

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME CORRÊA DE LEMOS

**ESTUDO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE PITANGUEIRAS –
PR: UMA PROPOSTA DE PSA**

CAMPO MOURÃO

2025

GUILHERME CORRÊA DE LEMOS

**ESTUDO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE PITANGUEIRAS –
PR: UMA PROPOSTA DE PSA**

Study of the water supply system of Pitangueiras – PR: a PSA proposal

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Ambiental na
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Prof. Dra. Cristiane Kreutz

CAMPO MOURÃO

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GUILHERME CORRÊA DE LEMOS

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA
PARA PITANGUEIRAS – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 28 de novembro de 2025

Prof^a. Dr^a. Cristiane Kreutz

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Dr^a. Maristela Denise Moresco Mezzomo

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Raphael Corrêa Medeiros

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2025

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar este texto agradecendo aos meus pais, Vanda Maria e Levínio José, que me deram base e suporte ao longo de toda essa jornada acadêmica e, mesmo de longe, conseguiram me apoiar e incentivar em todos os momentos. Também quero ressaltar a importância da minha irmã, Gabriela Corrêa, neste período da minha vida em que estive distante, e que, ainda assim, fez questão de me manter presente, participando dos momentos importantes da maneira que fosse possível. Sempre serei grato por terem me proporcionado uma base sólida e, principalmente, por acreditarem em mim.

Quero também agradecer aos amigos que fiz nesses anos, em especial àqueles com quem morei e que foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Gabriel Bressianini, Guilherme Barros e Pedro Henrique, sou muito feliz por ter compartilhado bons momentos da minha vida com vocês. Fico muito feliz por termos convivido tão bem, pois, além de grandes amigos, vocês foram pessoas de quem aprendi muito, conhecimentos e experiências que levarei para a vida toda.

Por fim, agradeço a todos os professores que me guiaram ao longo dessa trajetória. Vocês foram fundamentais não apenas para minha formação acadêmica, mas também para minha formação pessoal. Agradeço especialmente à professora Dr^a Cristiane Kreutz, cuja orientação foi extremamente importante para o desenvolvimento deste trabalho e ao longo do curso, inclusive durante o projeto de extensão.

RESUMO

Este trabalho apresenta a elaboração de uma proposta de Plano de Segurança da Água (PSA) para o município de Pitangueiras, Paraná, com o objetivo de fortalecer a gestão preventiva do sistema de abastecimento público e garantir a segurança da água ofertada à população. A metodologia seguiu as diretrizes da Portaria GM/MS nº 888/2021 e envolveu levantamento de dados fornecidos pelo SAAE, visita técnica aos pontos de captação e distribuição, análise documental, aplicação dos princípios estabelecidos pela legislação vigente e construção de uma matriz de riscos para os três poços que compõem o sistema. O estudo abrangeu a caracterização das estruturas de captação, avaliação dos procedimentos operacionais, análise dos resultados de qualidade da água bruta e tratada e identificação de perigos e eventos perigosos associados ao funcionamento do sistema de abastecimento de água desse município. Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas pelo SAAE permaneceram dentro dos limites de potabilidade legais estabelecidos, indicando conformidade dos parâmetros monitorados durante todo o período avaliado. Ainda assim, a aplicação da metodologia do PSA permitiu identificar riscos relevantes relacionados à integridade estrutural das unidades, às condições ambientais do entorno, à possibilidade de introdução de contaminantes e a fatores operacionais, reforçando a necessidade de manutenção sistemática das estruturas, controle adequado de produtos químicos e vigilância contínua de equipamentos e instalações. Embora não tenham sido observadas inconformidades que possam comprometer o sistema de abastecimento público de água, o estudo evidencia que a prevenção é um elemento central da segurança hídrica, sendo fundamental que o SAAE mantenha rotinas consolidadas de monitoramento, inspeção e resposta a eventos inesperados. Como conclusão, este trabalho oferece ao município uma ferramenta prática para organizar e fortalecer a gestão da segurança da água, contribuindo para a redução de vulnerabilidades, a melhoria da eficiência operacional e o suporte à tomada de decisão, especialmente em contextos em que a disponibilidade de recursos técnicos e estruturais é limitada.

Palavras-chave: abastecimento público; gestão de riscos; qualidade a água; segurança hídrica.

ABSTRACT

This study presents the development of a proposal for a Water Safety Plan (WSP) for the municipality of Pitangueiras, Paraná, with the aim of strengthening the preventive management of the public water supply system and ensuring the safety of the water provided to the population. The methodology followed the guidelines of Ordinance GM/MS No. 888/2021 and involved data collection provided by the local water supply service (SAAE), technical visits to catchment and distribution points, document analysis, application of the principles established by current legislation, and construction of a risk matrix for the three wells that make up the system. The study included the characterization of the catchment structures, evaluation of operational procedures, analysis of raw and treated water quality results, and identification of hazards and hazardous events associated with the functioning of the water supply system. The physicochemical and microbiological analyses performed by SAAE remained within the legal potability limits, indicating compliance of the monitored parameters throughout the evaluation period. Nevertheless, the application of the WSP methodology made it possible to identify relevant risks related to structural integrity, surrounding environmental conditions, potential introduction of contaminants, and operational factors, highlighting the need for systematic maintenance of structures, adequate control of chemical products, and continuous monitoring of equipment and facilities. Although no nonconformities capable of compromising the public water supply system were observed, the study emphasizes that prevention is a central element of water safety, and that maintaining consolidated routines of monitoring, inspection, and response to unexpected events is essential. In conclusion, this work provides the municipality with a practical tool to organize and strengthen water safety management, contributing to the reduction of vulnerabilities, improvement of operational efficiency, and support for decision-making, especially in contexts where technical and structural resources are limited.

Keywords: public water supply; risk management; water quality; water safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas para elaboração do Plano de Segurança da Água.....	19
Figura 2 – Exemplo de fluxograma de um sistema de abastecimento de água	20
Figura 3 – Croqui de localização do município de Pitangueiras-PR.....	26
Figura 4 – Uso e ocupação do solo de Pitangueiras-PR no ano de 2023	27
Figura 5 – Bacias Hidrográficas do Paraná	28
Figura 6 – Localização dos poços de captação de Pitangueiras	38
Figura 7 – Diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água de Pitangueiras	39
Figura 8 – Vista parcial do local de armazenamento de produtos químicos	40
Figura 9 – Vista frontal das instalações do SAAE Pitangueiras – PR	41
Figura 10 – Vista frontal do dispositivo eletrônico utilizado no poço Sede SAAE	42
Figura 11 – Condições de entorno do sistema de bombeamento do Poço Sede SAAE	43
Figura 12 – Vista frontal do reservatório de água tratada do SAAE de Pitangueiras	44
Figura 13 – Vista frontal das instalações do poço Bosque	49
Figura 14 – Vista frontal do local de captação do poço Bosque.....	50
Figura 15 – Vista dos arredores do Poço Bosque e suas instalações	51
Figura 16 – Vista frontal das instalações do poço Parque Industrial	55
Figura 17 – Vista lateral do painel starter do poço Parque Industrial	56
Figura 18 – Infraestruturas de cercamento e acesso do poço Parque Industrial	57
Figura 19 – Vista frontal do ponto de captação do poço Parque Industrial	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Escala de Avaliação da Frequência de Ocorrência dos Perigos	33
Quadro 2 – Escala de Classificação da Intensidade (Gravidade) dos Perigos.....	33
Quadro 3 – Matriz de risco: classificação da prioridade de intervenção	34
Quadro 4 – Níveis de risco e definição da aceitabilidade/tolerabilidade para o PSA	34
Quadro 5 – Modelo de plano de ação para mitigação de riscos	35
Quadro 6 – Matriz de identificação de perigos e avaliação de riscos do poço SAAE	48
Quadro 7 – Matriz de identificação de perigos e avaliação de riscos do Poço Bosque.....	54
Quadro 8 – Matriz de identificação de perigos e avaliação de riscos do poço Parque Industrial.....	61
Quadro 9 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como aceitáveis	65
Quadro 10 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como não aceitáveis	67
Quadro 11 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como não toleráveis	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características operacionais dos poços de captação	38
Tabela 2 – Resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Poço SAAE.....	45
Tabela 3 – Resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Poço Bosque	52
Tabela 4 – Resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do poço Parque Industrial	59
Tabela 5 – Quantitativo de riscos identificados no sistema de abastecimento	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CERH/PR – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Paraná

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GM/MS – Gabinete do Ministro / Ministério da Saúde

IAT – Instituto Água e Terra

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDR-Paraná (IAPAR-EMATER) – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná

OMS – Organização Mundial da Saúde

PSA – Plano de Segurança da Água

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SINISA – Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

WSP – Water Safety Plan

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.1.1	Objetivo geral	13
1.1.2	Objetivos específicos.....	13
1.2	Justificativa.....	13
2.	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	Gestão da água em cidades de pequeno porte	15
2.2	Plano de Segurança da Água (PSA): conceito e princípios	16
2.3	Plano de Segurança da Água no Brasil.....	21
2.4	Lacunas de pesquisa	23
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	Caracterização da área de estudo.....	25
3.2	Procedimentos Metodológicos	30
3.2.1	Levantamento de dados	30
3.2.2	Elaboração do diagrama de fluxo	31
3.2.3	Análise e identificação de perigos e riscos.....	32
3.2.4	Definição dos limites críticos	35
3.2.5	Encaminhamento da proposta.....	35
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Levantamento de dados com o SAAE	37
4.2	Poço Sede SAAE	41
4.2.1	Descrição do Poço Sede SAAE.....	41
4.2.2	Qualidade da água do Poço SAAE.....	45
4.2.3	Análise de riscos do Poço Sede SAAE	46
4.3	Poço Bosque.....	49
4.3.1	Descrição do Poço Bosque	49
4.3.2	Qualidade da água do Poço Bosque	51
4.3.3	Análise de riscos do Poço Bosque	52
4.4	Poço Parque Industrial	55
4.4.1	Descrição do Poço Parque Industrial	55
4.4.2	Qualidade da água do Poço Parque Industrial	57
4.4.3	Análise de riscos do Poço Parque Industrial	60

4.5	Procedimento de controle	63
4.5.1	Procedimentos de controle para riscos aceitáveis.....	64
4.5.2	Procedimentos de controle para riscos não aceitáveis.....	66
4.5.3	Procedimentos de controle para riscos não toleráveis	70
5.	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS.....	74
	APÊNDICE I – ROTEIRO DE COLETA DE DADOS	81

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável à vida, ao desenvolvimento social e à conservação ambiental, sendo reconhecida como um direito humano fundamental pelo Brasil por meio da Lei nº 14.026, de 2020 (Brasil, 2020). No entanto, a má distribuição, a poluição dos mananciais e a gestão inadequada dificultam o acesso seguro e contínuo à água potável para mais de 33 milhões de brasileiros, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2023). Além disso, as mudanças climáticas intensificam os desafios relacionados à segurança hídrica, exigindo a adoção de políticas públicas integradas e instrumentos de gestão preventiva, como o Plano de Segurança da Água (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023).

A qualidade da água distribuída no Brasil é especialmente afetada pela contaminação de mananciais devido ao uso intensivo e inadequado de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura, o que contribui para a presença de nitratos e pesticidas nos recursos hídricos, comprometendo a potabilidade e aumentando a complexidade do tratamento (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023). Paralelamente, o sistema de abastecimento sofre perdas expressivas, com cerca de 38% da água potável sendo desperdiçada antes de chegar ao consumidor, um volume que poderia suprir mais de 54 milhões de pessoas (Instituto Trata Brasil, 2024). Esses fatores evidenciam a urgência de estratégias que integrem prevenção, monitoramento e controle dos riscos em todas as etapas do sistema de abastecimento.

No contexto de águas destinadas ao abastecimento humano, a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece limites rigorosos para contaminantes que representam riscos à saúde pública (Brasil, 2021). Em municípios com intensa atividade agrícola, a contaminação difusa dificulta o cumprimento dessas normas, o que torna o Plano de Segurança da Água (PSA), conforme a NBR 17080:2023 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022), um instrumento essencial de gestão hídrica.

O PSA oferece uma abordagem sistemática para identificar, avaliar e mitigar riscos ambientais e sanitários, desde a captação até o consumo, assegurando a conformidade legal, a redução de custos com tratamentos corretivos e a proteção

efetiva da saúde da população (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022; Instituto Trata Brasil, 2024).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar uma proposta de Plano de Segurança da Água (PSA) para ser encaminhada ao município de Pitangueiras, Paraná.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o sistema de abastecimento de água (SAA) do município e elaborar seu respectivo diagrama de fluxo;
- Identificar e sinalizar possíveis pontos de controle crítico em qualquer estágio do sistema de abastecimento e analisar séries históricas de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água do SAA;
- Propor medidas mitigadoras a serem tomadas em situações que possam comprometer a qualidade da água;
- Redigir e encaminhar a proposta de PSA para o município.

1.2 Justificativa

A crescente preocupação com a qualidade da água distribuída à população, somada aos desafios operacionais e financeiros enfrentados por pequenos municípios, torna essencial a aplicação de estratégias preventivas como, por exemplo, o Plano de Segurança da Água (PSA). Diferentemente das grandes cidades, que dispõem de maior capacidade técnica e orçamentária, os municípios de menor porte frequentemente operam sistemas de abastecimento com infraestrutura limitada, o que dificulta a implementação de rotinas de monitoramento e controle rigorosos, expondo a população a riscos sanitários.

No caso específico de Pitangueiras, a predominância da atividade agrícola, com o cultivo em larga escala de soja e milho e o consequente uso de insumos no

entorno dos mananciais representam um risco significativo e contínuo de contaminação difusa. Esse cenário complexo evidencia a vulnerabilidade do sistema de abastecimento local e a ineficácia das medidas mitigadoras, que se concentram apenas na análise da qualidade da água após o tratamento.

Diante desse contexto, a presente proposta de trabalho justifica-se pela necessidade de garantir o fornecimento de água potável e segura à população de Pitangueiras, em conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021, sendo que, isso pode ser alcançado por meio da elaboração de um PSA adaptado à realidade e aos recursos do município. Assim, o trabalho visa não apenas atender a uma exigência legal e proteger a saúde pública, mas também servir como um modelo prático e replicável para a gestão da segurança hídrica em outros municípios de pequeno porte que enfrentam desafios similares.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Gestão da água em cidades de pequeno porte

Com o passar do tempo, a humanidade aprimorou distintas práticas voltadas à sobrevivência, especialmente aquelas relacionadas às necessidades básicas. A agricultura consolidou-se como método fundamental para a produção de alimentos, enquanto os sistemas de abastecimento de água foram se estruturando de forma cada vez mais organizada. Estudos historiográficos mostram que, ao longo dos séculos, essas práticas — tanto de cultivo quanto de abastecimento hídrico — foram essenciais para o desenvolvimento social e tecnológico de diversas comunidades humanas, servindo até hoje como referência para pesquisas sobre a evolução civilizacional (Rückert, 2020). Um bom exemplo desses avanços são os aquedutos romanos que realizavam este processo por meio da gravidade, contando com algumas estruturas auxiliares como depósitos de sedimentação e estruturas de distribuição que regulavam o fornecimento de água (Ruckert, 2017).

Um exemplo notável de sistemas de abastecimento hídrico que utilizam a gravidade para o transporte de água são os qanats persas, que operam de forma subterrânea, tornando-se essenciais para o abastecimento humano e a irrigação em regiões áridas (Tordin, 2021). No Brasil, a gestão da água também tem um longo e complexo histórico, com a evolução da legislação e da atuação estatal, buscando um gerenciamento mais eficiente dos recursos hídricos (Rosa; Guarda, 2019).

