados todos os projetos técnicos da construção e operação da atividade.

Quadro 14 – Propostas de medidas de controle quanto à etapa Captação ao componente Captação de água superficial do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
C1.1.1	Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (área de preservação permanente APP)	Não há	Firmar acordo com os usuários para não permitir uso de substâncias perigosas perto da fonte (APP); recuperar a mata ciliar da APP
C1.1.3	Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas	Não há	Providenciar cercamento e isolamento do local
C1.1.4	Falta de placa de aviso sobre captação	Não há	Fixar placa de sinalização
C1.1.6	Falha elétrica	Não há	Realizar manutenção preventiva
C1.1.7	Disposição de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados	Não há	Realizar educação comunitária e colocação de coletores de resíduos sólidos; firmar acordo com a administração pública para coleta dos resíduos na comunidade
C1.1.11	Presença de carcaças de animais ao redor da fonte (APP)	Não há	Realizar educação comunitária; promover limpeza a proteção adequada da área
C1.1.14	Presença de animais em torno da fonte (até 10 metros)	Não há	Promover proteção adequada, com cercamento e isolamento do local
C1.1.16	Lançamento de efluentes na área de captação	Não há	Realizar prevenção e fiscalização

Quadro 14 – Propostas de medidas de controle quanto à etapa Captação ao componente Captação de água superficial do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(conclusão)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
C1.1.17	Lançamento inadequado de águas residuárias (domésticas ou industriais) em torno da fonte (APP)	Não há	Realizar educação comunitária; restringir atividades poluidoras na zona da captação; realizar reuniões com a comunidade
C1.1.21	Chuvas intensas com elevação na turbidez da água	Não há	Estabelecer medidas de alerta e prevenção
C1.1.22	Falha mecânica e estrutural no sistema de captação	Não há	Realizar manutenção preventiva, inspeções regulares e manter equipamentos reservas
C1.1.26	Pesca intensiva ou piscicultura	Não há	Realizar educação comunitária e medidas de prevenção e fiscalização

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

O Quadro 15 apresenta as propostas de medidas de controle na etapa de captação e componente armazenamento de água bruta. Em destaque, a necessidade de ser verificado o aspecto construtivo do reservatório de água bruta para que esteja de acordo com as normas técnicas, contendo a proteção do reservatório de água bruta com tampa adequada.

Quadro 15 – Propostas de medidas de controle quanto à etapa Captação e componente Armazenamento de água bruta do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
C3.1.1	Presença de fezes de animais e aves na tampa do reservatório	Não há	Manter galhos de árvores distantes; providenciar uma tampa adequada

Quadro 15 – Propostas de medidas de controle quanto à etapa Captação e componente Armazenamento de água bruta do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continuação)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
C3.1.1	Presença de fezes de animais e aves na tampa do reservatório	Não há	para o reservatório de água bruta e realizar o cercamento do local.
C3.1.3	Desprendimento de biofilme	Não há	Realizar limpeza regular e drenagem do reservatório
C3.1.5	Conservação inadequada de reservatórios/reservatórios danificados	O líder comunidade providencia a limpeza ao entorno do reservatório	Promover a recuperação do reservatório; realizar limpeza periódica
C3.1.6	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	Não há	Realizar educação comunitária; vigilância; cercamento e isolamento do local
C3.1.7	Infiltração/vazamento de água	Não há	Reparar problemas; visitas regulares ao local para manutenções periódicas; regularizar o aspecto construtivo do reservatório de água bruta
C3.1.8	Perda de água no reservatório	Não há	Reparar problemas; estabelecer programa de detecção de perdas; regularizar o aspecto construtivo do reservatório de água bruta
C3.1.9	Acesso de animais ao reservatório	Não há	Providenciar cercamento do local; vigilância periódica.
C3.1.10	Construção inadequada do reservatório	Não há	Garantir materiais de qualidade e impermeabilização do

Quadro 15 - Propostas de medidas de controle quanto à etapa Captação e componente Armazenamento de água bruta do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(conclusão)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
C3.1.10	Construção inadequada do reservatório	Não há	Reservatório; regularizar o aspecto construtivo do reservatório
C3.1.11	Presença de algas	Não há	Minimizar os tempos de retenção; ajustar a captação; observar tratamento

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

No que se refere à etapa de tratamento e componente processo de tratamento, tem-se algumas medidas de controle referente à classificação de risco médio conforme apresentado no Quadro 16. Contudo, ressalta-se que a comunidade dispõe de uma empresa contratada pela administração pública municipal, a qual é responsável pela desinfecção, para posterior distribuição aos consumidores.