A expressão gestão da água refere-se ao conjunto de ações, políticas e decisões destinadas a garantir a disponibilidade, a qualidade e o uso racional da água, envolvendo planejamento, regulação e monitoramento dos recursos e dos serviços associados (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2025). É importante distinguir a gestão dos recursos hídricos, que trata da disponibilidade e proteção do recurso em si no âmbito da bacia hidrográfica, da gestão dos serviços de abastecimento de água, que envolve a operação, o tratamento e a distribuição da água à população, com regulação e monitoramento do desempenho (Brasil, 2023).

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas. Entre seus princípios estão: a bacia hidrográfica como unidade de gestão, a água como bem de domínio público e recurso econômico, a gestão descentralizada e participativa, os usos múltiplos e a

prioridade para abastecimento humano em situações de escassez (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2025). Esses princípios orientam a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, que articula União, estados, municípios e sociedade civil, utilizando instrumentos como planos de bacia, outorga de uso e cobrança (Brasil, 2021).

No que se refere ao abastecimento rural e pequenas localidades, são comuns os sistemas de abastecimento simplificados, caracterizados por soluções de menor complexidade, uso de estruturas locais, desinfecção básica, custos reduzidos e necessidade de organização comunitária para operação e manutenção (Brasil, 2021). Esses sistemas dependem de mananciais superficiais e subterrâneos locais, o que torna essencial avaliar a disponibilidade hídrica e a qualidade da água antes da implantação (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2025).

Essa dependência também torna os sistemas vulneráveis à contaminação por esgoto doméstico, resíduos agrícolas e fontes pontuais de poluição, além de impactos da variabilidade climática, como secas e redução de vazões, cenário intensificado pelas mudanças climáticas (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2025). Por isso, medidas de proteção, monitoramento e planos de contingência são fundamentais para garantir a segurança hídrica.

Ao longo dos anos também foram desenvolvidas ferramentas e programas voltados para garantir o abastecimento dessas populações, e que estas possam usufruir de uma água com qualidade, algo primordial no gerenciamento da saúde pública. O Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) é uma ferramenta de coleta e divulgação de dados, atuando como um pilar fundamental. Ele permite que os gestores de saneamento, incluindo os de cidades do interior, analisem indicadores de desempenho e comparem seus serviços com os de outras localidades, auxiliando na identificação de gargalos e na elaboração de planos estratégicos, como o Plano de Segurança da Água (PSA).

2.2 Plano de Segurança da Água (PSA): conceito e princípios

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) ajudam a garantir melhor qualidade de vida às populações, pois reduzem riscos de doenças e evitam a contaminação por agentes externos, especialmente quando há captação, tratamento e distribuição adequados (Fundação Nacional de Saúde, s.d.). A elaboração e

implementação desses sistemas dependem de algumas variáveis, como o tipo e a vulnerabilidade do manancial, a complexidade da infraestrutura de abastecimento, as características da água bruta e a capacidade operacional da operadora, sendo sua finalidade principal garantir continuamente a segurança da água para o consumo humano. Neste contexto, a Portaria GM/MS 888/2021 define as Soluções Alternativas Individuais (SAI) e as Soluções Alternativas Coletivas (SAC) da seguinte forma (2021, s/p.):

Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com apenas uma família, incluindo agregados familiares. Solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição.

A implementação de sistemas como as SAI e SAC, juntamente com o aprimoramento das práticas de abastecimento de água, manutenção de equipamentos e inspeção da qualidade, tem sido essencial para garantir a eficácia do saneamento básico no Brasil. Conforme a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2024, s/p.):

A implementação de indicadores operacionais, como a qualidade dos processos de tratamento de água e esgoto, é fundamental para monitorar e melhorar a eficiência dos serviços prestados, assegurando que a água distribuída atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos.

Segundo o Ministério da Saúde (2012, p. 9), “o Plano de Segurança da Água (PSA) utiliza ferramentas metodológicas de avaliação e gerenciamento de riscos à saúde, associadas aos sistemas de abastecimento de água, desde a captação até o consumidor”.

De acordo com Vieira (2010), o Plano de Segurança da Água é um instrumento de suma importância no cenário da saúde pública, sendo aplicado por meio de uma abordagem preventiva. É uma ferramenta que tem como objetivo principal garantir a segurança da água para consumo humano. Suas finalidades específicas incluem prevenir ou minimizar a contaminação dos mananciais de captação, eliminar a contaminação da água por meio de um processo de tratamento adequado, e prevenir a recontaminação no sistema de distribuição, como nos reservatórios e na rede (Organização Mundial da Saúde, 2017). Dessa forma, a

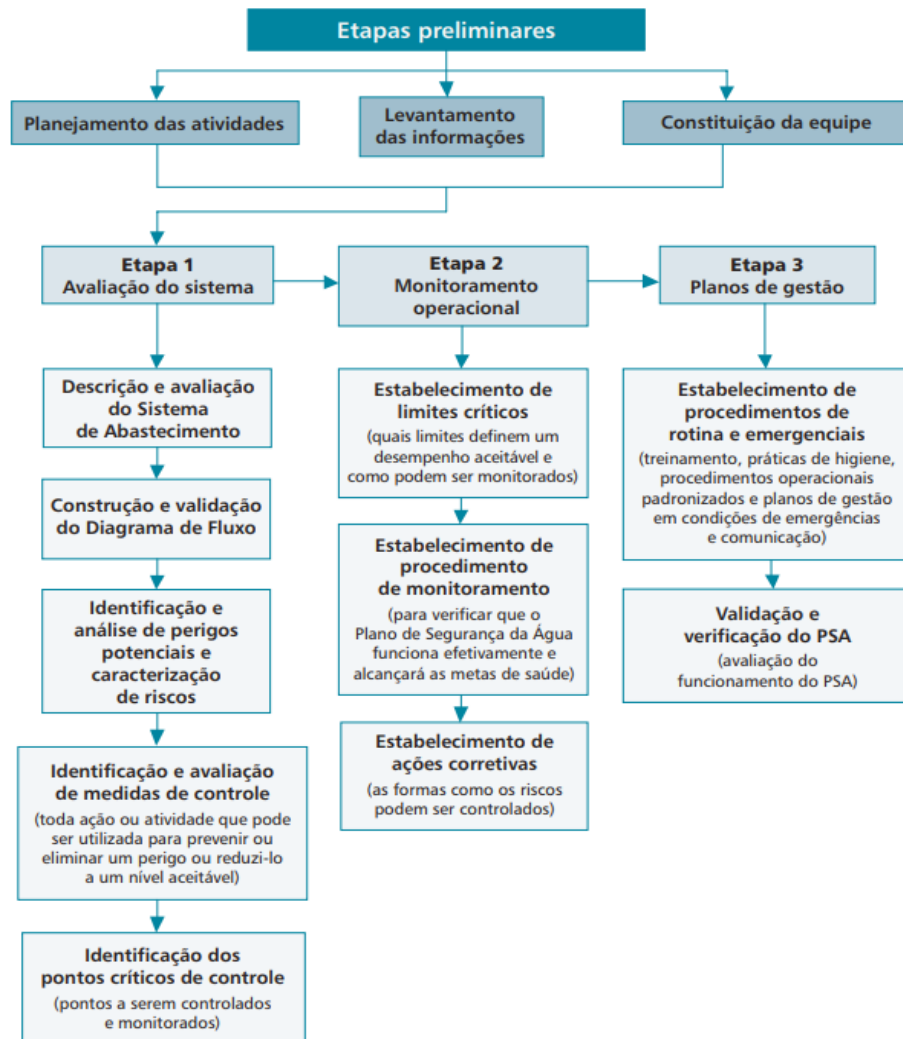
ferramenta ajuda os responsáveis pelo abastecimento de água na identificação e na priorização de perigos e riscos em sistemas e soluções alternativas de abastecimento, desde a fonte até o consumidor final.

A etapa inicial para a elaboração de um Plano de Segurança da Água consiste na constituição da equipe responsável pelo PSA, considerada fundamental para o êxito do processo. Essa equipe deve ser multidisciplinar, reunindo profissionais com conhecimentos complementares sobre o sistema de abastecimento, como operadores, técnicos em tratamento de água, responsáveis pela vigilância sanitária e gestores do serviço. Além disso, é recomendável incluir colaboradores que atuem diretamente na operação dos processos, pois detêm conhecimento prático e cotidiano sobre o funcionamento da rede. A formação da equipe envolve definir claramente papéis e responsabilidades, garantindo que cada membro compreenda suas atribuições na identificação de perigos, avaliação de riscos, implementação de medidas de controle e comunicação de resultados. Uma equipe bem estruturada assegura uma abordagem integrada e eficaz, propiciando decisões mais assertivas ao longo de toda a elaboração e aplicação do PSA.

O PSA se baseia em cinco módulos (Figura 1) que guiam a sua aplicação de forma completa: o primeiro consiste na caracterização do sistema de abastecimento; em seguida, vem a análise de riscos, que avalia perigos em cada etapa do processo; com base nisso, são estabelecidas medidas de controle em pontos estratégicos; o quarto módulo, de monitoramento e verificação, assegura que o plano está funcionando como planejado; por fim, o módulo de gestão e comunicação garante que a equipe e a população estejam informadas sobre as ações. Dessa forma, a aplicação do PSA contribui para a segurança hídrica e a saúde pública (Organização Mundial da Saúde, 2017).

A abordagem do PSA, ao focar na prevenção, marca uma mudança de paradigma na gestão da água e tem sido fundamental para a redução de surtos de doenças de veiculação hídrica em todo o mundo (Organização Mundial da Saúde, 2017), portanto, pode ser considerado um procedimento sistemático que busca prevenir e identificar potenciais riscos relacionados à qualidade da água utilizada no abastecimento de comunidades.

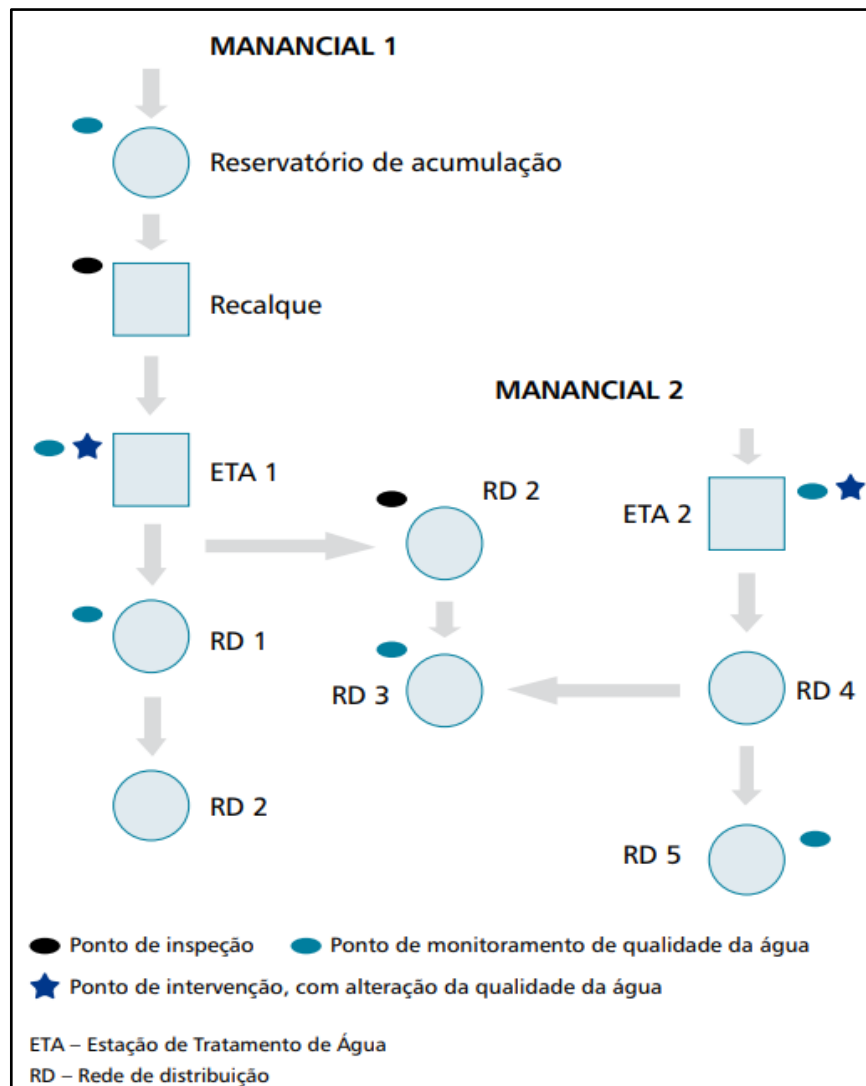
Figura 1 – Etapas para elaboração do Plano de Segurança da Água



Fonte: Brasil, 2012.

Para tal, a metodologia do PSA se utiliza de fluxogramas como uma ferramenta central. O fluxograma não é apenas uma representação visual (Figura 2), mas uma ferramenta analítica que detalha todas as etapas do sistema de abastecimento de água: desde a captação da água no manancial, passando pelo tratamento, pela reservação, até a distribuição ao consumidor. Essa etapa de mapeamento minucioso do sistema é crucial, pois permite que a equipe do PSA tenha uma compreensão completa e integrada de todo o processo.

Figura 2 – Exemplo de fluxograma de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Brasil, 2012.

Após a construção do fluxograma, também conhecido como diagrama de fluxo, é realizada uma análise de riscos em cada etapa que representa o sistema de abastecimento de água. Esse processo sistemático consiste em identificar perigos potenciais, avaliar a probabilidade de sua ocorrência e a severidade de suas consequências. Essa avaliação de riscos, por sua vez, permite o estabelecimento de medidas de controle em pontos estratégicos do sistema. Os pontos onde a aplicação de uma medida de controle é essencial para prevenir ou eliminar um risco significativo são definidos como pontos de controle críticos, garantindo que a segurança da água seja monitorada e mantida de forma contínua e eficaz.

Entretanto, é essencial realizar um monitoramento operacional contínuo que busca garantir metas e controlar riscos para que o PSA consiga alcançar bons resultados ao ser aplicado em um determinado local. Esse monitoramento envolve:

- Determinação de medidas de controle dos sistemas de abastecimento de água;
- Seleção de parâmetros de monitoramento;
- Estabelecimento de limites críticos;
- Estabelecimento de ações corretivas.

O Ministério da Saúde (2012) sugere que, após a etapa de monitoramento, seja implementada também a etapa de construção de planos de gestão, que auxiliam ao estabelecer procedimentos e validar o PSA por meio dos seguintes processos:

- Estabelecimento de ações em situações de rotina e emergenciais;
- Organização da documentação da avaliação do sistema;
- Estabelecimento de comunicação de risco;
- Validação e verificação periódica do PSA.

Esta validação e verificação são de extrema importância, para garantir que o plano está sendo executado de forma correta e determinar se todas as metas de saúde estão sendo alcançadas. Neste processo de verificação são realizadas auditorias periódicas com o objetivo de checar a eficácia da implementação e execução do PSA. Neste ponto é realizada a checagem dos seguintes fatores:

- Se todos os perigos e eventos perigosos têm sido identificados;
- Se medidas adequadas de controle têm sido implementadas;
- Se os procedimentos de monitoramento operacional têm sido estabelecidos;
- Se os limites críticos têm sido definidos;
- Se as ações corretivas têm sido identificadas;
- Se os procedimentos de gerenciamento têm sido estabelecidos.

2.3 Plano de Segurança da Água no Brasil

A partir da análise da literatura, há um consenso de que a implementação do PSA se configura como uma abordagem preventiva mais eficaz do que a simples

fiscalização da qualidade da água ao final do processo. O alicerce para essa mudança de paradigma é o marco legal brasileiro, consolidado pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabeleceu um novo padrão de potabilidade e, pela primeira vez, tornou a elaboração do PSA um instrumento fundamental para os sistemas de abastecimento.