Quadro 16 – Proposta de medida de controle quanto a etapa Tratamento e componente Processo de tratamento do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
T1.1.3	Equipamento funcionando de forma irregular	Há uma empresa contratada para realizar o serviço de monitoramento e manutenção no equipamento	Realizar manutenção e calibração no equipamento, operacionais e treinamento pessoal; estabelecer plano de manutenção e calibração
T1.1.4	Cloro residual livre insuficiente (baixa dosagem)	Há uma empresa contratada para realizar o serviço de	Melhorar a desinfecção nos tanques

Quadro 16 - Proposta de medida de controle quanto a etapa Tratamento e componente Processo de tratamento do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(conclusão)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
T1.1.4	Cloro residual livre insuficiente (baixa dosagem)	dosagem de cloro na medida adequada	
T1.1.5	Excesso de cloro residual livre (alta dosagem)	Há uma empresa contratada para realizar o serviço de dosagem de cloro na medida adequada	Controlar dosagem de cloro

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Ainda na etapa tratamento, porém no componente armazenamento da água, verifica-se, no Quadro 17, a necessidade de promover a proteção do reservatório de água tratada com o cercamento e isolamento do local, eliminando assim o risco muito alto gerado em decorrência da área livre de acesso a pessoas e animais.

Quadro 17 – Proposta de medida de controle quanto a etapa Tratamento e componente Armazenamento de água tratada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
T2.1.3	Desprendimento de biofilme	Não há	Realizar limpeza regular e drenagem do reservatório; Solicitar a empresa responsável a limpeza periódica.
T2.1.10	Área sem proteção ou danificada; acesso de animais e pessoas	Não há	Promover proteção adequada; realizar o cercamento e isolamento da área e realizar vigilância periódica

Quadro 17 - Proposta de medida de controle quanto a etapa Tratamento e componente Armazenamento de água tratada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(conclusão)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
T2.1.11	Corrosão de materiais de construção	A maioria dos materiais utilizados são de PEAD	Garantir utilização de materiais de qualidade garantida
T2.1.12	Acúmulo de biofilme	Há uma empresa contratada para realizar o serviço de tratamento da água com adição de cloro	Realizar inspeções regulares e garantir práticas operacionais adequadas

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Com relação à etapa de distribuição da água, conforme pode ser visualizado no Quadro 18, propõe-se a medida de controle a ser aplicada em curto prazo, no local onde a rede de distribuição de água está situada, realizando o isolamento adequado da canalização conforme estabelece a ABNT NBR 12218:1994 para rede de distribuição de água para abastecimento público e assim evitar possíveis danos.

Quadro 18 – Proposta de medida de controle quanto à etapa Distribuição e componente Operação e distribuição canalizada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
D1.1.1	Presença de ar na tubulação/ variação de pressão e intermitência na distribuição	Há um morador da comunidade responsável pelo bombeamento da água conforme demanda da comunidade	Identificar e cadastrar locais com problemas; acionar o bombeamento sem interrupções
D1.1.3	Contaminação da água por meio de canalização danificada; mistura de água de outras fontes	O líder da comunidade é responsável pelo reparo imediato quando ciente do dano em canalização	Realizar reparo da canalização; utilizar tubos de melhor resistência; atribuir a responsabilidade de

Quadro 18 – Proposta de medida de controle quanto a etapa Distribuição e componente Operação e distribuição canalizada do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

(conclusão)

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
D1.1.3	Contaminação da água por meio de canalização danificada; mistura de água de outras fontes	O líder da comunidade é responsável pelo reparo imediato quando ciente do dano em canalização	reparo para mais pessoas da comunidade
D1.1.4	Contaminação da água por meio de canalização/rede exposta	Não há	Realizar reparo da canalização; verificar normas e procedimentos corretos para instalação; compactação de solo ao entorno da rede de distribuição de água
D1.1.6	Práticas de higiene inadequadas durante reparo de tubulações	Não há	Empregar pessoas qualificadas e formação regular à equipe
D1.1.8	Existência de ponto de vazamento (perda de água)	O líder da comunidade é responsável pelo reparo imediato quando ciente do dano em canalização	Reparar danos; utilizar materiais adequados; estabelecer programas de detecção de perdas; atribuir a responsabilidade de reparo para mais pessoas da comunidade; compactação de solo ao entorno da rede de distribuição de água
D1.1.10	Contaminação da água por cimento proveniente de revestimentos ou durante novas instalações	Não há	Reparar danos; utilizar materiais adequados; utilizar a quantidade de cola na quantidade adequada

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Já na etapa usuário e componente utilização de água bruta ou tratada e elemento coleta de água, a proposta para medida de controle é referente à obrigação de providenciar a manutenção adequada em torneiras que apresentam falhas, danos ou vazamentos e quanto a coleta da água em recipientes apropriados.

Contudo, conforme apresentado no Quadro 19, o evento perigoso mais preocupante desta etapa, são as fossas situadas próximas às residências. Logo, propõe-se que os moradores realizem a implantação de tratamento do efluente doméstico, por exemplo, um tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, e distante do local onde é coletada a água para consumo humano.