Para suprir a necessidade de um guia técnico, a ABNT publicou a NBR 17080:2022 que fornece diretrizes e princípios para a elaboração e implementação do PSA, servindo como uma ferramenta essencial para traduzir as exigências legais em ações práticas (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022).

Essa abordagem proativa está intrinsecamente ligada ao conceito de segurança hídrica, que vai além da simples potabilidade. A segurança hídrica engloba a garantia de que a população tenha acesso contínuo e seguro à água em quantidade e qualidade adequadas para a saúde, o bem-estar e o desenvolvimento socioeconômico, bem como a resiliência dos sistemas a eventos extremos, como secas e enchentes (Organização das Nações Unidas, 2013). Nesse sentido, o PSA representa a principal ferramenta de gestão para alcançar essa segurança, pois opera na prevenção de riscos sistêmicos, e não apenas na mitigação de problemas pontuais.

No entanto, a implementação do PSA ainda enfrenta desafios, principalmente em áreas rurais. Nesses locais, questões como infraestrutura limitada, falta de mão de obra especializada e gestão comunitária dificultam a adoção integral do plano. Dados do Instituto Trata Brasil (2023) reforçam essa realidade, apontando que os municípios de pequeno porte enfrentam maiores dificuldades de investimento e são os que mais sofrem com a ineficiência dos serviços de saneamento básico.

Segundo Corrêa e Ventura (2021, p. 370), “a adoção do PSA em comunidades rurais demanda a simplificação de etapas e o envolvimento direto da população local na identificação de riscos e na elaboração de medidas preventivas”, o que reforça a necessidade de abordagens participativas e adaptáveis. A sustentabilidade dos Planos de Segurança da Água em contextos de comunidades rurais é fortalecida por meio de tecnologias sociais que promovem a participação e a autonomia dos moradores, transformando-os em agentes-chave na solução de seus próprios problemas de saneamento (Berni de Marque *et al.*, 2022).

2.4 Lacunas de pesquisa

Ainda segundo Vieira (2010), um PSA se caracteriza pelas seguintes etapas: caracterização do sistema de abastecimento, identificação de perigos e avaliação de potenciais riscos, estabelecimento de medidas preventivas e de controle, realização de um monitoramento contínuo, verificação e acompanhamento das ações e uma gestão de comunicação entre todos os envolvidos no processo. Essas etapas podem ser adaptadas de acordo com a área de estudo e implementação de cada PSA, como realizado por Ventura et al. (2019) na Estação de Tratamento de Água do Guaraú, em São Paulo, que demonstrou a aplicação de metodologias específicas para a caracterização de perigos e avaliação de riscos.

Embora o PSA seja reconhecido como uma estratégia superior, a pesquisa atual demonstra uma escassez de estudos que abordem sua adaptação e viabilidade metodológica em realidades específicas, a exemplo de municípios de menor porte ou comunidades rurais. Essa escassez se manifesta em dois níveis: na limitação de publicações acadêmicas sobre modelos simplificados e economicamente viáveis para o contexto rural ou de pequeno porte (Brasil, 2012; Ventura *et al.*, 2024), e na baixa quantificação oficial da implementação plena do PSA em nível nacional. Os estudos e relatórios sobre a gestão de risco hídrico tendem a se concentrar em grandes sistemas de abastecimento, que possuem maior capacidade técnica e financeira (ANA, 2021).

Em contrapartida, os municípios de menor porte, que frequentemente são apoiados pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) para desenvolvimento de projetos de saneamento básico (FUNASA, 2025), continuam a ser o principal gargalo para a aplicação da metodologia preventiva do PSA. Nesses locais, a limitação de recursos financeiros, a falta de mão de obra especializada e a complexidade na gestão comunitária se apresentam como desafios distintos dos cenários urbanos de larga escala, onde a maioria dos estudos de caso foi realizada. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021) reforça a necessidade de que políticas públicas de saneamento direcionadas a pequenos municípios considerem a capacidade técnica e a sustentabilidade econômica local, oferecendo suporte técnico e regulatório adequado. Essa lacuna impede que os conhecimentos teóricos sejam plenamente aplicados em contextos que, paradoxalmente, são os mais vulneráveis.

Dessa forma, com base na análise dos desafios e das lacunas identificadas na literatura, a presente pesquisa propõe a elaboração de um PSA adaptado às particularidades de um município de pequeno porte como Pitangueiras, que de acordo com a Política Nacional de Assistência Social (PNAS, 2004), se enquadra na categoria de município pequeno porte, cuja população é de até 20.000 habitantes. Portanto, o objetivo é demonstrar a viabilidade de sua implementação em contextos com recursos limitados e complexidade operacional, servindo como um modelo prático para futuras investigações e para a gestão da segurança hídrica em cidades que enfrentam desafios similares a Pitangueiras.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

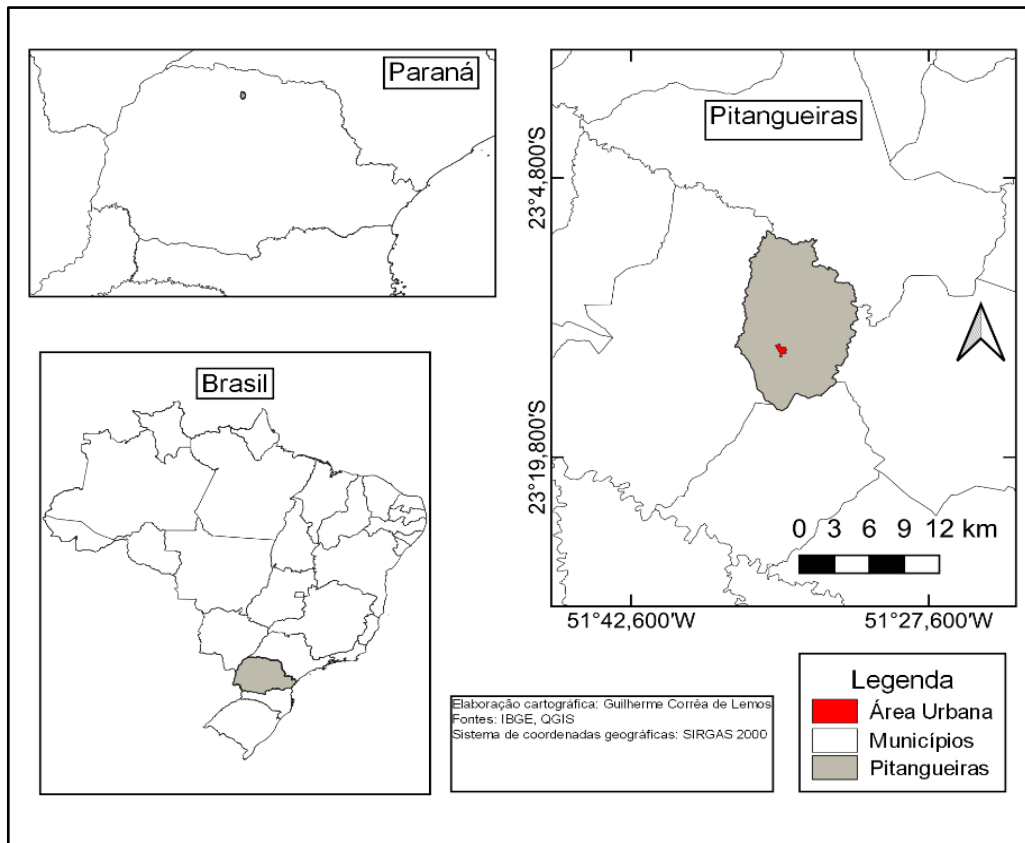
3.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido para o município de Pitangueiras, no estado do Paraná e os procedimentos de análise e interpretação dos dados foram realizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão.

O município de Pitangueiras está localizado na Região Sul do Brasil, no estado do Paraná (Figura 3), integrando a Região Geográfica Imediata de Arapongas e a Região Geográfica Intermediária de Londrina, conforme as divisões territoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Possui área territorial de 123.229 km², segundo o IBGE (2024), e apresenta densidade demográfica estimada em 24,72 habitantes por quilômetro quadrado. De acordo com estimativas populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024), o município possui 3.121 habitantes. Ainda segundo o Censo Demográfico de 2022, a população urbana contava com 2.632 habitantes, enquanto a população rural era de 414 habitantes.

O uso e a ocupação do solo são importantes indicadores da qualidade da água, pois influenciam diretamente os processos de infiltração, escoamento superficial e a presença de poluentes nos corpos hídricos. Com este pressuposto, mapas de uso e ocupação do solo são primordiais para analisar a situação de uma área, visto que a disposição desses espaços e como eles são utilizados pode influenciar diretamente o manancial onde é realizada a captação. Para a obtenção destes dados, a coleta foi realizada por meio da plataforma MapBiomas, utilizando a Coleção 9, que é a mais recente disponível e se refere ao ano de 2023.

Figura 3 – Croqui de localização do município de Pitangueiras-PR



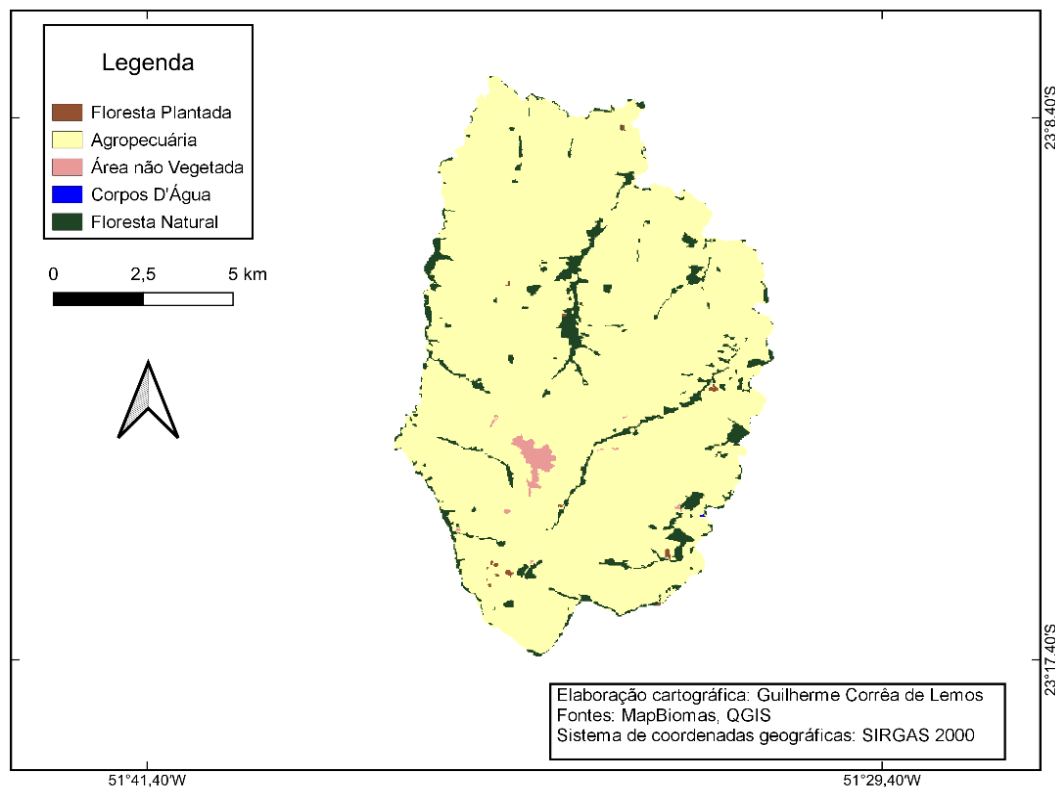
Fonte: Autoria própria, 2025.

Com base na imagem de Uso e ocupação do solo (Figura 4), foi possível visualizar que a maior parte do território do município de Pitangueiras é destinada à agropecuária. Essa predominância do uso agrícola reflete a vocação econômica da região e, ao mesmo tempo, destaca a necessidade de atenção especial às práticas de manejo do solo. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as culturas mais cultivadas em 2023, em ordem decrescente, foram: milho, soja, cana-de-açúcar, trigo e mandioca. As criações também se destacaram, com maior número de galináceos, seguidos por suínos e bovinos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023). A área não vegetada, por sua vez, corresponde basicamente à área urbana do município, concentrando a infraestrutura e a densidade populacional.

O município de Pitangueiras, no estado do Paraná, está inserido na bacia hidrográfica do Rio Pirapó, pertencente à sub-bacia do Rio Paranapanema e integrada à Região Hidrográfica do Paraná, conforme informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e Recursos Hídricos (Sanbas; ANA,

2020). Entre seus principais cursos d'água encontram-se o Rio Bandeirantes do Norte, o Ribeirão das Dríades e o Ribeirão das Pitangueiras, que estruturam a drenagem local e direcionam o escoamento para o sistema Pirapó–Paranapanema, influenciando diretamente o abastecimento público, a dinâmica hídrica e o planejamento ambiental municipal (Sanbas; ANA, 2020).

Figura 4 – Uso e ocupação do solo de Pitangueiras-PR no ano de 2023



Fonte: Autoria própria, 2025.

O mapeamento também identificou uma pequena área de floresta plantada ao sul da área urbana, que pode representar um fator positivo para o controle do escoamento superficial e a proteção do solo, mas que é insuficiente para compensar a predominância do uso agropecuário.

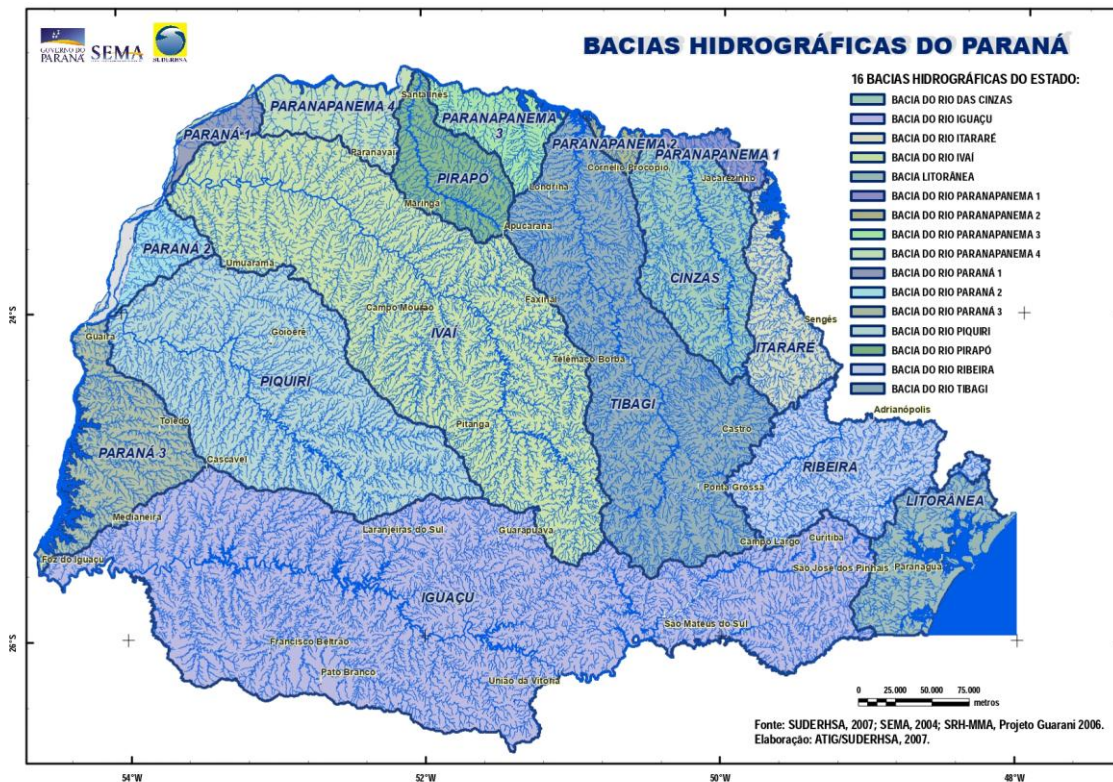
Outro fator que pode ser considerado dentre aqueles que influenciam no município é o clima do local, algo a ser analisado de acordo com a classificação climática proposta por Wilhelm Köppen. Essa classificação tem como objetivo categorizar os climas do planeta com base em variáveis como temperatura e precipitação (Alvares *et al.*, 2014). Por meio dela podemos organizar os climas em cinco grupos principais: A (tropical), B (seco), C (temperado), D (continental) e E

(polar). Essa categorização é fundamentada em critérios como temperatura média, distribuição sazonal das chuvas e duração das estações secas. Essa estrutura facilita a análise das condições climáticas, contribuindo para a compreensão da vegetação, da agricultura e do planejamento urbano em diferentes regiões.

Segundo o Atlas Climático do Estado do Paraná (2019), no estado há o predomínio de duas classes climáticas, sendo que o município de Pitangueiras se encontra onde há uma dominância da classe Cfa. De acordo com a classificação de Köppen, a sigla Cfa é caracterizada como um clima mesotérmico (C), sempre úmido e sem uma estação seca definida (f), e com verões quentes (a).

O estado do Paraná está subdividido por 16 bacias hidrográficas (Figura 5), sendo que o município de Pitangueiras faz parte da Bacia Hidrográfica do rio Pirapó, localizada no Terceiro Planalto Paranaense estendendo-se pelas mesorregiões geográficas Norte Central e Noroeste do estado (Rigon e Passos, 2014). A bacia é considerada um manancial de suma importância para a região, sendo o principal corpo hídrico responsável pelo abastecimento de grandes centros urbanos, como Maringá (Gonçalves et al., 2019).

Figura 5 – Bacias Hidrográficas do Paraná



Fonte: Instituto Água e Terra, 2020.

Geologicamente, a Bacia do Rio Pirapó se estabelece sobre uma combinação de formações, destacando-se a Formação Serra Geral (rochas basálticas, que originam os férteis solos de "terra roxa") e o Arenito Caiuá (solos mais arenosos). A ocupação da bacia se deu a partir da primeira metade do século XX, sendo profundamente marcada pelo modelo de colonização privada e pela expansão da cultura cafeeira (Rigon e Passos, 2014). A nascente do seu rio principal, o Rio Pirapó, se encontra na região da alta bacia, especificamente no município de Apucarana (Gonçalves *et al.*, 2019).

Para ter um processo mais controlado e detalhado das informações e das ocorrências, as bacias hidrográficas do Paraná foram divididas em unidades hidrográficas. De acordo com a Resolução nº 49 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/PR), de 20 de dezembro de 2006, o estado do Paraná está dividido em 12 Unidades Hidrográficas, sendo que Pitangueiras se encontra localizada na Unidade Hidrográfica Pirapó/Paranapanema, conforme estabelecido pelo Instituto Ambiental do Paraná (Instituto Água e Terra, 2006).

Pitangueiras está inserido no contexto geológico da Bacia do Paraná, onde o Terceiro Planalto Paranaense é predominantemente constituído pelas rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral, recobrimo sedimentos mais antigos. Este arranjo favorece uma geomorfologia de planalto e contribui para a estrutura litológica regional (IAT, 2020; IAT, 2022). Quanto a pedologia da região noroeste do Paraná, a qual Pitangueiras pertence, temos que os solos mais representativos são os Latossolos e os Nitossolos vermelhos, com participação de Argissolos e Neossolos em áreas de relevo mais ondulado ou superficiais (EMBRAPA/IAT, 2009; IAT, 2020). Quanto as águas subterrâneas da região, temos que o IAT classifica de acordo com unidades aquíferas, e município de Pitangueiras se encontra em uma área composta por duas dessas unidades, sendo a Formação Serra Geral Norte (Derrames Basálticos da Formação Serra Geral a Norte da Área da Bacia do Iguaçu) e a Formação Caiuá (Arenito da Formação Caiuá) (IAT, 2008).

Sendo assim, a implementação de um Plano de Segurança da Água (PSA) é precedida por etapas preliminares cruciais para avaliar a real necessidade do plano na área de estudo e diagnosticar a situação atual do sistema de abastecimento. Uma das ferramentas empregadas nessa fase inicial é o Índice de Segurança Hídrica (ISH).

Concebido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no contexto do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), o ISH visa apresentar de maneira simplificada e objetiva as questões relacionadas à segurança hídrica, considerando os riscos associados aos diversos usos da água. Nesse sentido, um ISH baixo ou em declínio em uma região constitui um importante indicativo de vulnerabilidade e riscos para o abastecimento de água local, o que justifica a implementação de um PSA com foco na priorização da segurança da água potável para essa população.

No caso do município de Pitangueiras, que se insere na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, os estudos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021) e do Instituto Água e Terra (2022) indicam que a região apresenta níveis moderados de segurança hídrica, com índices variando entre 0,45 e 0,60 em escala de 0 a 1. Esses valores refletem condições de segurança humana e econômica intermediárias, mas vulnerabilidade ecossistêmica e de resiliência elevadas, principalmente devido à pressão sobre os recursos hídricos superficiais, intensa atividade agrícola e crescimento urbano desordenado nas áreas de recarga do aquífero Caiuá. Assim, embora o abastecimento público ainda seja considerado estável, ainda há tendência de redução na disponibilidade hídrica em períodos de estiagem, reforçando a necessidade de um Plano de Segurança da Água para o município.

3.2 Procedimentos Metodológicos

3.2.1 Levantamento de dados

O estudo foi fundamentado na ABNT NBR 17080:2023, que orienta a elaboração e aplicação de PSA, visando garantir a segurança hídrica em sistemas de abastecimento e sistemas alternativos coletivos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022). A metodologia do presente trabalho seguiu os cinco módulos do PSA, conforme estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), com adaptações voltadas para o contexto específico de um município de pequeno porte.

A constituição da equipe responsável pelo PSA foi realizada anteriormente ao início deste trabalho, portanto, esta etapa já havia sido realizada. A primeira etapa

do trabalho consistiu em um levantamento prévio de dados sobre o funcionamento do sistema de abastecimento de água do município de Pitangueiras, realizada por meio de questionário on-line (Apêndice I) respondido pelos responsáveis técnicos do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município. Para complementar a coleta de dados, foi realizada uma visita a campo com o objetivo de verificar a condição física das instalações, equipamentos e da rede de distribuição, além de coleta de dados sobre a rede, e fotografias dos locais. Em paralelo, foram conduzidas entrevistas com os responsáveis técnicos e operacionais do SAAE, buscando obter informações sobre os fluxos, as rotinas operacionais e as práticas de manutenção, o que permitiu a identificação de pontos críticos sob a perspectiva de quem opera o sistema diariamente.

Essa visita, aliada a coleta de dados, permitiu certa caracterização do sistema de abastecimento, incluindo a área de contribuição do manancial de captação, e serviu de base para as etapas subsequentes de análise de riscos do PSA.

3.2.2 Elaboração do diagrama de fluxo

Com base nas informações coletadas na etapa anterior, foi construído um fluxograma técnico detalhado que representou minuciosamente todas as etapas do sistema de abastecimento, desde a captação no manancial até o ponto de consumo. Este fluxograma não serviu apenas como uma representação visual, mas como uma ferramenta de diagnóstico, permitindo certa compreensão de todos os processos envolvidos na captação, tratamento e distribuição da água.

Para identificar as vulnerabilidades, as potenciais falhas e os perigos em cada ponto do fluxograma, foram identificados os pontos de risco e posteriormente esses riscos recebem uma classificação, conforme apresentado na seção 3.2.3 a seguir.

A partir dessa hierarquização, foi possível direcionar o foco para os riscos mais significativos, que demandam atenção imediata. Essa etapa foi essencial para a definição de pontos de controle crítico, onde as medidas de controle foram estabelecidas de forma precisa e foram consideradas indispensáveis para garantir a segurança e a potabilidade da água distribuída à população, em conformidade com as diretrizes do PSA.

3.2.3 Análise e identificação de perigos e riscos

Uma análise detalhada da infraestrutura e operação do sistema de abastecimento foi realizada, com base em relatórios técnicos disponíveis no SAAE, séries históricas de dados, observações feitas durante a visita a campo, além de entrevistas com os responsáveis e funcionários, o que permitiu diagnosticar o SAA e verificar as medidas de controle já existentes e avaliar a eficácia delas na garantia da qualidade da água.

A identificação dos perigos e riscos concentrou-se na análise de riscos biológicos, químicos, físicos e operacionais em cada etapa do sistema de abastecimento. Essa avaliação foi conduzida com base nas diretrizes da NBR 17080:2022 e nos requisitos legais estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, considerando as condições observadas em campo e as informações operacionais fornecidas pelo serviço de abastecimento. Foram analisados aspectos como a proteção da captação, o armazenamento e manuseio de produtos químicos, a integridade das unidades de tratamento e a qualidade da água distribuída, permitindo identificar os principais pontos críticos e potenciais fontes de contaminação ao longo do sistema.

Após a identificação, temos a classificação desses riscos de acordo com suas características. Todas as escalas de frequência e ocorrência, níveis e ordem de prioridade dos riscos, foram determinados de acordo com Ministério de Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (Brasil, 2017). Com isso foi possível mensurar a frequência e a intensidade, já que, esta matriz consiste em uma tabela baseada nestas duas variáveis. Esta matriz permite verificar o quão frequente é e qual o grau de severidade destes riscos. Para realizar essa análise, as duas variáveis foram separadas em níveis, de acordo com sua ocorrência (Quadro 1) e sua intensidade (Quadro 2), sendo que cada nível possui seu peso equivalente que varia entre 1 a 5. A frequência foi subdividida nos seguintes níveis: Raro (1), Improvável (2), Possível (3), Provável (4) e Quase Certo (5), enquanto que a escala de intensidade foi subdividida da seguinte maneira: Muito Baixo (1), Baixo (2), Médio (3), Alto (4) e Extremo (5).

Quadro 1 – Escala de Avaliação da Frequência de Ocorrência dos Perigos

Frequência	Peso	Caracterização
Raro	1	O evento pode ocorrer apenas em circunstâncias muito excepcionais
Improvável	2	O evento pode ocorrer em algum momento, mas é improvável
Possível	3	O evento provavelmente ocorrerá em algumas circunstâncias
Provável	4	O evento provavelmente ocorrerá na maioria das circunstâncias
Quase Certo	5	É esperado que o evento ocorrerá na maioria das circunstâncias

Fonte: Adaptado de Brasil, 2017.

Quadro 2 – Escala de Classificação da Intensidade (Gravidade) dos Perigos

Intensidade	Peso	Caracterização
Muito Baixo	1	Não há impacto na saúde pública dano material mínimo ou interrupção do serviço.
Baixo	2	Impacto localizado e de fácil reversão, sem risco à saúde da população.
Médio	3	Impacto significativo, porém, controlável, podendo haver um pequeno número de casos de doença de veiculação hídrica.
Alto	4	Impacto severo e risco imediato à saúde da população, havendo necessidade de alerta público.
Extremo	5	Impacto catastrófico com surto de doença em massa, sendo necessária interrupção generalizada do abastecimento.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2017.

A definição dos limites aceitáveis para estes riscos foi dividida com o auxílio da escala de cores e de valores (Quadro 3). A divisão destes limites foi realizada em 3 categorias, baseada nos resultados obtidos ao cruzar os dados de frequência (Quadro 1) com os dados de intensidade (Quadro 2), com cada categoria apresentando suas respectivas ações a serem tomadas.

Quadro 3 – Matriz de risco: classificação da prioridade de intervenção

Frequência de ocorrência	Intensidade da ocorrência				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Extremo
Quase Certo	5	10	15	20	25
Provável	4	8	12	16	20
Possível	3	6	9	12	15
Provável	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

Fonte: Adaptado de Brasil, 2017.

Para o planejamento das medidas de controle relacionadas às ações recomendadas, adotou-se a metodologia de tolerância de risco que permite realizar a priorização desses riscos. Nessa abordagem, as medidas foram agrupadas de acordo com seu nível de tolerância, categorizadas em: aceitável, não aceitável e não tolerável (Quadro 4).

Quadro 4 – Níveis de risco e definição da aceitabilidade/tolerabilidade para o PSA

Classificação	Definição	Status	Ações recomendadas
Aceitável	≤ 5	Verde	Requer apenas uma intervenção de rotina
Não aceitável	$5 < X < 15$	Amarelo	Requer monitoramento periódico
Não tolerável	$15 \leq X$	Vermelho	Requer monitoramento constante

Fonte: Adaptado de Brasil, 2017.

A ferramenta 5W2H é uma metodologia de planejamento e gestão da qualidade, amplamente utilizada para estruturar e detalhar planos de ação (FIA, 2025; SEBRAE, 2017). O nome é um acrônimo derivado de sete perguntas essenciais que, ao serem respondidas de forma clara e objetiva — What (O quê?), Why (Por quê?), Where (Onde?), When (Quando?), Who (Quem?), How (Como?) e How Much (Quanto custará?) —, transformam a estratégia em um plano operacional prático, definindo responsabilidades, prazos e custos, o que confere clareza e eficiência na execução (SEBRAE, 2017). Neste contexto, a ferramenta 5W2H foi utilizada para estruturar as ações de forma detalhada para cada um dos grupos

(Souza 2023), garantindo que cada medida proposta tivesse objetivos claros, responsáveis e prazos definidos. O modelo foi aplicado com adaptações, a fim de se adequar às especificidades do PSA e subsidiar a implementação eficaz das ações de mitigação de riscos identificadas na matriz (Quadro 5).

Quadro 5 – Modelo de plano de ação para mitigação de riscos

Etapa do sistema	Evento perigoso (Por quê?)	Onde	Medida de controle (O que?)	Limite crítico	Quando?	Quem?

Fonte: Souza, 2023.

3.2.4 Definição dos limites críticos

A proposta teórica contemplou a definição de limites críticos para os pontos de controle a serem identificados no sistema, com base em parâmetros técnicos e operacionais cruciais. A seleção desses parâmetros, como pH, cloro residual, turbidez e vazão, foi realizada em estrita conformidade com a legislação vigente, em especial a Portaria GM/MS nº 888/2021.

Esses limites foram definidos para servir como um claro referencial de qualidade, indicando a linha entre a operação segura e a necessidade de intervenção imediata. Por exemplo, a sugestão de limites mínimos e máximos para o cloro residual visou garantir a eficácia da desinfecção e prevenir a recontaminação da água na rede de distribuição. Da mesma forma, os limites para turbidez e pH foram estabelecidos para assegurar que as condições de potabilidade fossem mantidas, orientando a equipe a realizar ações corretivas ágeis, antes que a qualidade da água fosse comprometida.