Quadro 19 – Propostas de medidas de controle quanto à etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Coleta de água do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
U1.1.1	Coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo	Algumas famílias utilizam recipientes adequados para coleta da água	Realizar educação comunitária; limpeza regular do recipiente; substituição do tipo de recipiente
U1.1.4	Torneira ou acessórios inadequados ou contaminados	Algumas famílias realizam as manutenções necessárias	Desinfetar regularmente torneiras e acessórios; manutenção periódica
U1.1.6	Vazamento na torneira	Algumas famílias realizam as manutenções necessárias	Reparar o dano
U1.1.7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	Não há	Assegurar que o local de coleta esteja seguro de fontes poluidoras; Possibilidade de implantar um sistema de tratamento prévio com material filtrante

Fonte: Adaptado de Corrêa, 2020.

Também na etapa usuário, componente utilização de água bruta ou tratada, mas apresentado o elemento armazenamento e manuseio doméstico, conforme disposto no Quadro 20, a medida de controle refere-se à importância de realizar a

higienização adequada de recipientes de armazenamento temporário da água para consumo bem como nos recipientes como copos, utilizados para o consumo da água.

Quadro 20 – Propostas de medidas de controle quanto à etapa Usuário, componente Utilização de água bruta ou tratada e elemento Armazenamento e manuseio doméstico do SAA avaliado no Lajeado Fortuna, 2023.

Item	Evento perigoso	Medidas de controle existente	Proposta de medida de controle
U1.2.2	Utilização de recipientes sujos para armazenamento de água	Algumas famílias realizam a higienização adequada nos recipientes de armazenamento de água	Realizar educação comunitária; utilizar copos e recipientes limpos para consumir água
U1.2.3	Manipulação da água sem higiene adequada	Algumas famílias realizam a higienização adequada nos recipientes de armazenamento de água	Realizar educação comunitária; utilizar copos e recipientes limpos para consumir água; evitar contato entre mãos e água
U1.2.4	Armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificados	Algumas famílias utilizam somente recipientes vedados para o armazenamento da água	Realizar educação comunitária; utilizar recipientes fechados
U1.2.5	Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo	Algumas famílias realizam a higienização adequada no local de armazenamento da água	Realizar educação comunitária; garantir higiene ambiental adequada; realizar a higienização com maior frequência
U1.2.8	Utilização de copos sujos para consumir água	Algumas famílias realizam a higienização adequada nos copos para consumo de água	Realizar educação comunitária; utilizar copos adequados e limpos para consumo de água

4.7 PLANO DE MELHORIA

Para que todas as medidas de controle propostas sejam implementadas, é de suma importância a elaboração de um plano de ações progressivo que seja aderido pela administração pública em conjunto com a comunidade local abastecida para melhorar constantemente o nível de controle dos eventos perigosos identificados para reduzir os riscos avaliados no SAA. Inicialmente, devem-se concentrar as melhorias nos locais que demandam atenção imediata, ou seja, aos eventos perigosos classificados em nível de risco alto e muito alto.

O planejamento deve envolver ações integradas com planejamento financeiro, técnico e viável para a realidade do sistema de abastecimento de água. Foi elaborado um cronograma de ações para a implantação do Plano de melhoria, contendo apenas as medidas a serem tomadas de curto prazo, ainda no ano de 2023.

Sugere-se que sejam realizadas novas reuniões com a equipe do PSA e apresentado o cronograma elaborado conforme Quadro 21, o qual pode ser alterado conforme as demandas necessárias e incluído os próximos passos conforme as medidas de controle a médio e longo prazo.

Quadro 21 – Cronograma de ações para implantação do Plano de melhoria para o SAA do Lajeado Fortuna, 2023.

(continua)

Etapa	Evento perigoso	Classificação do risco	ANO 2024 MEDIDA DE CONTROLE		
			FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
CAPTAÇÃO	C1.1.1	Alto		Projeto de recuperação da mata ciliar (APP) no local de captação	
	C1.1.3 C3.1.9	Alto Muito Alto	Realizar o cercamento e isolamento do local		
	C1.1.4	Alto		Instalar placa de sinalização no local	
	C1.1.7	Alto	Reuniões com a administração pública para a coleta de resíduos sólidos uma vez na semana na comunidade		

Quadro 21 – Cronograma de ações para implantação do Plano de melhoria para o SAA do Lajeado Fortuna, 2023

(conclusão)

Etapa	Evento perigoso	Classificação do risco	ANO 2024 MEDIDA DE CONTROLE		
			FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
CAPTAÇÃO	C1.1.26	Alto		Promover campanhas na comunidade para a regularização da atividade de piscicultura com orientações quanto a despesca em local e época adequada	
	C3.1.1	Muito Alto	Instalar uma tampa adequada sob o reservatório de água bruta		
	C3.1.11	Muito Alto			Planejamento de regularização do aspecto construtivo do reservatório de água bruta
TRATAMENTO	T2.1.10	Muito Alto	Realizar o cercamento e isolamento do local		
DISTRIBUIÇÃO	D1.1.4	Alto		Compactação do solo ao entorno da rede de distribuição de água	
USUÁRIO	U1.1.1 U1.2.2 U1.2.3 U1.2.4 U1.2.8	Alto Alto Muito Alto Alto Alto	Palestras na comunidade sobre o uso de recipientes higienizados para armazenamento e consumo da água		
	U1.1.4 U1.1.6	Alto Alto	Palestras na comunidade sobre a importância da manutenção adequada nas torneiras		
	U1.1.7	Muito Alto			Planejamento para implantação de um sistema de tratamento prévio para destinação do efluente