3.2.5 Encaminhamento da proposta

A proposta do PSA gerada a partir deste trabalho será encaminhada à Prefeitura Municipal de Pitangueiras, com o objetivo de subsidiar futuras ações de planejamento, gestão e melhoria contínua da qualidade da água distribuída à população. O objetivo do encaminhamento é o de fornecer um roteiro prático para a

gestão municipal, permitindo que o poder público e o serviço autônomo de saneamento possam adotar uma abordagem proativa, mitigando riscos antes que se tornem problemas e garantindo que o município atenda plenamente aos padrões de potabilidade da água definidos na legislação vigente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento de dados com o SAAE

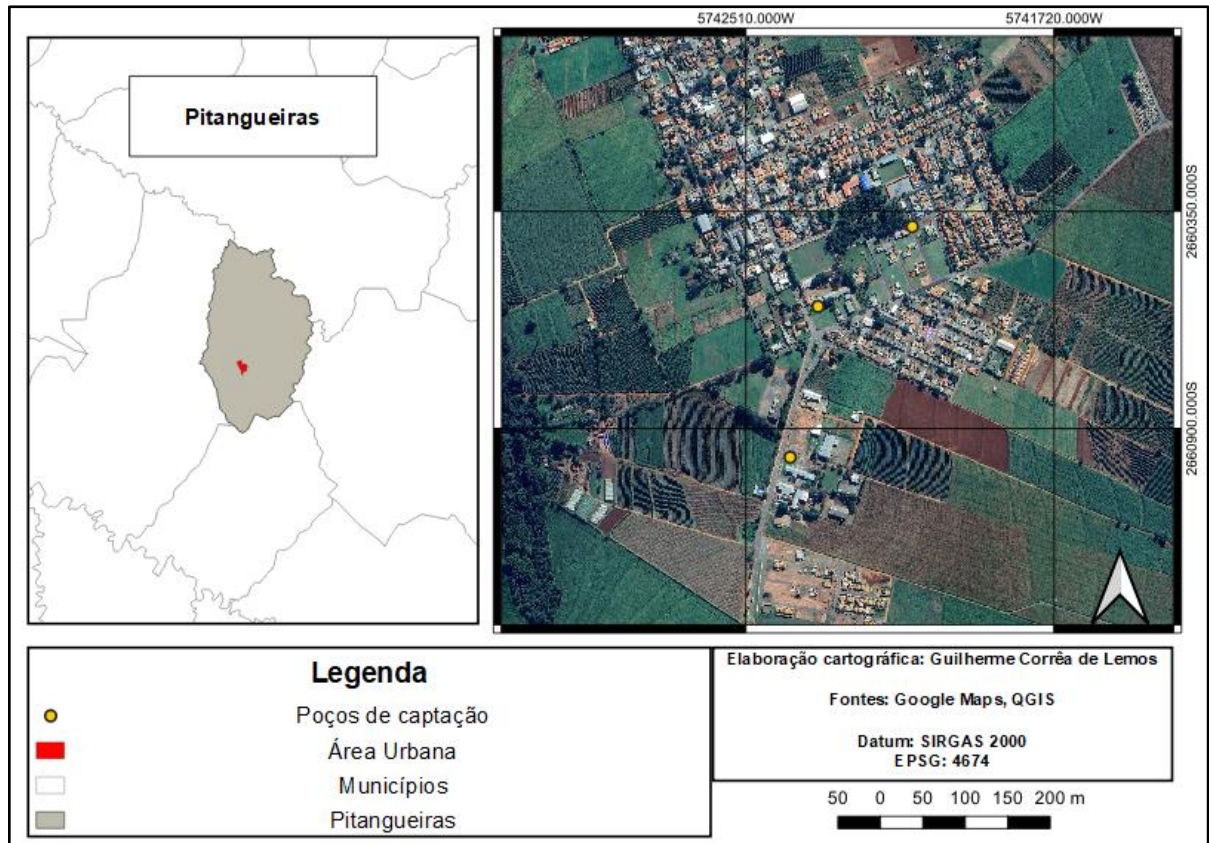
A coleta de dados foi iniciada por meio de um questionário online respondido pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Pitangueiras. Por meio deste questionário (Apêndice I) foi concluído que o SAAE é responsável pelo abastecimento da zona urbana, mais precisamente de 86,42% da população local, atendendo a 1.059 ligações que servem a consumidores residenciais, comerciais, públicos e agroindustriais.

A gestão do sistema de abastecimento urbano de água conta com uma equipe composta por seis funcionários próprios que trabalham diariamente no SAAE, três atuando na área administrativa e três na área operacional. Além disso, o sistema conta, mediante solicitação, com profissionais como o eletricista, o contador, o técnico de saneamento, a diarista e o prestador de serviço responsável pelos cortes. Essa composição evidencia o comprometimento institucional com a gestão de riscos e a garantia da qualidade da água fornecida à comunidade.

O manancial de abastecimento de Pitangueiras é composto por três poços tubulares profundos, com captação em aquífero subterrâneo (Aquífero Serra Geral), a uma profundidade média de 120 m, localizados na área de influência da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó (Figura 6).

A captação dos três poços é realizada por adução via bombeamento e, de modo geral, as estruturas não apresentaram danos estruturais que pudessem comprometer a qualidade da água de abastecimento. As inspeções realizadas revelaram a integridade dos revestimentos e tampões, a ausência de trincas ou infiltrações visíveis, e o bom funcionamento das bombas e conexões. Tais características garantem a proteção contra o acesso de águas superficiais contaminadas. A segurança das instalações é garantida por grades, portões com cadeados e acesso restrito. Além disso, as outorgas de captação não existiam, e atualmente se encontram em processo de liberação junto ao Instituto Água e Terra (IAT).

Figura 6 – Localização dos poços de captação de Pitangueiras



Fonte: Autoria própria

As vazões e características individuais de cada poço que compõe o manancial de abastecimento de Pitangueiras estão dispostas na Tabela 1.

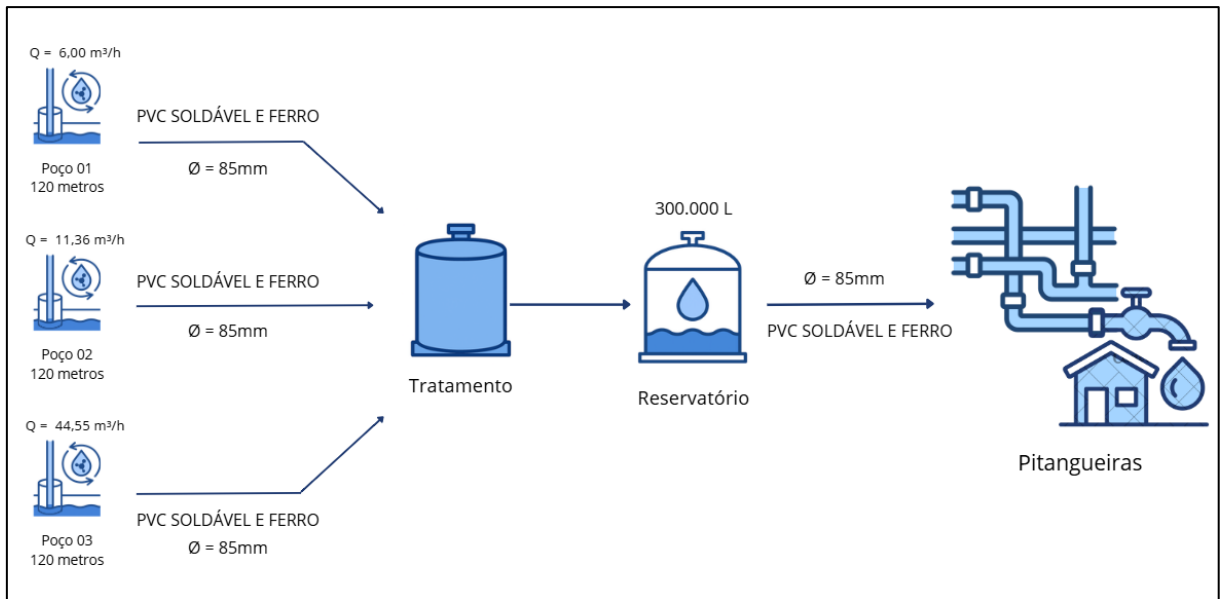
Tabela 1 – Características operacionais dos poços de captação

	Poço SAAE	Poço Bosque	Poço Parque Industrial
Vazão	6,00 m ³ /h	11,36 m ³ /h	44,55 m ³ /h
Altura manométrica	126 m	85 m	110 m

Fonte: Autoria própria, 2025.

A água captada pelos três poços é direcionada a um reservatório de alvenaria, onde ocorre o processo de tratamento. Nesse ponto, a água chega pela parte superior, é submetida à fluoretação e cloração e, posteriormente é bombeada até a casa de máquinas, de onde segue para a rede de distribuição que abastece a população, conforme apresentado no diagrama de fluxo representado esquematicamente pela Figura 7.

Figura 7 – Diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água de Pitangueiras



Fonte: Autoria própria, 2025

O tratamento é realizado por um profissional devidamente habilitado e os produtos químicos utilizados são armazenados em local protegido (Figura 8), de acordo com as normas de segurança vigentes. O fluossilicato de sódio (Na_2SiF_6) é adicionado para a fluoretação, prevenindo cáries dentárias na população. Além disso, uma solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), comumente denominada salmoura, desempenha um papel crucial nos processos de desinfecção. Ela é a matéria-prima utilizada na eletrólise do sal para gerar o hipoclorito de sódio (NaClO), garantindo um fornecimento contínuo e seguro do agente desinfetante primário. Em adição, a salmoura é também aplicada em processos auxiliares de tratamento, como a regeneração de resinas de troca iônica ou o ajuste de soluções químicas, visando o funcionamento eficiente do sistema.

Figura 8 – Vista parcial do local de armazenamento de produtos químicos



Fonte: Autoria própria, 2025.

O monitoramento da qualidade é realizado semanalmente pelos técnicos do SAAE, com pontos de coleta estratégicos na rede de distribuição, com análises de parâmetros físico-químicos (cloro, flúor, pH, cor e turbidez) e microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*). Os dados coletados são dispostos nas séries históricas.

O armazenamento da água tratada é feito em um único reservatório apoiado de 300.000 litros que, devido ao tempo de uso, apresentou rachaduras. A limpeza periódica é garantida por uma empresa terceirizada, e a segurança é reforçada por grades de proteção superior.

A rede de distribuição é composta por tubulações de ferro e PVC com diâmetro de 85 mm, que enfrentam desafios operacionais decorrentes do aumento de pressão, ocasionando o rompimento de canos mais antigos. O SAAE, no entanto, está substituindo gradualmente as tubulações danificadas para manter a integridade do sistema. O sistema de distribuição conta com macromedidores nas saídas dos poços e pontos de monitoramento de pressão e vazão no final de cada setor. O SAAE também possui instrumentos para medição de nível e qualidade da água, o que facilita na percepção de níveis críticos ou anomalias.

Enquanto isso, as comunidades rurais do município são atendidas por Soluções Alternativas Coletivas (SAC), administradas por suas próprias associações de moradores. Esses sistemas garantem o abastecimento independente das áreas rurais, sendo o fornecimento de água pelo SAAE realizado apenas em situações emergenciais, assegurando o atendimento em casos de interrupção ou falha nos sistemas alternativos.

4.2 Poço Sede SAAE

4.2.1 Descrição do Poço Sede SAAE

O sistema de abastecimento do Poço Sede, localizado na Avenida Central, nº 80, na região central do município de Pitangueiras (Figura 9), é composto por um manancial subterrâneo, cuja captação se dá por meio de um poço tubular com aproximadamente 120 metros de profundidade. O sistema integra o conjunto de poços operados pelo SAAE e é um dos responsáveis pelo abastecimento da área urbana. O sistema é composto pelas seguintes operações unitárias: captação, bombeamento, reservatório, tratamento e distribuição.

Figura 9 – Vista frontal das instalações do SAAE Pitangueiras – PR



Fonte: Autoria própria, 2025.

A captação ocorre diretamente por meio do poço tubular profundo, instalado dentro das dependências do SAAE, o que garante proteção física e controle de acesso. O entorno da captação apresenta boas condições sanitárias, e a área conta com grades de proteção superior e painel elétrico modernizado, contribuindo para uma operação segura e eficiente. A outorga de uso da água deste poço não existia e atualmente ainda se encontra em processo de liberação junto ao Instituto Água e Terra (IAT).

O sistema de bombeamento opera com nível dinâmico de 90 metros, sendo composto por bomba submersa e painel SSW07, que atua como soft starter (Figura 10). Esse dispositivo realiza a partida suave do motor da bomba, evitando picos de corrente e reduzindo desgastes mecânicos e elétricos, o que aumenta a confiabilidade e eficiência operacional do sistema. O conjunto de bombeamento, incluindo a casa de bombas, encontra-se em bom estado de conservação (Figura 11) e os técnicos afirmaram que não há registros de problemas técnicos.

Figura 10 – Vista frontal do dispositivo eletrônico utilizado no poço Sede SAAE



Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 11 – Condições de entorno do sistema de bombeamento do Poço Sede SAAE



Fonte: Autoria própria, 2025.

A adução e a rede de distribuição são constituídas por tubulações de ferro e PVC, com diâmetro de 85 mm. Em alguns trechos, o SAAE tem realizado gradualmente a substituição das tubulações antigas, devido ao desgaste e rachaduras provocadas por raízes de árvores. Na saída do poço, estão instalados macromedidores, que permitem o controle do volume produzido e o monitoramento operacional do sistema.

A reservação da água ocorre em um reservatório de alvenaria com capacidade de 300.000 litros, localizado dentro das instalações do SAAE (Figura 12). Embora classificadas como superficiais, as rachaduras existentes na estrutura, representam um ponto de vulnerabilidade que requer monitoramento constante, pois pode comprometer, em longo prazo, tanto a segurança estrutural quanto a potabilidade da água armazenada ao permitir a infiltração de contaminantes ou a perda da vedação. A limpeza e a manutenção preventiva do reservatório, visando mitigar esses riscos, são executadas por empresa terceirizada, garantindo o controle da qualidade da água.

Figura 12 – Vista frontal do reservatório de água tratada do SAAE de Pitangueiras



Fonte: SAAE, 2025.

O tratamento da água é realizado nesse mesmo ponto, consistindo na adição controlada de cloro e flúor, assegurando o atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Por fim, o sistema é protegido contra acessos não autorizados, vandalismo e contaminações externas por meio de cercamento das áreas de captação, portões com cadeado e tampões vedados nos poços. O monitoramento operacional é realizado regularmente pelo SAAE, incluindo inspeções visuais nas instalações, verificação do funcionamento das bombas e avaliação das condições sanitárias. A análise da qualidade da água é conduzida semanalmente em pontos estratégicos da rede de distribuição, contemplando parâmetros como turbidez, pH, cloro residual livre e coliformes totais, garantindo a segurança e continuidade do abastecimento público.

4.2.2 Qualidade da água do Poço SAAE

O SAAE de Pitangueiras é o responsável pelo monitoramento periódico da qualidade da água de abastecimento do município. Tanto as análises físico-químicas (cloro residual, flúor, pH, cor e turbidez) do Poço SAAE, quanto os parâmetros microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*) são monitorados mensalmente, garantindo o controle contínuo da potabilidade da água distribuída à população.

Como forma de avaliar a qualidade da água ao longo do sistema de abastecimento, o SAAE também utiliza, mensalmente, pontos de amostragem distribuídos pela cidade, como exemplo de alguns desses pontos tem-se a Escola Municipal e o Barracão Municipal, para o acompanhamento contínuo da qualidade da água na rede de distribuição. O objetivo dessas amostragens é verificar possíveis variações nos parâmetros de qualidade, identificar eventuais fontes de contaminação e confirmar a eficiência do tratamento realizado. Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 2 foram comparados com os valores de referência estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que define os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Tabela 2 – Resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Poço SAAE

	Garagem Municipal	Endereço residencial	Poço SAAE	Padrões potabilidade (Portaria GM/MS nº 888/2021)
pH	7,78	7,41	8,35	Entre 6 e 9
Cloro residual	0,76	0,79	-	Entre 0,2 e 5
Cor aparente	3	1	2,8	15
Flúor	0,30	0,60	-	Entre 0,6 e 0,8
Turbidez	0,06	0,08	0,27	5
Coliformes totais	Ausente	Ausente	Positivo	Ausência em 100 ml
<i>E. coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência em 100 ml

Fonte: Autoria própria, 2025.

De acordo com os dados disponibilizados pelo SAAE, foi possível ter acesso ao histórico de análises de qualidade da água, apresentados na Tabela 2, o que

permitiu avaliar a conformidade dos resultados com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que nas amostras coletadas em outubro de 2025 tanto o ponto localizado em um endereço residencial quanto o da Garagem Municipal apresentaram conformidade em todos os parâmetros analisados (pH, cloro residual, cor aparente, flúor, turbidez e ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*), atendendo aos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Em contrapartida, a amostra de água bruta proveniente do Poço SAAE, apresentou resultado positivo para coliformes totais, indicando possível contaminação microbiológica antes do processo de tratamento. Além disso, os registros de 30 de abril de 2025 revelaram valor de pH igual a 8,92, próximo ao limite máximo permitido de 9,0, conforme o padrão de potabilidade. Embora esses resultados não representem inconformidades diretas, ressaltam a importância do monitoramento contínuo das águas subterrâneas e da avaliação periódica das condições de captação, de modo a garantir a estabilidade química e microbiológica do sistema de abastecimento.

4.2.3 Análise de riscos do Poço Sede SAAE

Foi realizado o levantamento dos potenciais riscos e eventos perigosos relacionados ao Poço Sede SAAE, com o objetivo de identificar e caracterizar as vulnerabilidades associadas à captação subterrânea.

O Poço Sede SAAE, localizado dentro das instalações do escritório do SAAE e próximo a áreas residenciais, apresenta estrutura física adequada, com vedação em bom estado, abrigo para os produtos químicos e manutenção diária das bombas, painéis elétricos e verificação do nível de água e do cloro residual. Entretanto, as análises laboratoriais recentes indicaram presença de coliformes totais na água bruta, o que aponta para um risco potencial de contaminação microbiológica e reforça a importância do controle sanitário da área de captação, mesmo que o entorno do local seja sem obstruções visíveis, é importante levar isso em consideração.

Entre os principais riscos identificados, destaca-se a proximidade de um posto de combustível, situado a aproximadamente 130 metros, classificado como não

tolerável devido ao potencial de contaminação por hidrocarbonetos. Outros riscos classificados como não aceitáveis incluem a contaminação microbiológica, danos estruturais, falhas ou manutenção inadequada dos equipamentos, contaminação por resíduos internos e eventos naturais.

Como medidas de mitigação, recomenda-se o reforço das barreiras físicas de proteção ao redor do poço, a realização periódica de análises para detecção de hidrocarbonetos e coliformes, o monitoramento sistemático do nível freático e a execução de manutenção preventiva programada dos sistemas de bombeamento e vedação. Tais ações visam reduzir a vulnerabilidade do sistema e assegurar a qualidade e confiabilidade do abastecimento público.

Os resultados obtidos e as classificações de risco estão sintetizados no Quadro 6, que apresenta os potenciais riscos e eventos perigosos associados ao Poço Sede SAAE.

Quadro 6 – Matriz de identificação de perigos e avaliação de riscos do poço SAAE

Potencial risco	Causa/Origem	Probabilidade	Severidade	Nível de risco	Controles existentes	Quem realiza	Ações recomendadas
Contaminação por hidrocarbonetos	Proximidade do posto de combustível (130 metros); possível vazamento subterrâneo	3 - Possível	5 - Extremo	15	Vedação adequada do poço; inspeções de rotina; controle de qualidade da água	Equipe técnica do SAAE	Realizar análises periódicas de hidrocarbonetos; intensificar o monitoramento do lençol freático; instalar barreiras de contenção ou drenagem; manter contato constante com o órgão ambiental para verificação de passivos do poço
Danos estruturais	Desgaste natural da estrutura do poço e das instalações de vedação; vibração das bombas	2 - Improvável	3 - Médio	6	Vistoria técnica periódica; manutenção preventiva	Equipe técnica do SAAE	Implementar plano de manutenção civil anual; revisar estrutura de vedação; aplicar materiais impermeabilizantes; documentar inspeções com registros fotográficos
Falhas ou manutenção inadequada dos equipamentos	Falhas elétricas, mecânicas ou desgaste de bombas e painéis; ausência de calibração de instrumentos	3 - Possível	3 - Médio	9	Manutenção e inspeção diárias; acompanhamento técnico do SAAE	Equipe técnica do SAAE	Implantar cronograma formal de manutenção preventiva; capacitar operadores; realizar testes de funcionamento e substituição preventiva de componentes críticos
Contaminação por resíduos internos	Armazenamento inadequado de produtos químicos, resíduos sólidos ou vazamentos internos	2 - Improvável	3 - Médio	6	Abrigo e segregação adequada de produtos químicos; rotinas de limpeza	Equipe técnica do SAAE	Reforçar o controle de armazenamento e descarte de resíduos; revisar o sistema de contenção e ventilação; manter registros de limpeza e inspeção

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.3 Poço Bosque

4.3.1 Descrição do Poço Bosque

O Poço Bosque está localizado na Rua Vitório Serpolini, S/Nº, em uma área inteiramente residencial de Pitangueiras (Figura 13) com o seu abastecimento também sendo proveniente de um manancial subterrâneo acessado por um poço tubular com 120 metros de profundidade. Este manancial, composto pelas etapas de captação e bombeamento até a sede do SAAE, onde ocorre o tratamento, também é administrado pelo SAAE e faz parte do sistema de abastecimento de água de Pitangueiras.

Figura 13 – Vista frontal das instalações do poço Bosque



Fonte: Autoria própria, 2025.

A captação deste manancial ocorre por meio de um poço tubular profundo, instalado em local protegido, ao lado de uma praça e um pequeno bosque (Figura 14). No entorno das instalações há uma área vegetada, em sua grande maioria composta por espécies arbóreas de grande porte, que contribuem para a cobertura e proteção do local, mas também oferecem riscos por seus galhos e suas raízes. Nos arredores do local há uma área predominantemente residencial, o que reforça a

importância do controle e manutenção tanto da qualidade da água, quanto das instalações físicas, visto que para o sistema de esgotamento sanitário de Pitangueiras é utilizado fossas sépticas. As outorgas deste poço também eram inexistentes e se encontram em processo de liberação no IAT.

Figura 14 – Vista frontal do local de captação do poço Bosque



Fonte: Aatoria própria, 2025.

O seu sistema de bombeamento opera com nível dinâmico de aproximadamente 72 metros e apresenta uma vazão média de 11,36 m³/h. A adução e a rede de distribuição são compostas por tubulações de ferro e PVC, com diâmetro de 85 mm, semelhantes às utilizadas no Poço Sede SAAE. Todo o conjunto, incluindo bomba, cabeamento e abrigo, se encontra em bom estado de conservação, apresentando desempenho satisfatório nas operações de captação. O sistema conta apenas com um painel starter, responsável pelo acionamento do conjunto motobomba, também semelhante ao empregado no Poço Sede SAAE.

A água captada é conduzida in natura até a sede do SAAE, onde passa por tratamento e é armazenada no mesmo reservatório de 300.000 litros utilizado pelo

sistema do Poço SAAE. As análises de qualidade da água provenientes deste poço são realizadas mensalmente, assegurando o controle dos parâmetros de potabilidade exigidos pela legislação.

Embora não tenham sido observadas rachaduras, infiltrações ou danos estruturais, os responsáveis técnicos relataram ocorrências pontuais de interferência de raízes de árvores nas tubulações, o que exige monitoramento periódico e manutenção preventiva. O poço encontra-se devidamente cercado e sinalizado, localizado em área fechada e de acesso restrito, garantindo a proteção física das instalações e a segurança operacional do manancial (Figura 15).

Figura 15 – Vista dos arredores do Poço Bosque e suas instalações



Fonte: Google Street View, 2024.

4.3.2 Qualidade da água do Poço Bosque

No caso do Poço Bosque, o SAAE de Pitangueiras realiza análises mensais para o controle da qualidade da água captada, em conformidade com as diretrizes e padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. As coletas foram efetuadas diretamente no poço, antes do tratamento e em um ponto da rede de distribuição, neste caso, um endereço residencial, o que permite comparar a qualidade da água bruta com a tratada distribuída à população (Tabela 4).

Tabela 3 – Resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Poço Bosque

	Endereço residencial	Poço Bosque	Padrões potabilidade (Portaria GM/MS nº 888/2021)
pH	7,51	8,38	Entre 6 e 9
Cloro residual	0,76	-	Entre 0,2 e 5
Cor aparente	3	3,1	15
Flúor	0,60	-	Entre 0,6 e 0,8
Turbidez	0,08	0,3	5
Coliformes totais	Ausente	Ausente	Ausência em 100 ml
<i>E. coli</i>	Ausente	Ausente	Ausência em 100 ml

Fonte: Autoria própria, 2025.

As análises englobam parâmetros físico-químicos e microbiológicos, como pH, cloro residual, cor, flúor, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*. De acordo com os registros do SAAE, as amostras coletadas em 29 de outubro de 2025 apresentaram conformidade em todos os parâmetros avaliados, tanto na água bruta quanto na água tratada, sem detecção de coliformes totais ou *E. coli*.

No acompanhamento histórico, observou-se que, em abril de 2025, a água bruta apresentou valor de pH de 8,90, próximo ao limite máximo permitido (9,0), e que, em fevereiro do mesmo ano, houve aumento pontual na turbidez, normalizado no mês seguinte e mantido em níveis adequados nas coletas posteriores. Essas oscilações não configuram inconformidades, indicando estabilidade geral nos resultados de monitoramento.

De modo geral, a água proveniente do Poço Bosque demonstrou boa estabilidade química e microbiológica, com resultados consistentes e sem indícios de contaminação. Esses achados reforçam a eficácia das práticas operacionais e de vigilância adotadas pelo SAAE, essenciais para garantir a segurança e a confiabilidade do sistema de abastecimento público de Pitangueiras.

4.3.3 Análise de riscos do Poço Bosque

A avaliação dos potenciais riscos e eventos perigosos associados ao Poço Bosque (Quadro 7) demonstrou que todos os cenários identificados apresentam nível de risco classificado como não aceitável, exigindo acompanhamento contínuo e ações preventivas de gestão.

Os riscos de danos estruturais e falhas elétricas, embora controlados por rotinas de manutenção e inspeção diária, requerem atenção especial devido à possibilidade de impacto direto sobre a integridade física do sistema e a continuidade operacional. Já os riscos relacionados ao acúmulo de matéria orgânica e aos eventos naturais refletem as condições ambientais do entorno, caracterizado pela presença de vegetação densa e exposição a intempéries. Apesar disso, o poço mantém boas condições estruturais e operacionais, indicando que os riscos podem ser efetivamente mitigados por meio de medidas de planejamento preventivo, monitoramento ambiental do entorno e integração das ações de manutenção com estratégias de gestão de riscos, assegurando a confiabilidade e a segurança do sistema de captação.

Quadro 7 – Matriz de identificação de perigos e avaliação de riscos do Poço Bosque

Potencial risco	Causa/Origem	Probabilidade	Severidade	Nível de risco	Quem realiza	Controles existentes	Ações recomendadas
Danos estruturais	Crescimento de raízes de árvores próximas ao poço e ao abrigo, podendo causar fissuras, infiltrações ou deformações estruturais	3 - Possível	3 - Médio	9	Equipe técnica do SAAE	Estrutura com vedação adequada e inspeções diárias	Monitorar periodicamente o entorno para detecção de movimentação do solo e crescimento radicular; planejar manejo controlado da vegetação de médio e grande porte próxima ao poço
Contaminação por matéria orgânica superficial	Folhas, galhos e material vegetal proveniente do bosque e da praça adjacente	4 - Provável	2 - Baixo	8	Equipe técnica do SAAE	Proteção física e abrigo fechado, com área de entorno mantida limpa	Implementar plano de limpeza e manutenção preventiva do entorno, com registro periódico; reforçar drenagem para evitar acúmulo de material orgânico e umidade
Eventos naturais	Chuvas intensas, ventos fortes ou queda de árvores no entorno do bosque	2 - Improvável	4 - Alto	8	Equipe técnica do SAAE	Estrutura vedada e protegida contra intempéries	Elaborar plano de contingência para eventos climáticos extremos, com rotinas de inspeção pós-evento e comunicação com a Defesa Civil municipal
Falhas elétricas	Sobretensão, curto-circuito ou interrupções no fornecimento de energia que alimenta os sistemas de bombeamento e monitoramento	2 - Improvável	3 - Médio	6	Equipe técnica do SAAE	Painéis elétricos em bom estado e manutenção diária dos equipamentos	Estabelecer protocolo de verificação de alimentação elétrica, incluir no plano de manutenção preventiva e avaliar instalação de sistema de proteção contra surtos de tensão
Interrupção no bombeamento/envio à sede do SAAE	Falha elétrica ou mecânica	3 - Possível	3 - Médio	9	Equipe técnica do SAAE	Manutenção mensal e controle operacional	Criar plano de manutenção preventiva; verificar fiação e componentes elétricos regularmente

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.4 Poço Parque Industrial

4.4.1 Descrição do Poço Parque Industrial

O Poço Parque Industrial está localizado na Avenida Central, S/Nº, próximo à PR-547, em uma área predominantemente comercial do município de Pitangueiras. Seu entorno é composto por galpões que abrigam maquinário agrícola, depósitos, indústrias de costura e oficina mecânica, além de um campo situado nas proximidades da entrada da cidade. Este poço também integra o sistema de abastecimento de água administrado pelo SAAE, contribuindo com uma vazão de 44,55 m³/h, (Figura 16).

Figura 16 – Vista frontal das instalações do poço Parque Industrial



Fonte: Autoria própria, 2025.

A captação e o bombeamento seguem o mesmo padrão operacional dos demais poços que compõem o SAA de Pitangueiras, conduzindo a água in natura até a sede do SAAE, onde ocorre o tratamento e posterior distribuição para a população.

O sistema de bombeamento apresenta nível dinâmico de aproximadamente 51 metros e vazão média de 44,55 m³/h, sendo composto por tubulações de ferro e PVC de 85 mm de diâmetro, assim como os demais poços da rede. O acionamento do conjunto motobomba é realizado por meio de painel starter (Figura 17), instalado em área fechada e protegida.

Figura 17 – Vista lateral do painel starter do poço Parque Industrial



Fonte: Autoria própria, 2025

Toda a estrutura física encontra-se devidamente cercada por alambrado e conta com portão de acesso, garantindo segurança operacional e restrição à entrada de pessoas não autorizadas (Figura 18). Não foram observados riscos associados a interferências ambientais, como raízes, galhos ou processos erosivos e as instalações permanecem em boas condições de conservação, sem danos estruturais aparentes.

Figura 18 – Infraestruturas de cercamento e acesso do poço Parque Industrial



Fonte: Autoria própria, 2025.

As análises de qualidade da água deste manancial são realizadas mensalmente pelo SAAE, assegurando conformidade com os padrões de potabilidade vigentes na Portaria GM/MS nº 888/2021. A água tratada é armazenada no mesmo reservatório que atende os outros dois poços interligados ao sistema de abastecimento de água municipal. A outorga referente à operação deste poço era inexistente e encontra-se em processo de liberação junto ao IAT, assim como ocorre com os demais poços avaliados no presente estudo.

4.4.2 Qualidade da água do Poço Parque Industrial

No caso do Poço Parque Industrial, o SAAE de Pitangueiras também realiza monitoramento mensal da qualidade da água captada, conforme estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021. As coletas de água bruta foram efetuadas diretamente na saída do poço, antes do tratamento (Figura 19), e a coleta de água tratada para comparação, foi realizada em um endereço residencial próximo, possibilitando a avaliação do comportamento dos parâmetros ao longo do sistema.