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Em comparação aos outros estudos abordados na presente pesquisa, destaca-se que há uma grande diferença entre a implementação de PSA em zona urbana e rural, em razão do SAA apresentar redução no tratamento de água e carência no aspecto técnico e construtivo em todas as etapas que envolvem o sistema, principalmente na etapa de captação.

Contudo, o estudo elaborado por Côrrea (2020), o qual abordou o monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais, concentrou-se somente no componente captação, onde foi verificado que os eventos perigosos classificados com maior risco de contaminação foram aqueles relacionados à presença de fezes e criação de animais nas proximidades da captação de água, fato este que não foi observado durante a coleta de dados no componente captação realizada no sistema do SAA avaliada.

O sucesso da implementação de um Plano de Segurança da Água deve assegurar a verificação constante do mesmo para que se faça o levantamento das situações rotineiras e emergenciais onde tudo deve ser avaliado, validado e documentado para futuras revisões do PSA.

Sheehan *et al.*, (2023) pontuam que é um desafio a implantação do PSA em sistemas já existentes, sendo importante demonstrar que as boas práticas são mantidas e as inapropriadas deverão ser cessadas e novos procedimentos de operação são desenvolvidos e implantados.

Dentre outros desafios, como explanados por Tsitsifli e Tsoukalas (2021), Baracho e Scalize (2023), Gunnarsdottir *et al.*, (2023) e Bufa-Dorr *et al.*, (2023) para sistema de água pequenos, e que serviriam para o SAA estudado, muitos estão relacionados aos funcionários (dos quais muitos são voluntários), gestão da estrutura do SAA, lidar com ameaças de poluição, principalmente, próximo ao manancial, incluindo a dependência de uma única fonte. Além disso, há ainda pontos primordiais como: o contato insuficiente com a autoridade de vigilância, para orientação e testes de qualidade da água; melhoria do apoio técnico; falta de suporte financeiro; e melhor cooperação entre as autoridades de vigilância.

4.8 PROPOSTA DE MELHORIAS PARA O SOFTWARE E RECOMENDAÇÕES

O *software* elaborado por Corrêa (2020) e utilizado nesta pesquisa foi uma ferramenta de suma relevância, pois apresenta interface didática e de fácil

manipulação, sem a necessidade de acesso digital, o que facilita sua utilização na zona rural dos municípios. Gunnarsdottir *et al.* (2023) destacam a necessidade de modelos simples para auxiliar os funcionários, bem como treinamentos a respeito do PSA.

O *software* representou-se como uma ferramenta preventiva sobre qualidade hídrica, que pode ser utilizada e adaptada a qualquer PSA rural. Ainda, induz o avaliador a realizar uma análise intradomiciliar do sistema em estudo, o qual se mostrou de extrema relevância diante de vários eventos perigosos com riscos classificados como alto e muito alto, visto a maneira como é realizado o manuseio e manutenção dos utensílios utilizados para coleta e armazenamento da água.

Após as análises da estrutura do *software* e suas informações, convém sugerir algumas melhorias para que o sistema esteja de acordo com as normas vigentes e seja uma ferramenta ainda mais útil, adaptável e apropriada para avaliação dos perigos e eventos perigosos de um sistema de abastecimento de água.

Durante o levantamento de dados a campo, não foi observado nenhum evento perigoso que não estivesse inserido na avaliação de riscos do *software*. Contudo, propõem-se a possibilidade de inserir novos eventos perigosos no *software* utilizado para gerar a matriz de classificação do risco, caso ocorra a identificação de novos eventos perigosos, como também a possibilidade de modificar a matriz de classificação de risco visto que cada SAA é único e detém de suas particularidades.

Foram constatados alguns equívocos na matriz de priorização de risco para estudo do PSA apresentada, onde após alguns testes foi verificado que dependendo do evento perigoso avaliado, onde a severidade das consequências é muito grave, mas a probabilidade de ocorrência é rara, o resultado do risco final se apresenta como baixo, sendo ignorada a preocupante consequência que o evento perigoso apresenta em caso de ocorrência deste em determinada etapa do sistema.

Esta preocupação também é citada por Lane e Hrudey (2023), pois a partir dos resultados da matriz de risco que se priorizam melhorias de infraestrutura e de gestão no PSAs. Walker (2023) ainda faz a seguinte citação: “O fato de um surto poder não ocorrer durante algum tempo é apenas uma questão de sorte e não de boa gestão; não valida uma avaliação de risco incorreta”.

Ainda, é necessário revisar e corrigir as definições relacionadas a “poço” que estão descritas no modelo de Sistema e Soluções Alternativas de Abastecimento de água – SSAAA integrante do sistema, no item elemento do componente captação de

água subterrânea. Sugere-se além das correções, apresentar junto ao *software* as definições de cada etapa, componente e elemento que os compõe.

No modelo de SSAAA, o elemento reservatório está incluso na etapa tratamento, o qual deve estar inserido na etapa distribuição, pois o reservatório de água tratada faz parte da distribuição de água potável à comunidade atendida.

Também, realizou-se uma pequena adaptação da matriz de priorização de risco, onde na matriz a probabilidade de ocorrência apresenta a seguinte divisão: Quase certo – peso 5; muito frequente – peso 4; frequente 3; pouco frequente – peso 2 e raro – peso 1. Já na descrição da matriz para fins de definições, o descritor da probabilidade de ocorrência estava dividido da seguinte maneira: Quase certo; provável; moderadamente provável; improvável e raro. Logo, optou-se por seguir as definições da mesma maneira que se apresentou no modelo de descrição do SSAAA.

5 CONCLUSÃO

O Plano de Segurança da Água – PSA surgiu como um instrumento de avaliação dos perigos, eventos perigosos e riscos que podem surgir em sistema de abastecimento de água que integram todas as etapas, desde a captação até o consumidor final.

A metodologia utilizada, a qual foi adaptada para a realidade local, durante a avaliação de riscos, identificou 66 eventos perigosos em todo o SAA.

Constatou-se que a maioria dos riscos, classificados como alto e muito alto, se concentram na etapa de captação e usuário; porém, de resolução facilitada e viável, conforme apresentado no plano de melhoria. Observou-se a precariedade no saneamento básico na comunidade rural, sendo uma problemática que reflete de forma preocupante na segurança da água e salubridade rural.

Destacaram-se também algumas necessidades de melhorias do *software* utilizado com o intuito de retificar a apresentação de algumas definições e aderir à possibilidade de alteração dos eventos perigosos e matriz de risco, contribuindo com a elaboração do PSA adaptável a qualquer SAA.

A etapa “usuário” revela a necessidade de avaliar o sistema ainda além da distribuição da água, abrangendo a avaliação intradomiciliar para o levantamento de situações de risco à qualidade da água consumida.

Cabe destacar ainda os desafios encontrados durante a elaboração do PSA, especialmente, no que diz respeito ao levantamento de dados a campo, visto que a grande maioria dos moradores integrantes do SAA eram pessoas idosas, com pouca instrução e manifestam maior dificuldade para relatar a realidade e apresentam resistência à mudança de pequenos hábitos diários, os quais são imprescindíveis para melhorar a qualidade de vida da população atendida.

A partir do desenvolvimento da pesquisa, obtiveram-se subsídios para estudos futuros quanto à implantação do PSA, podendo ser adaptável a outros SAA's.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELAKIS, Andreas N *et al.* **Evolution of Water Supply Through the Millennia**. IWA Publishing, London, New York, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**. Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17080**: Plano de Segurança da Água – Princípios e diretrizes para elaboração e implementação. Rio de Janeiro, ABNT, 2023.
- BAIN, R.E.S. *et al.* Rural:urban inequalities in post 2015 targets and indicators for drinking-water. **Science of the Total Environment**. v. 450. p. 509-513. August 2014. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.007>. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969714006652?via%3Dihub>> Acesso em: 15 jun. 2023.
- BARACHO, Rafaella Oliveira. **Modelo conceitual para elaboração de Planos de Segurança em Saneamento Rural (PSSR)**. 2023. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2023.
- BARACHO, Rafaella Oliveira; NAJBERG, Estela; SCALIZE, Paulo Sérgio. Factors That Impact the Implementation of Water Safety Plans - A Case Study of Brazil. **Water**. 2023, 15, 678. doi: <https://doi.org/10.3390/w15040678>.
- BARACHO, Rafaella Oliveira; SCALIZE, Paulo Sérgio. Challenges and facilitating factors to implement water safety plans: a systematic review. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.17, n. 2, p. 1-22, e03206. 2023
- BARTRAM, J *et al.* **How to develop and implement a Water Safety Plan - A step-by-step approach using 11 learning modules**. Genebra: WHO Library, 2009. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241562638> . Acesso em: 02 novembro 2023.
- BEZERRA, Nolan Ribeiro; SCALIZE, Paulo Sérgio; BARACHO, Rafaella Oliveira. **Metodologia para Elaboração do Plano de Segurança do Saneamento Rural (PSSR)**. Goiânia: Cegraf UFG, 2022. ISBN: 978-85-495-0516-3. *E-book*. Disponível em: https://sanrural.ufg.br/wp-content/uploads/2021/07/Livro_PSSR_Metodologia_I.pdf. Acesso em: 20 maio 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR)**. 266 p. Brasília: Funasa, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS**. 1. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro, Brasília 2021.

BRASIL. **Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro, Brasília 2011.

BRASIL. **Portaria Nº 3.174, de 02 de dezembro de 2019**. Diário Oficial da União, Brasília 2019.

BUFA-DORR, Zsuzsanna *et al.* Dual system of water safety plan auditing in Hungary: benefits and lessons learnt. **Journal of Water & Health**. 2023. doi: 10.2166/wh.2023.130

CARVALHO. Maria do Carmo *et al.* **Manual de cianobactérias planctônicas: Legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais**. São Paulo: Cetesb, 2013.

CEBALLOS, Beatriz Suzana Ovruski de; DANIEL, Luiz Antonio; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier. Tratamento de Água para Consumo Humano: Panorama Mundial e Ações do Prosab. *In: Desenvolvimento e otimização de tecnologias de tratamento de águas para abastecimento público, que estejam poluídas com microrganismos, toxinas e microcontaminantes*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. ISBN 9788570221650.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Safe water systems for development word: a handbook for implementation household-based water treatment and safe storage project**. Atlanta: USA, 2000. *E-book*. Disponível em: https://www.cdc.gov/safewater/manual/sws_manual.pdf . Acesso em: 18 out. 2022.

CHAYSIRI, Rujira; LOUIS, Garrick E., CHINVIRIYASIT, Wirawan. Modeling the health impact of water and sanitation service deficits on waterborne disease transmission. **Advances in Difference Equations**, Article number: 405. 2021. doi: <https://doi.org/10.1186/s13662-021-03556-w>.

CORRÊA, Rony Felipe Marcelino. **Elaboração de modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade de São Carlos, São Paulo, SP, 2020.

CORRÊA, Rony Felipe Marcelino; VENTURA, Katia Sakihama. Plano de Segurança da Água: modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação de água em comunidades rurais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 26, n. 2, mar/abr 2021. ISSN: 1809-4457. DOI: 10.1590/S1413-415220190394. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/DG364LSqLCNfdmtrFqhPSmv/?lang=pt>. Acesso em: 08 set 2022.

COSTA, Patrícia Isabel Baião. **Plano de Segurança da Água**. Caso de Estudo: Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade do Alvarge - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Faro, 2010.

DE LIMA, Marcos Antônio. **Estratégias para elaboração de um Plano de Segurança da Água para abastecimento humano do município de Natal/RN**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2010.

DE SOUZA, Walter Lorenzo Zilio Motta. **Plano de Segurança da Água: Uma proposta metodológica para Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

Directive (European Union) 2020/2184 **of the European Parliament and of the Council on the quality of water intended for human consumption**. 2020.

DOS SANTOS, Fernanda Flores Silva *et al*/ O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**. v.4, n.1. 241-251. ISSN: 2595-4431. 2018.

FUNDAÇÃO OSVALDO CRUZ (FIOCRUZ). **Pesquisa mapeia causas de internações por diarreia infantil**. IOC/Fiocruz, 2023. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/pesquisa-mapeia-causas-de-internacoes-por-diarreia-infantil#:~:text=A%20partir%20dos%20dados%20coletados,e%2036%20mil%20pelos%20norov%C3%ADrus>. Acesso em 26 jul 2023.

GALVAN, Kelli Andreiza *et al*. Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, v. 11, p. 165-176, 2020.

GROBICKI, Ania. Water Security: Time to Talk Across Sectors. **Water Front Magazine**. 2009.

GUNNARSDOTTIR, Maria J *et al.* Implementing risk-based approaches to improve drinking water quality in small water supplies in the Nordic region – barriers and solutions. **Journal of Water & Health**. 2023. doi: 10.2166/wh.2023.088

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte, 2010.

HILACO, Sofia Isabel da Costa. **Implementação do Plano de Segurança da Água para consumo humano em Portugal**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Política e Relações Internacionais) - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/tenente-portela/pesquisa/23/24304?detalhes=true>. Acesso em: 12 abril 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/tenente-portela/pesquisa/24/27745>. Acesso em: 12 abril 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/tenente-portela/panorama>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: Acesso em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

LANE, Kaycie; HRUDEY, Steve. A critical review of risk matrices used in water safety planning: improving risk matrix construction. **Journal of Water & Health**. 2023. doi: 10.2166/wh.2023.129

MANCUSO, Malva Andrea; SANTOS, Caroline Emiliano. **Avaliação hidrogeológica quali-quantitativa do aquífero fraturado Serra Geral, localizado no noroeste do Rio Grande do Sul**. GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA, v. 21, p. 71-88, 2021.

MENDES, Benilde Simões; OLIVEIRA, José Santos. **Qualidade da água para consumo humano**. 1. ed. Lisboa, 2004. ISBN 972-757-274-X.

NARDOCCI, Adelaine Cassia. **Risco como instrumento de gestão ambiental**. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, Lorrana Luiza de; TEIXEIRA, Nolan Ribeiro Bezerra. **Avaliação de riscos na rede de distribuição de água do município de Formosa – GO para implantação do Plano de Segurança da Água**. Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. 48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE, Fortaleza, CE. 2018.

PATO, João Howell. **História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal**. Lisboa, 2011. ISBN: 978-989-8360-08-3. *E-book*. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/32333654.pdf>. Acesso em: 30 set. 2022.

PLANESAN – **Plano Estadual de Saneamento do Rio Grande do Sul**. Relatório Preliminar. Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA). 244p. Disponível em: <
<https://admin.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202210/05140355-plano-estadual-de-saneamento-consultapublica.pdf>> Acesso em: 15 de outubro 2023.

SANTOS, Caroline Emiliano; MEDEIROS, Raphael Corrêa; MANCUSO, Malva Andrea. **Água subterrânea dos poços da área rural de Frederico Westphalen – RS: qualidade, aspectos ambientais e conformidade legal**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 43, n. 4, p. 330-340. 2020.

SCHNEIDER, Silvana Isabel *et al.* Water quality in individual groundwater supply systems in Southern Brazil. **CIÊNCIA E NATURA**, v. 43, p. e65, 2021.

SEBEN, Débora *et al.* Water quality variables and emerging environmental contaminant in water for human consumption in Rio Grande do Sul, Brazil. **Environmental Challenges**, v. 5, p. 100266-100266, 2021.

SEMA. Elaboração de serviço de consultoria relativo ao processo de planejamento dos usos da água na bacia hidrográfica dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo. **Relatório técnico 1: atividades preliminares RT1**. 2011. Disponível em: https://rsgovbr-my.sharepoint.com/personal/raiza-schuster_sema_rs_gov_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Ffraiza%2Dschuster%5Fsema%5Frs%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FBiblioteca%20DIPLA%2FPBHs%2FU030%20%2D%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20dos%20Rios%20Turvo%20%2D%20Santa%20Rosa%20%2D%20Santo%20Cristo%2FRelat%C3%B3rio%20T%C3%A9cnico%20%2D%20RT1%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Ffraiza%2Dschuster%5Fsema%5Frs%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FBiblioteca%20DIPLA%2FPBHs%2FU030%20%2D%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20dos%20Rios%20Turvo%20%2D%20Santa%20Rosa%20%2D%20Santo%20Cristo&ga=1. Acesso em: 19 jun 2023.

SHEEHAN, David *et al.* Development of a tool to support operationalising water safety plan: experiences from a national water utility in Ghana. **Journal of Water & Health**. 2023. doi: <https://doi.org/10.2166/wh.2023.100>

SILVEIRA, André Braga Galvão. **Explorando o déficit em saneamento no Brasil: evidências da disparidade urbano-rural**. Paranoá, Brasília, n 10, p. 37-48, 2013.

SISAGUA. Ministério da Saúde (BR). **Portal da saúde. Sisagua Brasília**: Ministério da Saúde; 2019. Disponível em: <http://portalms.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigiagua/sisagua>. Acesso em 12 set. 2022.

SOUZA, Cezarina Maria Nobre. Relação saneamento-saúde-ambiente: os discursos preventistas e da promoção de saúde. **Saúde e sociedade**. [s.l.], v. 16, n. 3, p. 125-137, dez. 2007. DOI 10.1590/S0104-12902007000300012.

SUMMERILL, C *et al.* Securing executive buy-in for preventative risk management – lessons from water safety plans. **Water Supply** 2011. v. 11682–691. doi: <https://doi.org/10.2166/ws.2011.074>.

TENENTE PORTELA. **Lei nº 1.587, de 09 de dezembro de 2008**. Plano Diretor Municipal, Estabelece Diretrizes e Proposições de Desenvolvimento no Município de Tenente Portela.

TENENTE PORTELA. **Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Tenente Portela**. Relatório Final. 2019. Disponível em: <https://www.tenenteportela.rs.gov.br/public/admin/globalarq/meio-ambiente/54e0cf637e16604b7a45132b02b71826.pdf>. Acesso em: 26 agosto 2022.

TRAN, Quynh K. JASSBY, David; SCHWABE, Kurt A. The implications of drought and water conservation on the reuse of municipal wastewater: Recognizing impacts and identifying mitigation possibilities. **Water Research**, [s.l.], v. 124, p.472-481, nov. 2017.

TSITSIFLI, Stavroula; TSOUKALAS, Dionysios S. Water Safety Plans and HACCP implementation in water utilities around the world: benefits, drawbacks and critical success factors. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p.18837-18849. 2021.

VENTURA, Katia Sakihama; FILHO, Paulo Vaz; NASCIMENTO, Simone Gonçalves. Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 109-119, jan/fev. 2019. ISSN: 1809-4457. DOI: 10.1590/S1413-41522019169881. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/LVdQ4SjS458YVsCw5mBmYCG/?lang=pt>. Acesso em: 23 nov 2022.

VIEIRA, José Manuel Pereira. **Água e saúde pública**. 1. ed. Lisboa. 2018. ISBN: 978-972-618-969-5

VIEIRA, José Manuel Pereira; DUARTE, Antônio Lima Sampaio. Relevância sanitária dos subprodutos da desinfecção da água para consumo humano. **Revista Água & Resíduos**, Braga, Portugal, p. 38-48, maio/agos. 2007.

VIEIRA, José Manuel Pereira; MORAIS, Carla. **Guia técnico nº 7: Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento**. Braga, 2005.

WALKER, R. Misjudging drinking water quality risk: adopting a barrier approach for meaningful risk assessment to address latent risks. **Journal of Water & Health**. 2023. doi: 10.2166/wh.2023.077.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking Water Quality**. v. 1, 3 ed. 2004.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. Genebra, 2017.
WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4 ed. Geneva, 2011.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water Safety Planning for Small Community Water Supplies**. 2012. ISBN 9789241548427. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75145/9789241548427_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 março 2022

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water safety plans. Managing drinkingwater quality from catchment to consumer**. Geneva, 2005.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking water suppliers**. Second Edition. 2023.

World Health Organization & International Water Association (WHO & IWA) 2017. **Global Status Report on Water Safety Plans: A Review of Proactive Risk Assessment and Risk Management Practices to Ensure the Safety of Drinking Water**. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/255649>

XAVIER, Ana Isabel Marques. **A União Europeia e a Segurança Humana: um actor de gestão de crises em busca de uma cultura estratégica? Análise e considerações prospectivas**. 2010. Tese (Doutorado em Relações internacionais) - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2010.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO A SER REALIZADO EM ENTREVISTA COM MORADORES QUE CONSOMEM A ÁGUA PROVENIENTE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – SAA – TENENTE PORTELA/RS

1. Nome do(a) entrevistado(a):

2. Idade do(a) entrevistado(a):

3. A partir de qual data utiliza a água do SAA em estudo?

4. Quantas pessoas residem na propriedade?

5. Quais os usos da água proveniente do SAA, na propriedade?

6. É utilizada alguma outra forma de abastecimento de água diversa do SAA em questão? () Não. () Sim.

Qual:

7. Há reservatório de água na residência? () Não () Sim

Qual o tipo: () Tambor () Caixa d'água

() Outro.....

Faz a limpeza do reservatório de quanto em quanto tempo?

() Semanal () Mensal () A cada dois a três meses () 1 vez no semestre

() 1 vez ao ano () Nunca fez.

Como é realizada a limpeza do reservatório?

() Só água () Só cloro () Água e sabão () Água e cloro () Água, sabão e cloro () Outro.....

8. É utilizado algum tipo de tratamento, na residência, antes do consumo da água proveniente do SAA? () Não () Sim.

Qual? () Fervura () Filtração () Produto a base de cloro. Para qual finalidade?

9. Já visitou o local onde é coletada a água do sistema? () Não () Sim.

Na sua opinião, há necessidade de alguma melhoria? () Não () Sim.

Qual?

10. Tem conhecimento se ocorreu alguma melhoria e/ou modificação no sistema desde sua implantação? () Não () Sim.

Qual?

11. Percebeu alguma diferença no consumo da água desde a adição do cloro?

() Não () Sim.

Qual?

12. Há registros de surtos de virose ou doença decorrente da água nos moradores? () Não () Sim.

Ocorreu a necessidade de ferver a água antes do seu consumo?

() Não () Sim.

13. Há queixas referentes à água consumida? () Não () Sim.

Quais?

14. De modo geral, na sua opinião, houve uma melhora na quantidade e qualidade da água para consumo desde a implantação do SA? () Não () Sim.

15. Na propriedade /residência, há banheiro? () Sim () Não.

Fica dentro ou fora da residência? () Dentro () Fora.

16. O que é feito com o esgoto do banheiro? () Fossa Séptica () Fossa Negra/seca () Vala aberta/ quintal () curso d'água
() Outro:

17. Há animais na propriedade? () Sim () Não.

O que é feito com os dejetos (fezes, urina, demais resíduos) dos animais.

() Adubo com compostagem () Adubo sem compostagem
() Curso d'água () Nada () Outro.

18. O que é realizado com o lixo da casa.

() É coletado pelo serviço público () Queima () Enterra
() Lançado no quinta/ mato () Recicla () outro:

19. Utiliza algum produto para combater pragas nas plantações?

() Sim () Não

O que é feito com as embalagens desses produtos?

() Queima () Coleta pública () Enterra
() Lançado no quinta/ mato () Reaproveita para outro uso
() outro:

20. Quando chove, há acúmulo de água parada próximo à residência?

() Sim () Não

Há alagamento próximo ao reservatório de água bruta?

() Sim () Não

Há transbordamento de água para dentro do reservatório de água bruta?

() Sim () Não