Figura 19 – Vista frontal do ponto de captação do poço Parque Industrial



Fonte: Autoria própria, 2025.

Os principais fatores antrópicos que elevam a vulnerabilidade dos mananciais estão relacionados à disposição inadequada do esgoto doméstico. Isso inclui o lançamento de efluentes sem tratamento ou o mau funcionamento de sistemas individuais (fossas sépticas), que resulta no aumento da carga microbológica e, conseqüentemente, no alto risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais; o uso intensivo de fertilizantes e pesticidas, cujos resíduos podem infiltrar-se no solo e atingir os aquíferos; e as alterações no uso do solo, como desmatamento e expansão urbana desordenada, que intensificam a erosão e reduzem a recarga subterrânea (ANA, 2024; Lima *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2014). Tais pressões resultam na degradação da qualidade da água e no aumento dos custos e complexidade do tratamento, impactando a segurança hídrica e o abastecimento público (Brasil, 2021).

Os resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados pelo SAAE, no sistema de abastecimento de água de Pitangueiras estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do poço Parque Industrial

	Endereço residencial	Poço Parque Industrial	Padrões potabilidade (Portaria GM/MS nº 888/2021)
pH	7,75	8,36	Entre 6 e 9
Cloro residual	0,96	-	Entre 0,2 e 5
Cor aparente	2	3,7	15
Flúor	0,54	-	Entre 0,6 e 0,8
Turbidez	0,04	0,62	5
Coliformes totais	Ausente	Ausente	Ausência em 100 ml
<i>E. coli</i>	Ausente	Ausente	Ausência em 100 ml

Fonte: Autoria própria, 2025.

Durante o período analisado, os resultados físico-químicos e microbiológicos permaneceram, em sua maioria, dentro dos limites de conformidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, referente aos padrões de potabilidade para consumo humano. Observou-se, pelos laudos disponibilizados pelo SAAE que em 3 amostras o poço Parque Industrial apresentou valores de turbidez superiores aos registrados nos demais meses, indicando uma variação pontual nas características da água bruta. Este aumento é um indicador de risco, visto que a turbidez, causada por materiais em suspensão (como argila, silte e matéria orgânica), possui correlação direta com o aumento do risco microbiológico. Partículas elevadas de turbidez podem abrigar e proteger microrganismos patogênicos, dificultando a eficácia dos métodos de desinfecção (Dantas; Voltan, 2017). Apesar desse comportamento inicial, os níveis de turbidez foram normalizados nas coletas subsequentes, e nenhum outro parâmetro apresentou valores próximos aos limites máximos permitidos, o que evidencia a eficiência operacional e a segurança geral desse manancial.

Em resumo, a água proveniente do Poço Parque Industrial demonstrou boa qualidade satisfatória, atendendo aos padrões potáveis, reforçando a eficácia do tratamento aplicado na sede do SAAE e a importância do monitoramento contínuo

como ferramenta preventiva para garantir a potabilidade e a segurança sanitária do abastecimento público de Pitangueiras.

4.4.3 Análise de riscos do Poço Parque Industrial

A análise de riscos do Poço Parque Industrial indicou que quatro dos seis riscos considerados apresentam classificação “não aceitável” de acordo com a definição de tolerabilidade empregada (Quadro 4), destacando-se principalmente a contaminação por produtos e resíduos do entorno, o acesso indevido, a falha operacional do conjunto motobomba e o impacto que uma possível escassez surtiria no abastecimento, devido à sua elevada vazão. Esses fatores evidenciam que, embora o poço esteja estruturalmente em boas condições, cercado e com manutenção em dia, existem vulnerabilidades que exigem atenção contínua principalmente relacionadas à proteção do entorno.

Por outro lado, os riscos considerados aceitáveis, como falha de vedação, danos naturais e manutenção preventiva, reforçam que a estrutura física e os procedimentos rotineiros estão adequadamente controlados. De forma geral, os resultados demonstram que o Poço Parque Industrial opera de maneira estável e segura, mas que a implementação de medidas preventivas adicionais e o monitoramento constante são fundamentais para minimizar os riscos não aceitáveis e garantir a continuidade e a segurança do abastecimento público no município de Pitangueiras.

Quadro 8 – Matriz de identificação de perigos e avaliação de riscos do poço Parque Industrial

continua

Potencial risco	Causa/Origem	Probabilidade	Severidade	Nível de risco	Quem realiza	Controles existentes	Ações recomendadas
Contaminação por produtos químicos e resíduos do entorno	Presença de maquinário agrícola, depósitos, fábricas e oficina mecânica próximos ao poço	3 - Possível	3 - Médio	9	Equipe técnica do SAAE	Vedação do poço e área cercada	Implementar plano de contingência com resposta imediata e comunicação ao SAAE; inspeções regulares no entorno e capacitação da equipe para emergências químicas
Aumento da turbidez na água bruta	Infiltração de material particulado ou aumento de sólidos suspensos devido à percolação superficial após chuvas intensas e movimentação do solo na área do poço	4 - Provável	3 - Médio	12	Equipe técnica do SAAE	Monitoramento mensal dos parâmetros físico-químicos e manutenção preventiva do sistema de bombeamento	Intensificar o monitoramento da turbidez em períodos chuvosos; realizar limpeza e inspeção periódica da área de captação; avaliar a necessidade de melhorias na drenagem do entorno e incluir o parâmetro como indicador de alerta no plano de controle operacional
Acesso indevido ou vandalismo	Área do poço em zona comercial, com possibilidade de entrada de pessoas não autorizadas	2 - Improvável	3 - Médio	6	Equipe técnica do SAAE	Cercamento e controle de acesso	Reforço da segurança com trancas, placas de aviso; inspeções periódicas

Quadro 8 – Identificação de eventos perigosos e riscos potenciais associados ao poço Parque Industrial

conclusão

Potencial risco	Causa/Origem	Probabilidade	Severidade	Nível de risco	Quem realiza	Controles existentes	Ações recomendadas
Falha operacional / bomba ou elétrica	Desgaste ou falha do conjunto motobomba	2 - Improvável	3 - Médio	6	Equipe técnica do SAAE	Painel starter e monitoramento diário	Plano preventivo de manutenção; estoque mínimo de peças críticas
Impacto no abastecimento	Dependência deste poço devido ao aumento de demanda	3 - Possível	4 - Alto	12	Equipe técnica do SAAE	Integração com o sistema do SAAE; controle operacional	Plano de contingência; manutenção preventiva; monitoramento de vazão
Danos naturais	Eventos climáticos ou acidentes naturais	1 - Raro	2 - Baixo	2	Equipe técnica do SAAE	Local aberto, sem árvores ou barrancos próximos	Monitoramento após eventos climáticos extremos; inspeção visual
Falha de vedação / infiltrações	Estrutura do poço vulnerável a infiltrações superficiais	1 - Raro	2 - Baixo	2	Equipe técnica do SAAE	Vedação adequada e tampa em bom estado	Manutenção preventiva; inspeção periódica da vedação

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.5 Procedimento de controle

Após a identificação e análise dos riscos associados aos poços de abastecimento de Pitangueiras, estes foram classificados de acordo com os níveis de tolerância definidos neste estudo (Tabela 5). Com base nessa classificação, devem ser estabelecidas ações específicas para reduzir, mitigar ou eliminar os riscos identificados, garantindo a segurança do abastecimento público.

Tabela 5 – Quantitativo de riscos identificados no sistema de abastecimento

	Poço Sede SAAE	Poço Bosque	Poço Parque Industrial
Aceitáveis	0	0	2
Não aceitáveis	3	5	5
Não toleráveis	1	0	0
Total	4	5	7

Fonte: Autoria própria, 2025.

O planejamento dessas ações deve considerar prazos e responsabilidades, cabendo à gestão do SAAE a definição das datas e rotinas para implementação. Nas seções a seguir, são apresentadas as estratégias recomendadas para cada categoria de risco, permitindo uma abordagem organizada e eficiente para a gestão preventiva do sistema de captação e distribuição de água do município.

Seguindo essa etapa de organização dos riscos, torna-se necessário apresentar, de forma consolidada, a distribuição desses níveis de tolerância entre os diferentes pontos de captação do município. Essa sistematização permite visualizar, de maneira clara, como cada poço contribui para o cenário geral de segurança do abastecimento, além de evidenciar onde estão concentradas as situações que demandam maior atenção da gestão. Com isso, é possível orientar a definição de prioridades e o direcionamento de recursos, fortalecendo o processo decisório relacionado à proteção e ao aprimoramento contínuo do sistema de abastecimento de Pitangueiras.

4.5.1 Procedimentos de controle para riscos aceitáveis

Os riscos classificados como aceitáveis correspondem àqueles que apresentam baixa probabilidade de ocorrência e reduzido impacto sobre o sistema de abastecimento, não exigindo ações corretivas imediatas, porém manutenção preventiva e monitoramento contínuo. No contexto da avaliação realizada nos poços de Pitangueiras, dois riscos enquadram-se nessa categoria no Poço Parque Industrial: (i) danos naturais, relacionados principalmente a eventos ambientais pouco prováveis, e (ii) falha de vedação ou infiltrações, cuja possibilidade de ocorrência é minimizada pela boa integridade estrutural observada durante a inspeção. Embora não representem ameaça significativa ao abastecimento, tais riscos devem continuar sendo acompanhados periodicamente, a fim de garantir que permaneçam sob controle e não evoluam para níveis superiores de criticidade.

Para esses riscos, o planejamento de ações visa principalmente a preservação das condições seguras já existentes, garantindo que a probabilidade ou severidade desses eventos não aumentem ao longo do tempo. Assim, a ferramenta de planejamento e gestão, conhecida como 5W2H, utilizada neste estudo, tem como foco o monitoramento contínuo e a manutenção preventiva, assegurando que danos naturais e possíveis falhas de vedação permaneçam sob controle operacional adequado (Quadro 9).

Quadro 9 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como aceitáveis

Etapa do sistema	O que?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?	Limite crítico
Captação do Poço	Monitorar e prevenir efeitos de ações climáticas e processos naturais sobre a estrutura	Para evitar comprometimento estrutural e alterações no fornecimento	Área externa do Poço Parque Industrial	Contínuo, conforme calendário do SAAE	Equipe técnica do SAAE	Inspeções preventivas e correções programadas	Baixo custo (rotina de manutenção)	Qualquer dano que comprometa segurança estrutural ou impeça o funcionamento do sistema
Estrutura física do poço	Manter integridade da vedação para impedir entrada de contaminantes superficiais	Assegurar qualidade da água captada	Boca e entorno do Poço Parque Industrial	Inspeções contínuas conforme plano do SAAE		Verificações estruturais, reparos e testes de estanqueidade		Presença de infiltração, alteração na turbidez ou risco de contaminação direta

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.5.2 Procedimentos de controle para riscos não aceitáveis

Os riscos classificados como não aceitáveis correspondem àqueles que, embora ainda não apresentem danos diretos ao sistema de abastecimento ou à qualidade da água, possuem potencial significativo de causar impacto à segurança hídrica, caso não sejam controlados de forma eficiente. Nesta categoria estão incluídos eventos que podem comprometer tanto a integridade estrutural das instalações, quanto a potabilidade da água captada, como contaminações microbiológicas, falhas estruturais e operacionais, além de riscos associados ao entorno e às condições ambientais (Quadro 10). Portanto, esses perigos exigem monitoramento constante e implementação de ações preventivas para evitar que evoluam para cenários críticos que prejudiquem o abastecimento público de Pitangueiras.

Quadro 10 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como não aceitáveis

continua...

Etapa do sistema	O que?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?	Limite crítico
Captação e distribuição	Garantir ausência de microrganismos nocivos	Segurança sanitária	Todos os Poços	Conforme plano de amostragem	Equipe técnica do SAAE	Cloração e manutenção da integridade	Baixo/médio	Atender à Portaria GM/MS 888/2021
Bombeamento / armazenamento	Evitar interrupções e contaminação	Mantém continuidade do abastecimento	Poço SAAE	Monitoramento contínuo		Preventiva e substituição antes do fim da vida útil	Médio	Não comprometer o abastecimento de água
Instalações	Impedir entrada de detritos	Mantém potabilidade		Manutenção contínua		Limpeza e fechamento adequado	Baixo	Atender à Portaria GM/MS 888/2021
Captação e entorno	Minimizar entrada de escoamento superficial	Chuvas aumentam risco de contaminação	Período chuvoso	Barreiras e drenagem		Médio	Atender à Portaria GM/MS 888/2021	

Quadro 10 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como não aceitáveis

continuação...

Etapa do sistema	O que?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?	Limite crítico
Estrutura da captação	Evitar danos que causem infiltrações	Árvores grandes próximas	Poço Bosque	Semestral	Equipe técnica do SAAE	Inspeção e poda/remoção	Médio	Manter a segurança estrutural e não permitir riscos à qualidade da água
Entorno da captação	Prevenir introdução de matéria orgânica	Vegetação densa ao redor		Manutenção rotineira		Limpeza do entorno	Baixo	Atender à Portaria GM/MS 888/2021
Estrutura do Poço	Prevenir infiltrações contaminadas	Integridade estrutural	Poço Bosque	Vistorias periódicas	Equipe técnica do SAAE	Reparo especializado	Médio/alto	Manter a integridade estrutural e não permitir infiltrações contaminantes
Bombeamento	Evitar descontinuidade no envio à sede	Essencial ao abastecimento	Poço Bosque e Parque Industrial	Rotina		Treinamento	Médio	Não comprometer a vazão de consumo e não interromper o abastecimento

Quadro 10 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como não aceitáveis

conclusão.

Etapa do sistema	O que?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?	Limite crítico
Captação	Monitoramento e prevenção	Entorno industrial / comercial	Poço Parque Industrial	Permanente	Equipe técnica do SAAE	Avaliação ambiental e controle	Médio/alto	Atender à Portaria GM/MS 888/2021
Segurança física	Impedir danos e contaminação	Área exposta e movimentada		Fiscalização contínua		Reforçar cercamento e tranca	Médio	Garantir a segurança das instalações e não comprometer o abastecimento

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.5.3 Procedimentos de controle para riscos não toleráveis

Os riscos classificados como não toleráveis representam situações que podem causar impacto grave e imediato à operação do sistema de abastecimento ou à qualidade da água, colocando em risco a saúde pública e a continuidade do serviço. Tais riscos demandam ações corretivas urgentes e rigorosas, com monitoramento constante e implementação de medidas preventivas e de mitigação, de forma a reduzir sua probabilidade de ocorrência ou seus efeitos. No contexto do município de Pitangueiras, o Poço Sede SAAE apresenta um risco não tolerável crítico: a contaminação por hidrocarbonetos, devido à proximidade de um posto de combustível, que pode comprometer diretamente a potabilidade da água e a segurança do abastecimento se não for gerido adequadamente (Quadro 11).

Quadro 11 – Medidas de controle aplicáveis a riscos classificados como não toleráveis

Etapa do sistema	O que?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?	Limite crítico
Captação e entorno	Monitorar, prevenir e mitigar entrada de combustíveis	Evitar comprometimento da potabilidade e riscos à saúde por contaminação	Poço Sede SAAE	Monitoramento contínuo, inspeções frequentes e após chuvas	Equipe técnica do SAAE	Barreiras físicas, vedação reforçada, análises laboratoriais periódicas	Médio/alto	Atender à Portaria GM/MS 888/2021

Fonte: Autoria própria, 2025.

5. CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho, que consistiu em elaborar uma proposta de Plano de Segurança da Água para o município de Pitangueiras–PR, foi plenamente alcançado por meio de pesquisa bibliográfica, levantamento de dados prévios, visita *in loco* e entrevistas com os responsáveis técnicos do SAAE.

Esse trabalho possibilitou caracterizar o sistema público de abastecimento, incluindo informações sobre os três poços ativos, o tratamento realizado e os procedimentos de distribuição da água. Além disso, foram identificados os perigos e riscos presentes no sistema, com destaque para os riscos físicos comuns aos três poços, o risco químico relacionado ao Poço Sede SAAE e o risco microbiológico relacionado no Poço Bosque, reforçando a necessidade de medidas preventivas estruturadas.

As medidas de controle propostas neste PSA fundamentam-se em protocolos sistemáticos de monitoramento e manutenção preventiva, voltados ao aprimoramento contínuo da infraestrutura e dos procedimentos operacionais. As análises da água bruta dos três poços avaliados, realizadas mensalmente entre janeiro e outubro de 2025, permaneceram em conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que regulamenta os requisitos de qualidade da água para consumo humano no Brasil. Esses resultados indicam que o abastecimento mantido pelo município apresenta condições adequadas de potabilidade ao longo do período estudado. A documentação e o suporte técnico fornecidos pelo SAAE foram essenciais para assegurar a precisão e a confiabilidade das informações empregadas na elaboração deste trabalho.

A principal contribuição deste estudo consiste em disponibilizar uma ferramenta prática para apoiar municípios de pequeno porte na gestão preventiva da segurança da água, fortalecendo a capacidade de identificação, avaliação e controle de riscos ao longo do sistema de abastecimento. Mesmo não tendo sido constatadas inconformidades ou indícios de contaminação química no período analisado, reforça-se que o monitoramento contínuo permanece fundamental para garantir a detecção precoce de possíveis alterações nos parâmetros de qualidade e evitar que situações críticas evoluam sem o devido reconhecimento por parte dos gestores.

Recomenda-se, portanto, que o PSA proposto seja continuamente atualizado e implementado pelo SAAE, contribuindo para o aperfeiçoamento da gestão e servindo de referência para outras localidades com características semelhantes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 1997. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 4 junho 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Mudança climática e recursos hídricos**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>. Acesso em: 11 novembro 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Índice de Segurança Hídrica: metodologia e resultados preliminares**. Brasília, 2021. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66/attachments/Metodologia_ISH.pdf. Acesso em: 12 novembro 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Manual de apoio à gestão em saneamento para municípios de pequeno porte**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento-basico/manual-de-apoio-a-gestao-em-saneamento-para-municipios-de-pequeno-porte>. Acesso em: 3 setembro 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual**. Brasília, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/101813. Acesso em: 21 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Nova norma de saneamento estabelece indicadores para qualidade e eficiência**. Portal Sustentabilidade, 23 out. 2024. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-ana-n-211-de-19-de-setembro-de-2024-585941965>. Acesso em: 4 junho 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Impacto da mudança climática nos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-lanca-estudo-sobre-impactos-da-mudanca-climatica-nos-recursos-hidricos-das-diferentes-regioes-do-brasil/resumo-executivo_26012024.pdf. Acesso em: 12 novembro 2025.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; SPAROVEK, G.; COELHO, C. H. Classificação climática do Brasil segundo Köppen. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162014000600008&script=sci_arttext. Acesso em: 5 junho 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Plano de segurança da água (PSA) para consumo humano — Princípios gerais**. NBR 17080, 2023. 22 p. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=457191>. Acesso em: 28 abril 2025.

BERNI DE MARQUE, M. et al. Tecnologia social de saneamento básico: reflexões a partir de uma ação extensionista no assentamento Nova São Carlos. **Retratos de Assentamentos**, v. 24, n. 1, p. 136-157, 2022. Disponível em: <https://retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/464>. Acesso em: 10 novembro 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome; Secretaria Nacional de Assistência Social. **Política Nacional de Assistência Social – PNAS/2004: Norma Operacional Básica – NOB/SUAS**. Brasília: MDS, nov. 2005. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/assistencia_social/normativas/pnas_2004.pdf. Acesso em: 5 dezembro 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: https://bibliotecadigital.economia.gov.br/bitstream/123456789/434/1/plano_seguranca_a_agua_2012.pdf. Acesso em: 9 abril 2025.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Secretaria de Gestão. **Guia de gestão de integridade, riscos e controles internos da gestão**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao-publica/integridade-gestao-de-riscos-e-controles-internos/guias/guia-de-gestao-de-integridade-riscos-e-controles-internos-da-gestao.pdf>. Acesso em: 9 setembro 2025.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico...** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 4 junho 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico — MDR / ANA. **Plano Nacional de Recursos Hídricos — PNRH 2022**. Brasília: MDR, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/pnrh_2022_para_baixar_e_imprimir.pdf. Acesso em: 11 novembro 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-888-de-4-de-maio-de-2021-315095992>. Acesso em: 9 abril 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA**. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2023. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/snis>. Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Manual para apresentação de propostas de sistemas simplificados de abastecimento de água em áreas rurais**. Brasília: Ministério das Cidades, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/arquivos/ManualAo_00VJ_SaneamentoRural.pdf. Acesso em: 11 novembro 2025.

CORRÊA, R. F. M.; VENTURA, K. S. **Plano de segurança da água**: modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação de água em comunidades rurais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 2, p. 369–379, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190394>. Acesso em: 4 junho 2025.

CRUZ, N. H. O. **Plano de segurança da água**: parâmetros indicadores de qualidade da água para abastecimento público e inovações tecnológicas. 2021. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-31052021-161902/publico/NathalieHoffertdeOliveiraCruzCorr21.pdf>. Acesso em: 9 abril 2025.

DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e técnicas de tratamento de água: 2017 - 3ª Edição**. São Carlos: Editora LDIBE, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=KxuDDwAAQBAJ>. Acesso em: 7 dez. 2025.

EMBRAPA; IAT — INSTITUTO ÁGUA E TERRA. **Mapa de solos do Estado do Paraná (2009)**. Curitiba: EMBRAPA/IAT, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/513293/1/Mapa-de-solos-do-estado-do-Parana-2009.pdf>. Acesso em: 5 dezembro 2025.

FIA. **5W2H: o que é, como utilizar e importantes exemplos para praticar**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/5w2h/>. Acesso em: 7 dez. 2025.

FONSECA, C. S. da; colaboradores. **Impacto antrópico nos recursos hídricos e vulnerabilidade de reservatórios**, 2024. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220408496.pdf>. Acesso em: 12 novembro 2025.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE — FUNASA. **Abastecimento de água potável. Brasília: s.d.** Disponível em: <https://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Abastecimento%2Bde%2B%C3%81gua%2BPot%C3%A1vel.pdf/c42e2752-7de2-4a0b-a751-fa352f1bdb3?version=1.0>. Acesso em: 11 novembro 2025.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Investimentos em saneamento básico e saúde avançam com recorde de propostas recebidas pela Funasa**. Portal Gov.br, Brasília, DF, 18 set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/funasa/cronologia-historica-da-saude-publica/pt-br/assuntos/noticias/2025/setembro/investimentos-em-saneamento-basico-e-saude->

[avancam-com-recorde-de-propostas-recebidas-pela-funasa](#). Acesso em: 9 dez. 2025.

GONÇALVES, F. D. et al. **Análise da qualidade da água da nascente do Rio Pirapó em área urbana do município de Apucarana-PR e de seu afluente receptor**. Repositório Digital Unicesumar, Maringá, 2019. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3705>. Acesso em: 5 dezembro 2025.

GOVERNO FEDERAL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento — SNIS**. Brasília: s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel>. Acesso em: 11 novembro 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Resolução nº 49 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH/PR**. Curitiba, 2006. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 28 abril 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Unidades Hidrográficas do Paraná**. Curitiba: IAT, 2006. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Unidades-Hidrograficas-do-Parana>. Acesso em: 3 setembro 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Unidades Aquíferas – Estado do Paraná**. Curitiba: IAT, 2008. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mapa_unidades_aquiferas_a3.pdf. Acesso em: 5 dezembro 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA - IAT. **Bacias hidrográficas do Paraná**. Curitiba: IAT, 2020. 1 arquivo PDF. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/bacias_hidrograficas_a4.pdf. Acesso em: 9 dez. 2025

INSTITUTO ÁGUA E TERRA - IAT. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Curitiba: IAT, 2020. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mapa_solos.pdf. Acesso em: 5 dezembro 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA - IAT. **Mapa geológico e de recursos minerais do Paraná**. Curitiba: IAT, 2022. Disponível em: <https://www.sedest.pr.gov.br/Noticia/IAT-disponibiliza-para-consulta-novo-mapa-geologico-e-de-recursos-minerais-do-Parana>. Acesso em: 5 dezembro 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba: IAT, 2022. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Atlas-de-Recursos-Hidricos-do-Estado-do-Parana>. Acesso em: 12 novembro 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Área Territorial dos Municípios do Paraná**. Curitiba: IAT, 2024. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Area-Territorial-dos-Municipios-do-Parana>. Acesso em: 3 setembro 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2022**: características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/censo2022>. Acesso em: 4 junho 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativas populacionais municipais 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/populacao-estimada>. Acesso em: 4 junho 2025.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ – IAPAR-EMATER. **Atlas climático do Paraná**. Curitiba: IDR-Paraná, 2019. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acesso em: 4 junho 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS. **Estudo de perdas de água 2024 (SNIS, 2022)**: desafios na eficiência do saneamento básico no Brasil. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/06/Estudo-da-GO-Associados-Perdas-de-Agua-de-2024-V2.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Perfil do município de Pitangueiras**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2025. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Perfil-dos-Municipios>. Acesso em: 3 setembro 2025.

LIMA, I. B.; et al. Glifosato no Brasil: uso, contaminação aquática, efeitos ambientais e possíveis medidas de controle. **Caderno de Geografia**, 2021. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/geografia/article/view/25538>. Acesso em: 12 novembro 2025.

MAPBIOMAS. **Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. São Paulo: MapBiomass, 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 25 abril 2025.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL / SNIS. **Panorama do saneamento básico no Brasil – SNIS 2021**. Brasília: SNIS, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf. Acesso em: 12 novembro 2025.

PEREIRA, D. R.; et al. Impactos do desmatamento nos componentes do balanço hídrico de uma bacia na costa leste brasileira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2014. Disponível em: <https://www.rbcjournal.org/pt-br/article/impactos-do-desmatamento-nos-componentes-do-balanco-hidrico-de-uma-bacia-na-costa-leste-brasileira/>. Acesso em: 12 novembro 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva: OMS, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 27 agosto 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers**. 2. ed. Geneva: WHO, 1 mar. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240067691>. Acesso em: 28 abril 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS — ONU. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2013: Água para um mundo sustentável**. Paris: UNESCO, 2013. Disponível em: <https://www.unesco.org/en/wwdr/water-world-we-want-2013>. Acesso em: 11 novembro 2025.

RIGON, O.; PASSOS, M. M. dos. Estudo fisiográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó-PR. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 119-140, 2014. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/13651>. Acesso em: 5 dezembro 2025.

ROSA, A. M. R.; GUARDA, V. L. de M. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 9, n. 2, p. 55-75, 2019. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/7259>. Acesso em: 27 agosto 2025.

RUCKERT, F. Q. O abastecimento de água na perspectiva da historiografia europeia e hispano-americana. **Revista História: Debates e Tendências**, v. 17, n. 1, p. 157–179, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5524/552459228011/html/>. Acesso em: 4 junho 2025.

RÜCKERT, F. Q. O abastecimento de água no Brasil: uma prospecção bibliográfica no âmbito da historiografia. **Revista História**, João Pessoa, v. 25, n. 43, p. 280–295, jul./dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/srh/article/view/53781>. Acesso em: 5 dezembro 2025.

SANBAS; ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Diagnóstico do município de Pitangueiras – PR**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/pitangueiras-pr/>. Acesso em: 5 dezembro 2025.

SEBRAE. **5W2H: tire suas dúvidas e coloque produtividade no seu dia a dia**. [S. l.]: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2017. Disponível em: https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/5w2h-tire-suas-duvidas-e-coloque-productividade-no-seu-dia-a-dia_06731951b837f510VgnVCM1000004c00210aRCRD. Acesso em: 7 dez. 2025.

SOUZA, I. S. de. **Plano de segurança da água do município de Janiópolis – PR: etapas iniciais de preparação**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo

Mourão, 2023. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/33111>. Acesso em: 9 setembro 2025.

TORDIN, C. **Técnica dos "qanats" não é apropriada para a região Nordeste do Brasil.** *Embrapa Meio Ambiente*, 11 jan. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58619013/tecnica-dos-qanats-nao-e-apropriada-para-a-regiao-nordeste-do-brasil>. Acesso em: 4 junho 2025.

VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; NASCIMENTO, S. G. do. **Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 93–101, jan./mar. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/LVdQ4SjS458YVsCw5mBmYCG/>. DOI: 10.1590/S1413-41522019169881. Acesso em: 12 abril 2025.

VIEIRA, J. M. P. Plano de segurança da água em mananciais de abastecimento de água para consumo humano. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais – GESTA**, Salvador, v. 2, n. 2, p. 1–15, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7107/4879>. Acesso em: 13 abril 2025.

APÊNDICE I – Roteiro de coleta de dados

ROTEIRO DE COLETA DE DADOS

1. Identificação

Município: _____ Data: __/__/____

Representante (Órgão Público): _____

Equipe envolvida com o PSA do município: _____

2. Caracterização geral do Sistema de Abastecimento de Água

- População do município: _____

- Porcentagem da população atendida: ____%

- Tipo de manancial (superficial, subterrâneo ou misto): _____

- Tipo de captação: _____

- Número de fontes de abastecimento: _____

- Tipos de consumidores (uso domiciliar/residencial, comercial, industrial, irrigação, dessedentação de animais):

3. Descrição da captação

- Descreva o tipo do poço utilizado; profundidade do poço e tempo de uso do poço como manancial de abastecimento:

- Descreva as condições estruturais da captação:

- Descreva qual a proteção física e sanitária da área de captação:

- Vazão captada e capacidade instalada: _____

- Documentação e regularização (descrever se há projetos, plantas e registros atualizados das estruturas e a situação das licenças e outorgas):

4. Descrição da água bruta e tratada

- Tipo de adução: _____

- Características das tubulações:

5. Descrição do tratamento de água

- Há tratamento de água? Sim () Não ()

- Qual tipo de tratamento adotado? _____

- Quais etapas compõem o tratamento? _____

- Condições estruturais e de equipamentos da ETA?

- Produtos químicos utilizados: _____

- Há um responsável técnico pelo tratamento de água? Sim () Não ()

- Quais parâmetros físico-químicos são analisados? _____

- Qual a frequência de amostragem de cada parâmetro? _____

- Quantos são e onde estão localizados os pontos de coleta de amostra?

- Quem realiza as análises de controle de qualidade de água?

- Descreva como são os processos de registro e gestão dos resultados das análises: _____

6. Descrição do reservatório

- Quantos são e onde estão os reservatórios do sistema: _____

- Quais as condições estruturais do reservatório? _____

- Descreva a proteção, limpeza e manutenção do reservatório: _____

- O sistema possui instrumentos de medição e dispositivos operacionais em funcionamento adequado? _____

7. Descrição da rede de distribuição

- Como é realizado o controle operacional do sistema (ligações ativas, hidrômetros, registros de consumo, pressões, vazões e possíveis ligações irregulares)? _____

- Quais são as principais características da rede de distribuição (extensão, materiais, diâmetros, setores, macromedidores e pontos de monitoramento)?

- Qual é o estado geral da rede de distribuição (condições físicas, ocorrência de vazamentos, trechos expostos, cruzamentos com outras infraestruturas e pontos com risco de contaminação cruzada)?

Observações:
