

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS SERTÃO  
UNIDADE EDUCACIONAL SEDE DELMIRO GOUVEIA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JEFFERSON GABRIEL DOS SANTOS CAMPOS

**DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
IMPLANTADOS PELA COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES  
DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF) SOB A PERCEPÇÃO  
DO USUÁRIO NO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA – AL**

Delmiro Gouveia – AL

2024

JEFFERSON GABRIEL DOS SANTOS CAMPOS

**DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
IMPLANTADOS PELA COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES  
DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF) SOB A PERCEPÇÃO  
DO USUÁRIO NO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA – AL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal  
de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Pedro de Oliveira Netto

Delmiro Gouveia – AL

2024

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

C198d Campos, Jefferson Gabriel dos Santos

Diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água implantados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) sob a percepção do usuário no município de Água Branca – AL / Jefferson Gabriel dos Santos Campos. – 2024.

91 f. : il.

Orientação: Antonio Pedro de Oliveira Netto.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2024.

1. Abastecimento de água. 2. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF. 3. Sistema de Abastecimento de Água – SAA. 4. Percepção do usuário. 5. Zona rural. 6. Água Branca – Alagoas. I. Título.

CDU: 628.1(823.5)

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

JEFFERSON GABRIEL DOS SANTOS CAMPOS

Diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água implantados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) sob a percepção do usuário no município de Água Branca – AL.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão e aprovada em 20 de fevereiro de 2024.

---

Prof.º Dr.º Antonio Pedro de Oliveira Netto / UFAL (Orientador)

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes (Examinador Interno)

---

Eng. Me. Rosivania Ferreira da Silva (Examinadora Externa)



Dedico este trabalho aos meus pais, a quem agradeço as bases que deram para me tornar a pessoa que sou hoje.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço ao meu bondoso Deus pela dádiva da vida, assim como pela sabedoria e discernimento que generosamente me concedeu.

Aos meus pais, Roseana e José Carlos, por não terem medido esforços para que tudo isso fosse possível. A minha irmã Jéssica por todo afeto e incentivo, e aos meus sobrinhos Enzo e Luna. Vocês são meu alicerce emocional, amo muito vocês.

Aos meus familiares, tios (as), primos (as) e avós por toda contribuição e apoio.

A todos meus amigos de turma e, em especial, a Allyson, Arthur, Demerson, Eloyse, Emanuel, Kimberly, Melyssa e Túlio, por todos os momentos de estudo, angústia, descontração e troca de experiências ao lado de vocês.

A Enactus UFAL Sertão pelo aprendizado, ao qual me mostrou a importância do desenvolvimento sustentável como ferramenta de impacto socioambiental.

A Universidade Federal de Alagoas, por me proporcionar um ensino superior de qualidade, e a todos os seus docentes. Sobretudo, ao professor Netto, pela calma, dedicação, disponibilidade e compreensão ao orientar o presente trabalho.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente com a minha jornada acadêmica, os quais certamente foram de grande importância.

“Traga-me um copo d'água, tenho sede  
E essa sede pode me matar”  
(Gilberto Gil)

## RESUMO

Em decorrência da poluição e da disponibilidade irregular dos recursos hídricos, muitas regiões ainda sofrem com a falta de acesso à água em quantidade e qualidade. Assim, para garantir essas características, um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) eficiente é de suma importância. No entanto, recorrentemente, essas estruturas não são instaladas e/ou geridas corretamente, sendo necessário ajustes ao seu fornecimento que, por conseguinte, dependem tanto de dados técnicos quanto de informações advindas do ponto de vista daqueles que usufruem. Desse modo, o presente estudo realiza um diagnóstico através da percepção do usuário dos SAAs implantados pela Codevasf no município de Água Branca, no estado de Alagoas, utilizando da análise exploratória em campo e da aplicação de questionários em uma parcela da população. Ao todo, foram examinados dois sistemas de abastecimento, que abrangem 12 povoados da zona rural e que, somados, representam 10% da população do município. Notou-se que, apesar dos sistemas mostrarem-se melhores que a situação de escassez anterior, os resultados indicaram uma série de problemas e insatisfações por parte da população, tais como grandes pausas no fornecimento de água e problemas quanto seu tratamento. Nessa condição, este trabalho propõe intervenções baseadas nessas informações e destaca a fonte de dados gerada para utilização nas futuras tomadas de decisão relacionadas a melhoria das estruturas.

**Palavras-chave:** Sistemas Individuais de Abastecimento de Água; Percepção do Acesso à Água; Água Potável; Gestão Integrada dos Recursos Hídricos.

## **ABSTRACT**

As a result of pollution and irregular availability of water resources, many regions still suffer from a lack of access to water, both in quantity and quality. Therefore, to ensure these characteristics, an efficient Water Supply System (WSS) is of utmost importance. However, recurrently, these structures are not installed and/or managed correctly, requiring adjustments to their supply that, consequently, depend on both technical data and information from the perspective of those who benefit from it. Thus, the present study conducts a diagnosis through the perception of users of the Water Supply Systems (WSS) implemented by Codevasf in the municipality of Água Branca, in the state of Alagoas, using field exploratory analysis and the application of questionnaires to a portion of the population. In total, two WSSs were examined, covering 12 rural communities, which together represent 10% of the municipality's population. In the analysis, despite the systems showing improvement over the previous scarcity situation, the results indicated a series of problems and dissatisfaction among the population, such as significant water supply interruptions and issues regarding its treatment. In this context, these study proposes interventions based on this information and highlights the data source generated for use in future decision-making related to the improvement of the structures.

**Keywords:** Individual Water Supply Systems; Perception of Access to Water; Potable water; Integrated Water Resources Management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água .....	23
Figura 2 – Adutora mista com trecho por recalque e trecho por gravidade .....	25
Figura 3 – Fases do tratamento convencional .....	26
Figura 4 – Tipos de reservatórios.....	26
Figura 5 – Tipos de redes de distribuição.....	27
Figura 6 – Tipos de sistema de abastecimento residencial.....	29
Figura 7 – Etapas do processo metodológico adotado .....	32
Figura 8 – Localização dos SAAs estudados e seus respectivos povoados.....	34
Figura 9 – Localização do município de Água Branca – AL.....	35
Figura 10 – Desenho esquemático do SUB II.....	44
Figura 11 – Captação do SUB II.....	45
Figura 12 – Esquema exemplar de uma instalação de dupla filtração .....	46
Figura 13 – Estação de tratamento de água do SUB II .....	47
Figura 14 – Reservatórios elevados do SUB II .....	47
Figura 15 – Ligações domiciliares do SUB II .....	48
Figura 16 – Desenho esquemático do SUB VI .....	49
Figura 17 – Reservatórios de água tratada do SUB VI.....	50
Figura 18 – Estruturas de abastecimento residencial por subsistema. ....	59

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.....	18
Gráfico 2 – Usos consuntivos setoriais no Brasil em 2021 .....	20
Gráfico 3 – Índice de perdas na distribuição.....	21
Gráfico 4 – Principal tipo de abastecimento de água utilizado por domicílio .....	52
Gráfico 5 – Abastecimento alternativo dentre os que usam os subsistemas .....	53
Gráfico 6 – Frequência do fornecimento de água .....	54
Gráfico 7 – Residências com hidrômetro em funcionamento .....	55
Gráfico 8 – Renda mensal por residência .....	55
Gráfico 9 – Quantidade de reservatórios por residência.....	56
Gráfico 10 – Capacidade do maior reservatório por residência - sistema II .....	57
Gráfico 11 – Taxa de moradores por domicílio .....	57
Gráfico 12 – Ligação do sistema à residência .....	58
Gráfico 13 – Percepção do usuário sobre a qualidade da água .....	60
Gráfico 14 – Presença de cor, sabor ou cheiro na água.....	61
Gráfico 15 – Pressão da água na percepção do usuário.....	62
Gráfico 16 – Avaliação dos usuários quanto ao acesso à água atual .....	63
Gráfico 17 – Opinião dos usuários sobre a necessidade de realizar melhorias .....	63
Gráfico 18 – Satisfação dos usuários quanto ao serviço prestado .....	64
Gráfico 19 – Maior grau de escolaridade por residência.....	64

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – População amostra sob investigação.....	38
Tabela 2 – Quantidade de questionários por povoado .....	40
Tabela 3 – Quantidade de questionários amostra com a margem de segurança ....	41
Tabela 4 – Quantidade de questionários aplicados.....	51
Tabela 5 – Reservatórios dos subsistemas II e VI e suas características .....	66



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAB	Adutora de Água Bruta
AAT	Adutora de Água Tratada
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Casal	Companhia de Saneamento de Alagoas
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
Codevasf	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EE	Estação Elevatória
ETA	Estação de Tratamento de Água
Funasa	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICICT	Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
NBR	Norma Brasileira
OCP	Operação Carro-Pipa
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
PSA	Plano de Segurança da Água
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUB-II	Subsistema II
SUB-VI	Subsistema VI
SUB-AMP-VI	Subsistema Ampliado VI
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	OBJETIVOS .....	15
1.1.1	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>15</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
2.1	DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	17
2.2	CONSUMO DE ÁGUA.....	19
2.3	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA) .....	22
<b>2.3.1</b>	<b>Componentes de um sistema de abastecimento de água .....</b>	<b>22</b>
2.3.1.1	Manancial.....	23
2.3.1.2	Captação.....	24
2.3.1.3	Estação elevatória.....	24
2.3.1.4	Adutora .....	24
2.3.1.5	Estação de Tratamento de Água (ETA) .....	25
2.3.1.6	Reservatórios.....	26
2.3.1.7	Rede de distribuição.....	27
2.4	LIGAÇÃO E TIPOS DE ESTRUTURAS RESIDENCIAIS DE ÁGUA.....	28
2.5	GESTÃO E REVISÃO DOS SAAs .....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA .....	32
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	33
<b>3.2.1</b>	<b>Dados gerais .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Infraestrutura hídrica.....</b>	<b>35</b>
3.3	MODELO DE QUESTIONÁRIO.....	36
3.4	POPULAÇÃO E AMOSTRA ESTATÍSTICA .....	37

3.5	EXECUÇÃO DA PESQUISA .....	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>43</b>
4.1	SAAAs IMPLANTADOS PELA CODEVASF NO MUNICÍPIO.....	43
<b>4.1.1</b>	<b>Subsistema II.....</b>	<b>44</b>
4.1.1.1	Captação.....	45
4.1.1.2	Estação de tratamento.....	46
4.1.1.3	Reservatórios.....	47
4.1.1.4	Rede de distribuição .....	48
<b>4.1.2</b>	<b>Subsistema VI .....</b>	<b>48</b>
4.1.2.1	Captação.....	50
4.1.2.2	Estação de tratamento.....	50
4.1.2.3	Reservatórios.....	50
4.1.2.4	Rede de distribuição .....	51
4.2	QUESTIONÁRIO.....	51
<b>4.2.1</b>	<b>Considerações sobre a aplicação .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Abastecimento e estrutura residencial.....</b>	<b>52</b>
4.2.2.1	Utilização dos subsistemas .....	52
4.2.2.2	Fornecimento.....	54
4.2.2.3	Hidrômetros.....	54
4.2.2.4	Armazenamento.....	56
4.2.2.5	Instalações domiciliares .....	58
4.2.2.6	Abastecimento e estrutura residencial ideal .....	59
<b>4.2.3</b>	<b>Aspectos da água, estrutura e serviço.....</b>	<b>59</b>
4.2.3.1	Qualidade .....	59
4.2.3.2	Pressão .....	61
4.2.3.3	Estrutura e serviço .....	62
4.3	MEDIDAS MITIGADORAS.....	64

4.3.1	Captação .....	65
4.3.2	Estação de tratamento .....	65
4.3.3	Reservatórios .....	66
4.3.4	Rede de distribuição .....	67
4.3.5	Gestão dos subsistemas.....	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	68
	REFERÊNCIAS .....	70
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE COLETA.....	74
	APÊNDICE B – MAPAS DAS RESIDÊNCIAS DE COLETA POR POVOADO .....	76

## 1 INTRODUÇÃO

A água de qualidade é um recurso essencial para a manutenção da vida e o desenvolvimento das sociedades desde o surgimento das primeiras civilizações. No entanto, as demandas de abastecimento de água em diversas regiões tem se tornado maiores do que o acesso a água bruta, acarretando em dificuldades relacionadas à higiene, saúde e à qualidade de vida (Heller; Pádua, 2010).

Para Jacobi *et al.* (2016), a crescente insustentabilidade em relação à água é consequência de dois aspectos: o aumento dos desastres climáticos e a crescente poluição dos cursos d'água. Este último, resultado direto das práticas não sustentáveis advindas da expansão da economia e da exploração desenfreada dos recursos naturais, como o uso massivo dos combustíveis fósseis.

Por conta disso, a água bruta disponível na natureza está cada vez mais imprópria para o consumo humano. Desse modo, como forma de oportunidade do acesso a potabilidade, o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) desempenha um papel fundamental na garantia da qualidade, quantidade e regularidade da oferta de água potável para a população (Funasa, 2004).

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2021), cerca de 84% dos domicílios brasileiros possuem acesso à rede geral de abastecimento de água. Apesar disso, se faz necessário saber mais sobre a eficiência desses sistemas, na perspectiva de fomentar ajustes ao seu fornecimento.

Conforme Nnaji *et al.* (2013) o desenvolvimento de estudos relacionados ao abastecimento, distribuição e as formas de consumo da água configuram uma relevante ferramenta de pesquisa para o planejamento municipal desses sistemas. Como complemento, segundo Maia *et al.* (2015), além das variáveis técnicas, torna-se necessário avaliar o sistema de abastecimento de água sob a percepção do consumidor, pois ainda que incluído, é pouco considerado no modelo de gestão e planejamento das estruturas de abastecimento.

A Organização das Nações Unidas (ONU) também reconhece a participação das comunidades nos processos de tomada de decisão e manutenção dos recursos hídricos. Do mesmo modo, o marco legal do saneamento básico prevê, através da Lei nº 14.026, o controle social. Este é definido como o “conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e

participações nos processos [...] de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento” (Brasil, 2020).

Diante a importância dos fatos apresentados, contextualiza-se as populações rurais difusas do município de Água Branca, no estado de Alagoas, que vivenciam a recente atuação dos SAAs implantados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf). Anteriormente desprovidos de acesso à água, esses locais agora desfrutam da facilidade de acesso. Contudo, os diagnósticos referentes ao sistema e o fornecimento ainda são escassos.

Nesse sentido, tendo em vista o município de pesquisa, o presente trabalho pretende contribuir com informações e análises sob o ponto de vista do usuário para futuras tomadas de decisão pelos gestores quanto à melhoria de desempenho desses sistemas, de modo a possibilitar maior qualidade de vida para a população no que tange a eficiência do abastecimento de água da região.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Diagnosticar, sob a percepção do usuário, o desempenho dos sistemas de abastecimento de água implementados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) no município de Água Branca – AL, utilizando-se de uma análise exploratória em campo e da aplicação de questionários.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever os SAAs no que tange o seu funcionamento e sua gestão;
- Coletar dados acerca dos sistemas e das residências beneficiadas;
- Identificar as principais deficiências dos sistemas pela percepção do usuário;
- Estimar o nível de satisfação da população em relação ao serviço prestado;
- Propor medidas mitigadoras para os problemas encontrados.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é estruturado em 5 capítulos, dos quais se dividem em subseções que detalham o assunto de maneira a facilitar o entendimento do leitor.

Disposto anteriormente a este tópico, o capítulo 1 compreende a introdução da problemática e o contexto em que o tema está inserido.

No capítulo 2 são apresentados, através de um referencial bibliográfico não exaustivo, conceitos relacionados a fundamentação teórica deste trabalho. A seção aborda as relações de consumo e disponibilidade hídrica; as estruturas dos sistemas de abastecimento; explana às características de recebimento de água nas residências e à relevância da percepção pública na revisão e gestão do fornecimento.

Já no capítulo 3 é especificado o caminho metodológico da pesquisa e as características da área de estudo. São apresentados os processos de obtenção de dados e a aplicação do uso de questionários. Passando também pela definição do grupo de amostra e as limitações técnicas e financeiras do trabalho.

No capítulo 4 os resultados obtidos são apresentados, e utiliza-se de uma análise quali-quantitativa para debater os aspectos encontrados.

E por fim, no capítulo 5, são feitas as considerações finais sobre o estudo e algumas recomendações para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A água é um recurso hídrico que varia no decorrer do tempo e espaço, podendo causar tanto eventos de escassez como de abundância elevada (Silva, 2005). Essas flutuações exercem impactos nos padrões de consumo da população, desencadeando consequências nos âmbitos econômico, ambiental e social.

A irregularidade na disponibilidade de água emerge como um desafio diante do aumento da demanda hídrica. Estima-se que apenas no último século, a necessidade por água cresceu por volta de seis vezes. Não é surpreendente, portanto, que cerca de 26% da população global ainda não possua acesso à água (UNESCO, 2020).

Apesar de aproximadamente 4/5 de toda superfície terrestre ser coberta por água, desse total, 97% está indisponível para consumo, pois constitui a água salgada dos mares e oceanos. Dos 3% restantes dados como água doce, 2,7% são encontrada na forma de geleiras e vapor d'água, condições que também descaracterizam o seu uso. Em decorrência disso, apenas uma fração ínfima de 0,3% de toda essa água está disponível para consumo humano, sendo apenas 0,01% destes dispostos em fontes superficiais de fácil acesso, como rios e lagos, enquanto os 0,29% restantes são de águas subterrâneas de aquíferos, nascentes e poços (Funasa, 2004).

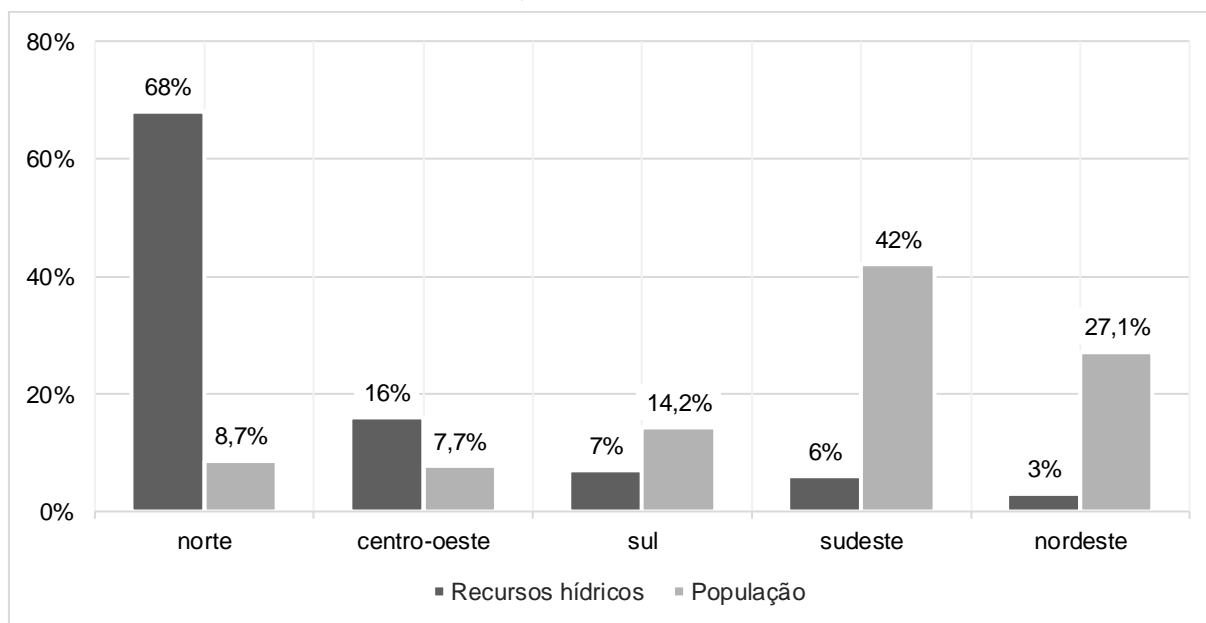
A nível nacional, o Brasil é um país privilegiado em relação aos seus recursos naturais pois, o território contém a maior reserva de água doce absoluta do mundo, cerca de 14% de todos os recursos hídricos disponíveis no planeta (Bicudo *et al.*, 2010). Entretanto, em virtude das diferentes condições climáticas e sua localização geográfica, algumas regiões enfrentam problemas recorrentes de escassez de água, como o Nordeste brasileiro (Brito *et al.*, 2007).

A disponibilidade dos recursos hídricos no Nordeste do país é uma questão que preocupa e dificulta a vida do seu povo. Segundo dados do SNIS (2020), apenas 3% da disponibilidade hídrica do Brasil está disponível no território. Ponderando-se a disponibilidade regional pela respectiva área, isso significa dizer que o Nordeste tem apenas 1/5 de toda média nacional, enquanto regiões como o Norte tem 60% mais água por unidade de área (Pereira Júnior, 2004).

O problema da distribuição hídrica se evidencia também, quando se compara a oferta de água com a distribuição populacional, conforme ilustrado no Gráfico 1.



Gráfico 1 – Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.



Fonte: Adaptado de SNIS (2020).

No semiárido brasileiro, as dificuldades hídricas são ainda mais recorrentes. Segundo o Instituto Nacional do Semiárido (INSA), a região se estende por todos os estados do Nordeste, concentrando cerca de 28 milhões de habitantes que convivem diariamente com a seca. Trata-se de um território crítico, caracterizado pela grande irregularidade das chuvas e a alta taxa de evapotranspiração, que juntos contribuem para a forte escassez e favorecem a concentração de solutos nas águas superficiais disponíveis (Brito *et al.*, 2007).

Esses fatores se tornam um problema, uma vez que a oferta hídrica para o consumo humano está ligada principalmente à capacidade das fontes superficiais. Desse modo, por vezes, é a exploração das fontes subterrâneas e a reservação das águas pluviais que mitiga a dificuldade em acesso à água aos residentes da região. No entanto, essas alternativas também apresentam adversidades ao consumo de água por parte da população, como a alta taxa de concentração de sais, uma maior concentração de partículas sólidas e a vazão baixa, por exemplo (Brito *et al.*, 2007).

Nesse contexto, destaca-se a importância da maior bacia hidrográfica do Nordeste: o São Francisco. Também conhecido como Velho Chico, essa fonte hídrica desempenha um importante papel social e econômico, uma vez que detém cerca de 63% de toda água da região disponível para consumo, sendo responsável por banhar

aproximadamente 500 municípios e abastecer outras centenas de cidades ao longo do seu entorno (CBHSF, 2023).

Por sua relevância, os debates acerca do desenvolvimento da região do rio São Francisco sempre foram muito discutidos, culminando na criação de instituições e medidas de expansão do abastecimento e agricultura local. Algumas iniciativas governamentais como a transposição do rio São Francisco e a criação da empresa estatal, nomeada de Codevasf, visam promover as condições hídricas desses locais e são exemplos concretos de esforços conjuntos na promoção de melhorias.

No entanto, globalmente, esses esforços ainda são insuficientes para resolver todos os problemas decorrentes da escassez, fazendo com que uma parte da população continue vulnerável, especialmente quando se trata do meio rural. De qualquer modo, o crescimento da infraestrutura hídrica constitui um dos requisitos essenciais para a solução do problema (Bicudo *et al.*, 2010).

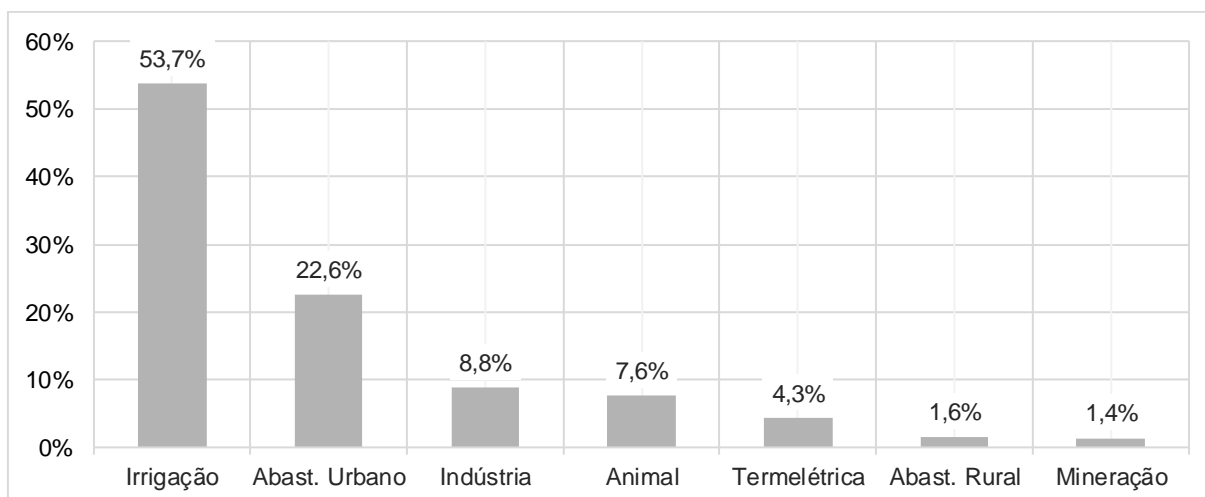
## 2.2 CONSUMO DE ÁGUA

Como na disponibilidade hídrica, o uso da água está relacionado a uma série de contextos que abrangem o desenvolvimento econômico, ambiental e social, bem como o crescimento populacional e as condições dos sistemas de abastecimento. Nesse caso, faz-se necessário entender suas características.

No âmbito geral, o uso requerido pela população e as atividades econômicas podem ser classificados em consuntivos e não consuntivos. Para o uso consuntivo, a água retirada do meio ambiente é utilizada de forma parcial ou total, não havendo retorno direto aos cursos d'água. Enquanto isso, para o uso não consuntivo, as atividades envolvem os recursos hídricos sem interferência de variação na sua quantidade, mas podendo modificar a sua qualidade, como nas práticas de pesca, navegação e produção de energia hidroelétrica (Heller; Pádua, 2010).

O consumo de água no Brasil ocorre principalmente para a agricultura irrigada, setor responsável por mais da metade da utilização das águas nacionais. Essa realidade geralmente é observada nos países em desenvolvimento, onde a produção agrícola se sobressai às outras atividades econômicas, assim como evidencia o Gráfico 2 a seguir. Nos países desenvolvidos, o setor industrial dita a economia, o que faz com que os recursos hídricos sejam destinados em sua maior parte para esse setor (Heller; Pádua, 2010).

Gráfico 2 – Usos consuntivos setoriais no Brasil em 2021.



Fonte: Adaptado de ANA (2022).

Em relação ao abastecimento, Tsutiya (2006) nos diz que a classificação dos consumidores em categorias é uma prática recorrente por parte dos prestadores de serviços de saneamento. Nesse quesito, a divisão acontece em quatro grandes grupos: doméstico, comercial, industrial e público. O agrupamento ocorre pelo fato da melhor identificação nas demandas setoriais e a aplicação das políticas tarifárias diferenciadas para cada perfil de consumidor.

Embora se possa destacar que todos os tipos de uso são necessários para a sociedade, o abastecimento doméstico é uma das principais finalidades da água, dado que está intrínseco à saúde populacional. Além disso, é responsável por atender os processos de higiene pessoal, preparo de alimentos, lavagem de roupas, rega de jardins, limpeza de pisos e todas as demais atividades rotineiras internas e externas da residência. A variação desse tipo de consumo depende de alguns inúmeros fatores, tais quais (Tsutiya, 2006; Heller; Pádua, 2010):

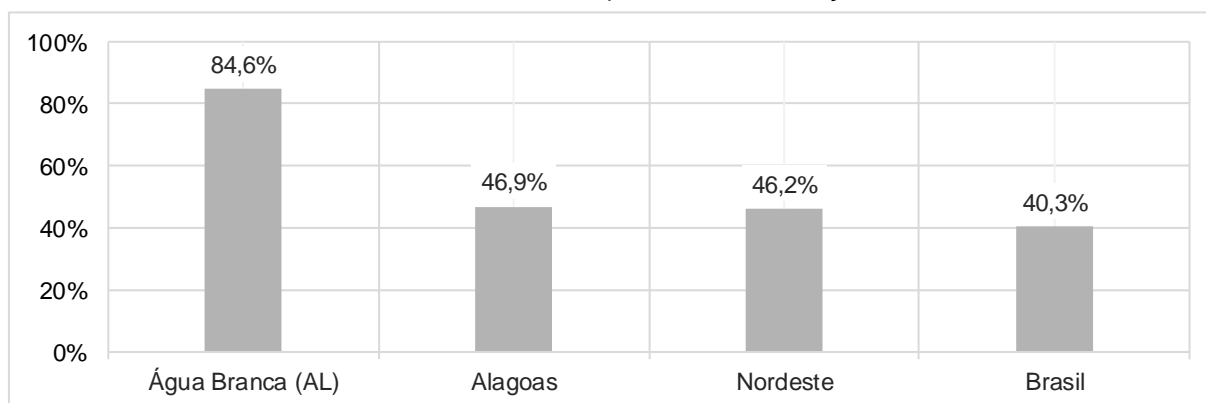
- A situação socioeconômica da população, uma vez que o uso da água está ligado ao poder de aquisição e aos padrões de habitação;
- As características do abastecimento, tais como qualidade e pressão na rede;
- As formas de administração do sistema de abastecimento;
- As características climáticas como as oscilações da umidade, a frequência das precipitações e a temperatura do ar;
- As individualidades culturais de cada comunidade.

É notável que existem muitas circunstâncias envolvidas, mas entre todas, Tsutiya (2006) ressalta a importância do preço. Normalmente, elevações no custo da água impulsionam diminuições de consumo, na mesma medida que a redução do preço ocasiona um aumento do uso.

Entre os quatro grupos de consumo mencionados, todos incorporam-se às perdas, que do ponto de vista conceitual, representa a diferença entre o volume de água produzido e o volume de água entregue aos domicílios. Da perspectiva operacional, essas perdas referem-se à água não contabilizada, podendo ser dividida em reais e aparentes (Heller; Pádua, 2010).

O painel do SNIS (2021), evidencia que no Brasil as perdas representam cerca de 40,3% da distribuição de água potável. Essa porcentagem, em grande parte dos casos, aumenta com a regionalização, conforme mostrado para o município de Água Branca no Gráfico 3 a seguir. A nível de comparação, segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2015), Tóquio tem perdas que não passam de 5% em toda a sua distribuição.

Gráfico 3 – Índice de perdas na distribuição.



Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

O elevado índice de perdas reduz o faturamento das concessionárias e, consequentemente, diminui a capacidade de investimentos no aprimoramento dos sistemas. Além disso, gera danos ao meio ambiente, pois obriga a exploração de novos mananciais para suprir o alto consumo demandado (ABES, 2015).

Através do conhecimento dos índices de consumo setorial e o volume de perdas, é possível definir o consumo médio per capita de água. Esse valor é crucial para a determinação da capacidade de uma instalação de abastecimento, tendo em vista que indica o consumo médio diário dos habitantes.

A Organização das Nações Unidas (ONU), estima que 110 L por habitante por dia de água é suficiente para atender as necessidades de consumo e higiene. No entanto, segundo o SNIS (2021), nacionalmente essa taxa passa dos 150 L/hab./dia. Em regiões do semiárido como o estado de Alagoas, esse consumo cai, chegando a 85 L/hab./dia, mostrando uma discrepância territorial nas formas de consumo.

### 2.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)

Como retratado anteriormente, a maior parcela de água doce encontrada na natureza é inadequada para o consumo humano e, por vezes, está mal distribuída. Nesse contexto, de modo a garantir a qualidade e a continuidade, os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) atuam em prol da segurança dessas características.

Em síntese, com base no exposto por Azevedo Netto *et al.* (1998), um SAA pode ser descrito como o conjunto de obras, instalações e serviços que se destinam a realizar o abastecimento de água potável para a população. Acrescido a essa caracterização, o Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde da Fiocruz (2010) define o sistema como as obras de engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto hídrico à sociedade, visam majoritariamente superar os riscos à saúde impostos pela água.

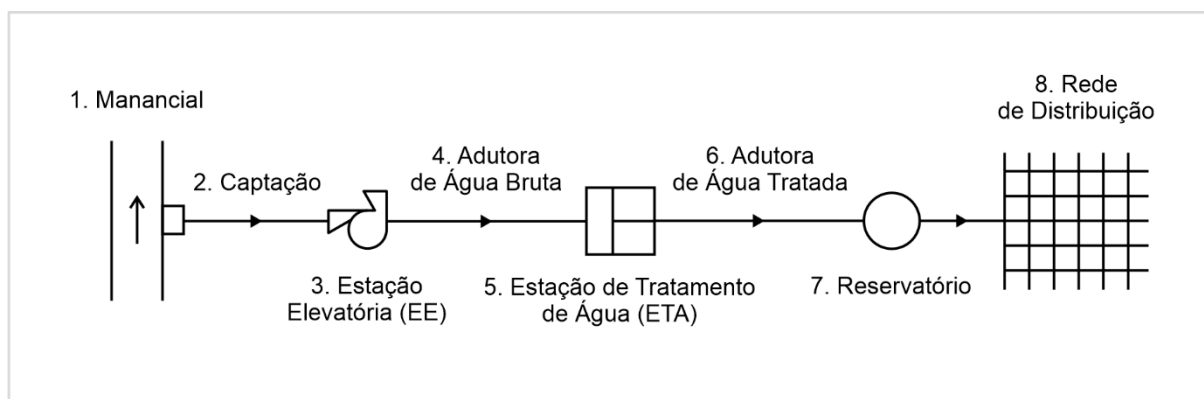
Quanto aos aspectos técnicos, os procedimentos referentes à implantação de um sistema de abastecimento de água estão dispostos na NBR 12211 (ABNT, 1992a). De acordo com a norma, são necessários estudos de concepção que considerem questões topográficas, econômicas e de consumo, por exemplo. Além disso, o projeto executado deve ser apto a suprir o crescimento populacional da região determinada, garantindo a efetividade e a vida útil dos componentes projetados.

#### 2.3.1 Componentes de um sistema de abastecimento de água

De forma geral, não existe arranjo único para as partes constituintes de um sistema público de abastecimento de água, sua estrutura é moldada conforme as necessidades e características de cada região. No entanto, conforme apresentado na Figura 1, convencionalmente, um SAA é constituído pelo manancial, captação, estação elevatória, estação de tratamento, adução, reservatório e rede de distribuição, nesse ordem (Gomes, 2009).

A representação gráfica dos componentes no esquema abaixo segue o padrão gráfico adotado por Tsutiya (2006) para ilustrar o sistema.

Figura 1 – Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água.



Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006).

De acordo com a NBR 12211 (ABNT, 1992a) o sistema deve garantir, no arranjo de suas etapas, um abastecimento contínuo, sanitariamente seguro e sob condições de operações aceitáveis em todas as estruturas de fornecimento.

No aprofundamento do entendimento das partes, a seguir, são detalhados os componentes citados, de maneira a definir melhor suas funções dentro do processo.

### 2.3.1.1 Manancial

O manancial é toda fonte superficial ou subterrânea de onde se retira a água necessária para o abastecimento público de um determinado grupo populacional. Obrigatoriamente, a fonte hídrica deve atender as demandas de vazão máxima de projeto no período de tempo estabelecido e apresentar condições físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas satisfatórias, conforme prescrito nos documentos de aspecto normativo do Brasil, mesmo que passe posteriormente por uma estação de tratamento (ABNT, 1992a; Azevedo Netto *et al.*, 1998).

Alguns autores, como descrito por Heller; Pádua (2010), afirmam que o manancial é uma das partes mais importantes do serviço de abastecimento de água, uma vez que, em virtude da posição ou condição/situação dessa unidade no sistema, a qualidade das demais etapas dependem diretamente desta. No entanto, autores como Azevedo Netto *et al.* (1998) atribuem tal destaque a adução, por exemplo.

### 2.3.1.2 Captação

Por unidade de captação, compreende-se o conjunto de estruturas e aparelhos integrados diretamente ao manancial que atuam na retirada de água destinada ao abastecimento público. Por estarem diretamente relacionados, também podem ser classificados em captação superficial e subterrânea (ABNT, 1992b).

### 2.3.1.3 Estação elevatória

Segundo Gomes (2009), as estações elevatórias são unidades compostas de bombas e tubulações que visam pressurizar a água para superar os desníveis topográficos e/ou as perdas de carga ao longo das canalizações, conduzindo o fornecimento de água por pontos de consumo mais elevados ou distantes. A depender da necessidade, esses sistemas podem ser múltiplos e instalados em diversos trechos de uma mesma rede de abastecimento.

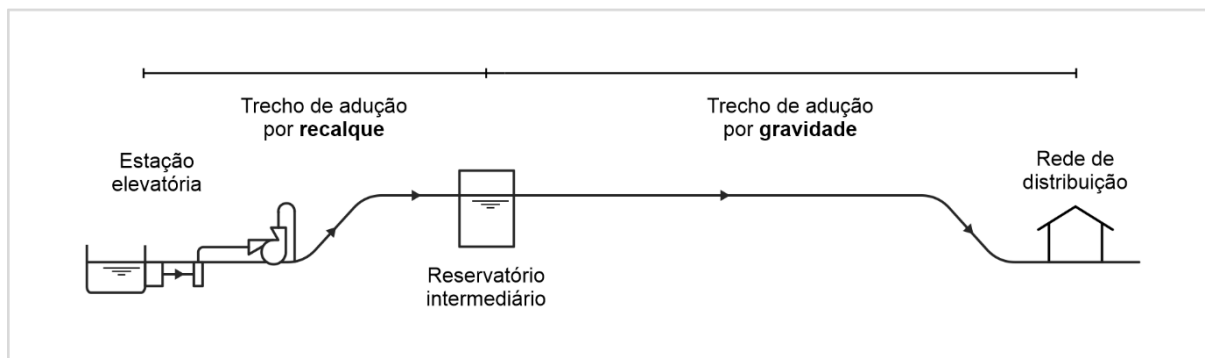
A unidade é subdividida, principalmente, por uma estação de bombeamento, incluindo um sistema de sucção e uma tubulação de recalque. As instalações semelhantes à essa que visam especificamente dar maior pressão e/ou vazão são denominadas do tipo *Booster* e garantem maior potência às adutoras e/ou redes de distribuição (Funasa, 2016).

### 2.3.1.4 Adutora

As adutoras são canalizações destinadas a transportar água entre as etapas operacionais do sistema de abastecimento, interligando a captação à estação de tratamento e desta aos reservatórios. Por definição, não possuem derivações para distribuidoras de rua ou ramais prediais; porém, podem existir ramificações (subadutoras) destinadas a outros pontos do mesmo sistema (ABNT, 2017).

Em função do tipo da água conduzida, as adutoras podem ser denominadas de Adutoras de Água Bruta (AAB) ou Adutoras de Água Tratada (AAT). Levando em consideração a energia utilizada para a movimentação da água, conforme disposto na Figura 2, podem operar por gravidade, recalque ou ambos os meios de movimentação, a depender da topografia do terreno (Azevedo Netto *et al.*, 1998).

Figura 2 – Adutora mista com trecho por recalque e trecho por gravidade.



Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006).

Ainda segundo Azevedo Netto *et al.* (1998), por considerar as adutoras como uma das partes mais importantes do sistema, é necessário que se mantenha cuidados constantes de prevenção e manutenção, para que se evite acidentes que venham a causar interrupções no fornecimento.

#### 2.3.1.5 Estação de Tratamento de Água (ETA)

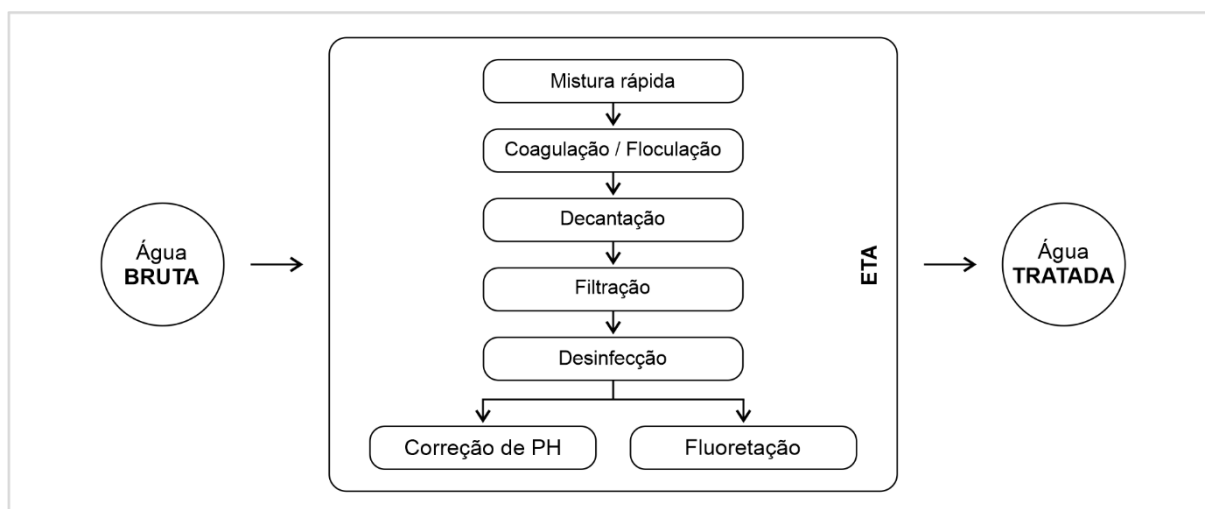
Dado o exposto neste trabalho, é de conhecimento prévio que um sistema de abastecimento público de água tenha por objetivo fornecer índices satisfatórios de potabilidade. Para tal, segundo Azevedo Netto *et al.* (1998), é necessário que a água fornecida pelo manancial passe por processos corretivos, levando em consideração as suas características qualitativas. Nesse sentido, o conjunto de estruturas e instalações que exercem esse papel são denominadas de Estação de Tratamento.

A escolha do tipo de tratamento a ser utilizado depende diretamente das análises prévias da água que chega ao sistema. É interessante observar que, do ponto de vista técnico, qualquer água pode ser tratada. No entanto, nem sempre o risco sanitário, a complexidade ou o valor empregado são compensados, tornando-se o ajuste inviável. Por outro lado, algumas fontes podem ser boas ao ponto que não exijam procedimentos ou necessitem somente de correções simples (Funasa, 2016).

De modo geral, as águas encontradas na maioria das fontes superficiais requerem apenas um tratamento convencional, como descrito na Figura 3. A definição da necessidade ou do método de tratamento deve obedecer à classificação das águas estabelecida pela Resolução do Conama nº 20 de 1986 e seu projeto deve estar conforme as especificidades da NBR 12216 (ABNT, 1992d).



Figura 3 – Fases do tratamento convencional.



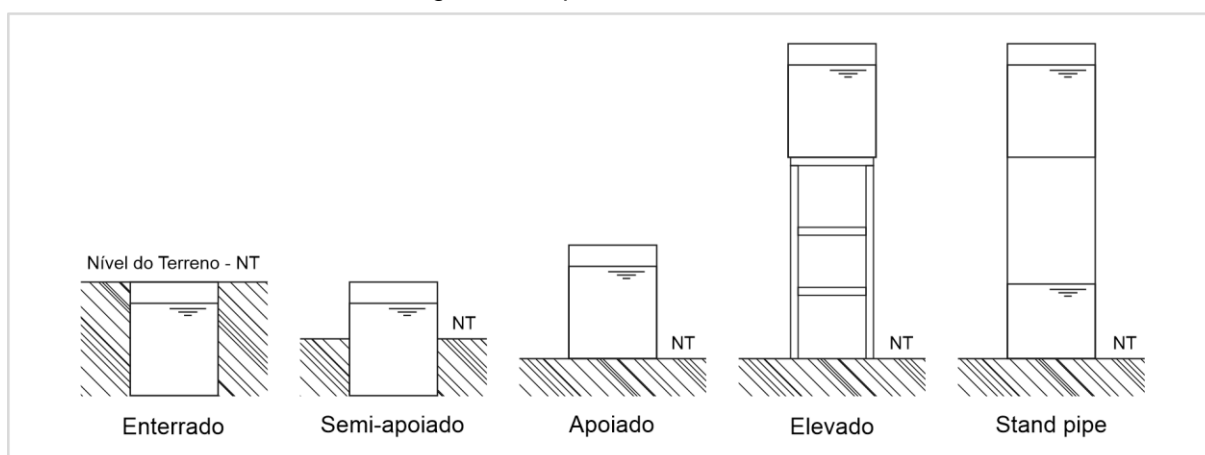
Fonte: Adaptado de Funasa (2016).

### 2.3.1.6 Reservatórios

Os reservatórios de distribuição configuram unidades hidráulicas de passagem e acumulação de água destinadas a regularizar a vazão e pressão dos sistemas de adução, assim como garantir a segurança do abastecimento por ocasiões de interrupções, como por exemplo, reparos nas tubulações. Além disso, supre vazões extras para combates a incêndios e outros propósitos emergenciais (Tsutiya, 2006).

Dependendo da sua posição em relação à rede podem ser classificados como de montante, jusante ou de posição intermediária. Com relação a sua localização no terreno, se dividem em enterrados, semi-apoiados, apoiados, elevados ou de *Stand Pipe*, tal como evidenciado na Figura 4 (Azevedo Netto *et al.*, 1998).

Figura 4 – Tipos de reservatórios.



Fonte: Adaptado de Funasa (2016).

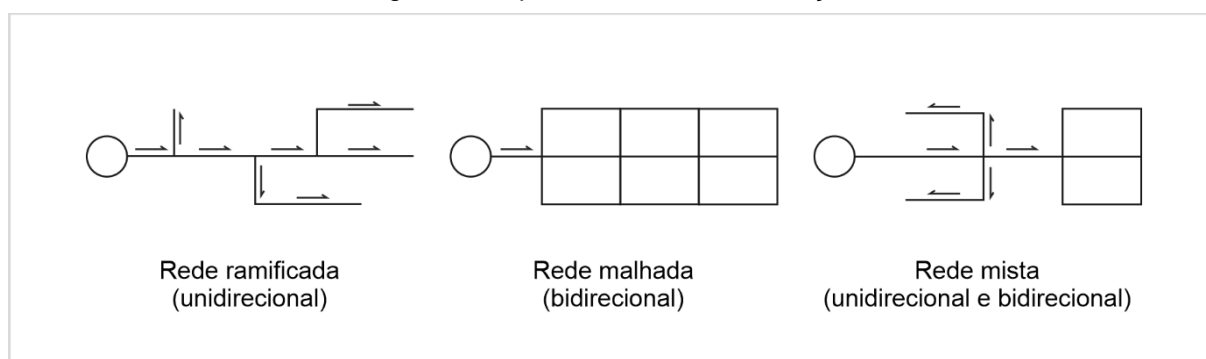
Em relação ao seu material, são comumente executados de concreto armado, alvenaria, concreto protendido, fibra de vidro ou aço. Quanto a sua forma, esta deve proporcionar a máxima economia global, da estrutura de fundação aos equipamentos de operação, assim, normalmente são concebidos na forma circular ou retangular. Porém, os reservatórios não têm restrições normativas quanto a suas características geométricas (Tsutiya, 2006).

### 2.3.1.7 Rede de distribuição

A rede de distribuição é compreendida como a última etapa da estrutura de abastecimento público, sendo constituída por um conjunto de tubulações e peças que conduzem a água em quantidade, vazão e pressão suficiente para os pontos de consumo de uma cidade ou um determinado setor de abastecimento (Porto, 2006).

Conforme a disposição geométrica e o sentido de escoamento nas tubulações, as redes podem ser classificadas em malhadas e ramificadas. O traçado misto corresponde a uma combinação dos dois tipos, normalmente posicionadas em localizações periféricas ou em áreas de expansão do sistema de abastecimento, como exposto na Figura 5 (Gomes, 2009).

Figura 5 – Tipos de redes de distribuição.



Fonte: Adaptado de Gomes (2009).

As redes ramificadas são caracterizadas por possuírem um único sentido e sua distribuição partir de um tronco de abastecimento central. Esta concepção geométrica normalmente é empregada em pequenas comunidades, visto que se trata de uma disposição mais barata. No entanto, quando comparado aos demais tipos, apresenta maiores inconveniências de manutenção (Porto, 2006; Gomes, 2006).

Ainda segundo Porto (2006), as redes malhadas, em vez de possuírem um único tronco, formam anéis nos quais o sentido da vazão pode mudar. Com esse tipo de disposição, qualquer ponto do sistema pode ser abastecido por mais de um caminho, o que permite maior flexibilidade na manutenção e adequação às demandas.

Em virtude da sua dimensão e seu grande número de peças, a rede de distribuição é uma das unidades mais complexas e caras do sistema. Portanto, é necessário dar a devida atenção para o dimensionamento dessas instalações.

## 2.4 LIGAÇÃO E TIPOS DE ESTRUTURAS RESIDENCIAIS DE ÁGUA

Como forma de elucidar o percurso de distribuição da água potável por completo e explicar conceitos posteriormente exibidos nesse trabalho, este tópico tem por objetivo apresentar brevemente as últimas etapas decorrentes do abastecimento, mas agora no que se diz respeito às ligações prediais e as estruturas residenciais.

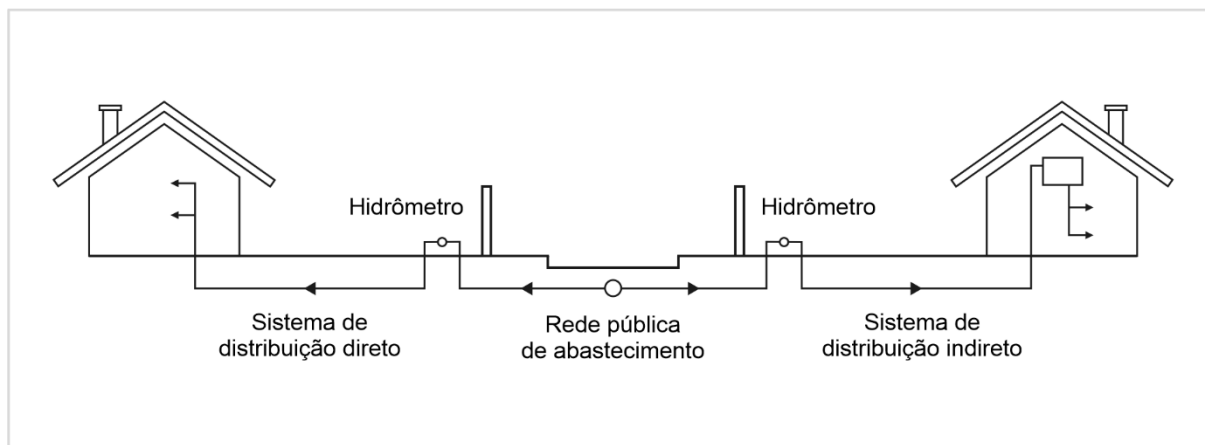
A ligação predial é uma estrutura construída com a finalidade de conectar à rede pública de distribuição de água potável com as instalações residenciais dos consumidores finais (Tsutiya, 2006).

Por instalações residenciais de água compreende-se as estruturas internas que fornecem a correta captação, transporte e armazenagem da água em nível domiciliar. (ABNT, 1998). Pode-se afirmar que essa estrutura é construída com base no modelo de fornecimento de água da região, pois a necessidade de reservação depende primordialmente da pressão e das ocorrências de interrupção. Na mesma medida que, o consumo registrado nessas ligações é de fundamental importância no cálculo da demanda de água para a população.

Quando o sistema de abastecimento de água é contínuo, a necessidade de grandes volumes de reservação na residência nem sempre é necessária, uma vez que o sistema fornece água 24h por dia. Do contrário, opta-se por reservatórios maiores que consigam compensar as interrupções do fornecimento. Segundo a presença ou não dessas reservas, o sistema de distribuição pode ser classificado em direto ou indireto, conforme ilustrado na Figura 6 abaixo. Há também a possibilidade de ambos os tipos de sistemas fornecerem água para a mesma residência, sendo considerado de categoria mista (Macintyre, 1996).

Em relação à posição do reservatório, este depende da pressão da rede pública que, quando insuficiente, necessita de bombeamento próprio na residência.

Figura 6 – Tipos de sistema de abastecimento residencial.



Fonte: Autor (2023).

Observa-se que a maioria das escolhas pautadas aqui dependem da qualidade do sistema de abastecimento público, o que reforça a necessidade de se desenvolver estruturas eficientes e demonstra seu impacto financeiro nas instalações residenciais.

## 2.5 GESTÃO E REVISÃO DOS SAAs

Para que um sistema de abastecimento de água potável atinja seu propósito em atender a população de forma universal, é insuficiente englobar apenas seus requisitos técnicos, como disposto nos capítulos anteriores. Pois, segundo Heller e Pádua (2010), nada adianta um sistema de abastecimento ser concebido de forma apropriada e construído conforme as soluções modernas, se o serviço não se organiza para assegurar a sua sustentabilidade.

Ainda segundo os autores, as barreiras para um sistema de abastecimento seguro passam por muitas variantes que não são da esfera técnica. De modo mais comum, as restrições localizam-se na inexistência de políticas públicas adequadas, na ausência de planejamento dos serviços, em uma política tarifária imprópria e na desarticulação com as políticas urbanísticas, por exemplo.

Pode-se sintetizar esse cenário como a necessidade de sustentabilidade dos serviços, a ser garantida por instrumentos de gestão em dois níveis: o modelo segundo o qual o serviço se organiza e as práticas de gestão. Entre os que integram este último, estão os mecanismos para a participação das comunidades nas tomadas de decisões sobre os serviços de abastecimento de água, sendo reconhecido como

um requisito para o bom êxito do serviço, o que determina a abertura de canais para a participação da percepção do cidadão (Heller; Pádua, 2010).

Okun e Ernst (1987) cerca de três décadas atrás já apontavam a necessidade da participação das comunidades nos processos de representação e influência na operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água, mostrando que sua importância não advém apenas dos dias atuais. Segundo os autores, o sucesso desse tipo de sistema a longo prazo depende de uma gestão onde se considere o ponto de vista da população como ferramenta de melhoria do sistema.

Desse modo, dada a devida atenção à consulta do contentamento social em relação ao serviços públicos e a possibilidade dos aprimoramentos diante esse tipo de contato, podem ser implantados mecanismos de pesquisa a respeito dos serviços prestados à sociedade. Sendo uma ferramenta em detrimento das outras, pois se justifica na obrigação legal de transparência e abertura da participação social nos atos de gestão (Lima; Rocha, 2017).

Em suma, isso demonstra que as pesquisas de cunho informativo são uma fonte relevante para a concessionária, pois é a partir dessas constatações que o serviço pode solucionar possíveis falhas nos âmbitos estrutural e operacional. Alguns trabalhos como o de Silva (2021) e Maia *et al.* (2016) reforçam essa análise, evidenciando as problemáticas do sistema a partir do ponto de vista do consumidor.

Outra boa prática de gestão desafiadora e de responsabilidade dos operadores do sistema é antecipar, planejar e prever as variáveis que podem comprometer a qualidade do produto e do serviço prestado. Como forma de gerir os riscos envolvidos no processo de captação até a casa do consumidor, o Plano de Segurança da Água (PSA), descrito pela NBR 17080 (ABNT, 2023) usa como referência o PSA da Organização Mundial da Saúde (OMS) e tem como objetivo descrever ferramentas metodológicas e ações para garantia do abastecimento seguro à saúde humana.

De acordo com a norma, apenas o monitoramento de contaminantes químicos e/ou microbiológicos passíveis de quantificação é limitado, uma vez que não se pode considerar todas as substâncias presentes na água e muito menos o efeito das suas ações combinantes. Nesse sentido, usa-se o conceito de múltiplas barreiras, que preconiza a utilização de ferramentas administrativas, gerenciais, tecnológicas e educacionais para garantir a qualidade da água em toda cadeia de processos, como por exemplo, ações de preservação a áreas de manancial e desenvolvimento de

programas que assegurem a integridade da estrutura de armazenagem de distribuição da água tratada (ABNT, 2023).

Quanto a sua implementação, o PSA pode variar de complexidade, conforme características do local implementado e o porte do SAA. No entanto, todos partem do princípio da análise de riscos identificados no diagnóstico do sistema que por consequente levam a definição de medidas de controle (Alejandro, 2023).

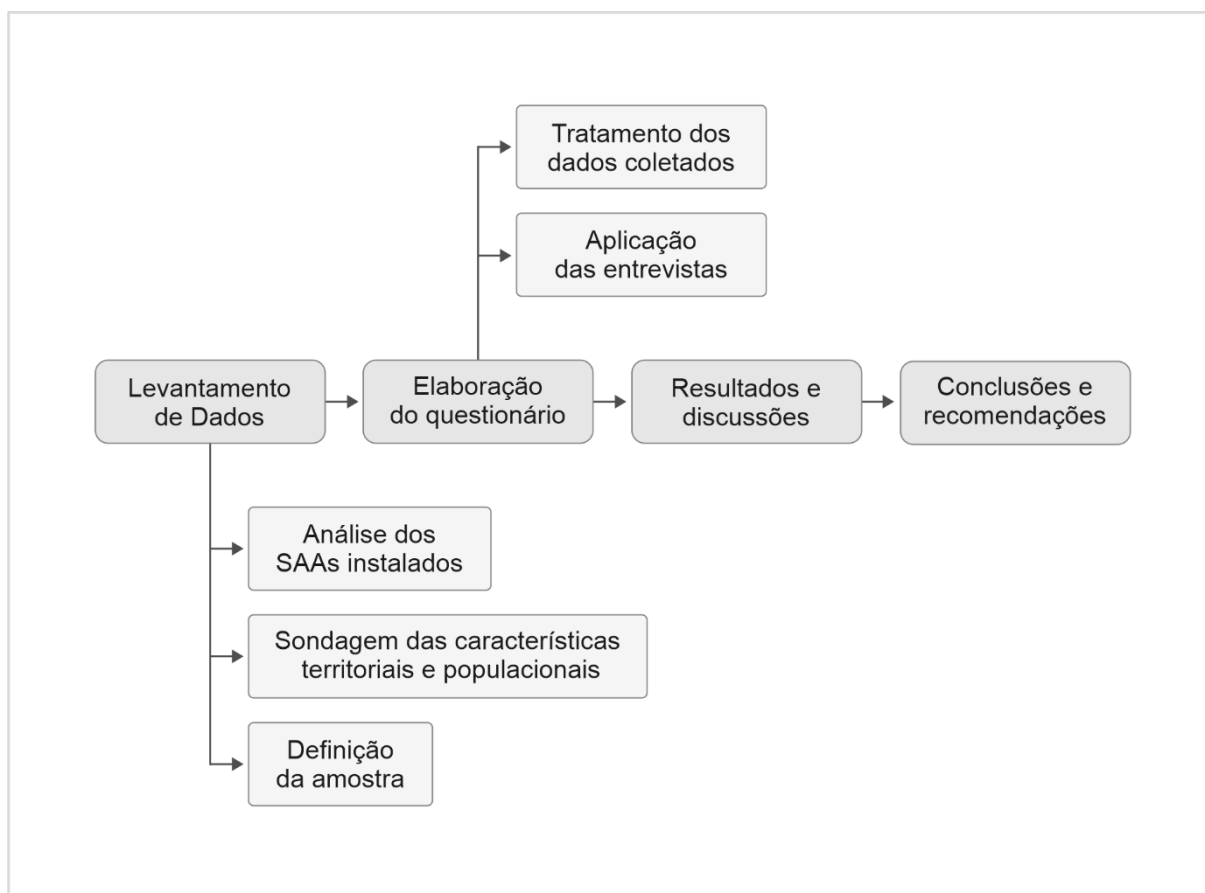
O Plano de Segurança da Água ainda é utilizado em poucos SAAs, mas se mostra uma medida fundamental para identificar problemas voltados à qualidade da água além dos processos convencionais já adotados.

Isso evidencia que os modelos e práticas de gestão são ferramentas essenciais para a conservação e desenvolvimento eficaz de um sistema de abastecimento que, junto a sua estrutura técnica, proporciona efetividade em seus objetivos e acompanham o processo dinâmico das demandas populacionais, atingindo também os aspectos sociais, ambientais e econômicos aos quais esse tipo de sistema de abastecimento de água se destina.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na realização da pesquisa foi desenvolvida com base nos objetivos propostos e segue as etapas descritas no fluxograma da Figura 7.

Figura 7 – Etapas do processo metodológico adotado.



Fonte: Autor (2023).

Além de apresentar os métodos e materiais de cada fase, o presente capítulo também especifica as características e o contexto hídrico da região, conforme exposto nos tópicos seguintes.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA

Faz-se necessário, conforme Gerhardt e Silveira (2009), identificar e selecionar o método adequado de pesquisa ao objeto de estudo.

Assim, quanto aos objetivos, a pesquisa é considerada exploratória, pois teve como intuito proporcionar maior familiaridade com o fenômeno estudado, uma vez que

não foram encontrados estudos sob o ponto de vista dos usuários em relação aos sistemas locais de abastecimento de água analisados. No entanto, ainda que a investigação tenha se mostrado exploratória, o trabalho também assumiu aspectos descritivos, pois buscou caracterizar as estruturas e o contexto inserido.

Do ponto de vista dos procedimentos, a pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, dado que procurou obter uma investigação aprofundada e detalhada sobre uma situação específica estudada. Para isso, foram coletadas informações de fontes variadas, como análise de documentos, observações, material bibliográfico extenso, comentários dos residentes locais e aplicação de questionários objetivos por meio de visitas presenciais.

Já considerando a perspectiva da abordagem, o trabalho é classificado como quali-quantitativo. Enquanto as descrições, compreensões e relatos configuraram dados qualitativos, as informações estatísticas, gráficos e cálculos matemáticos constituíram materiais quantitativos, o que permite, segundo Ensslin e Vianna (2007), que a junção das abordagens obtenha uma avaliação mais integral da dinâmica entre o mundo real, o sujeito e a pesquisa na realidade local.

Por fim, e não menos importante, com relação à sua natureza, o estudo é definido como aplicado, visto que gerou uma base de dados para aplicação prática, sendo dirigido à solução de problemas específicos locais (Gerhardt; Silveira, 2009).

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

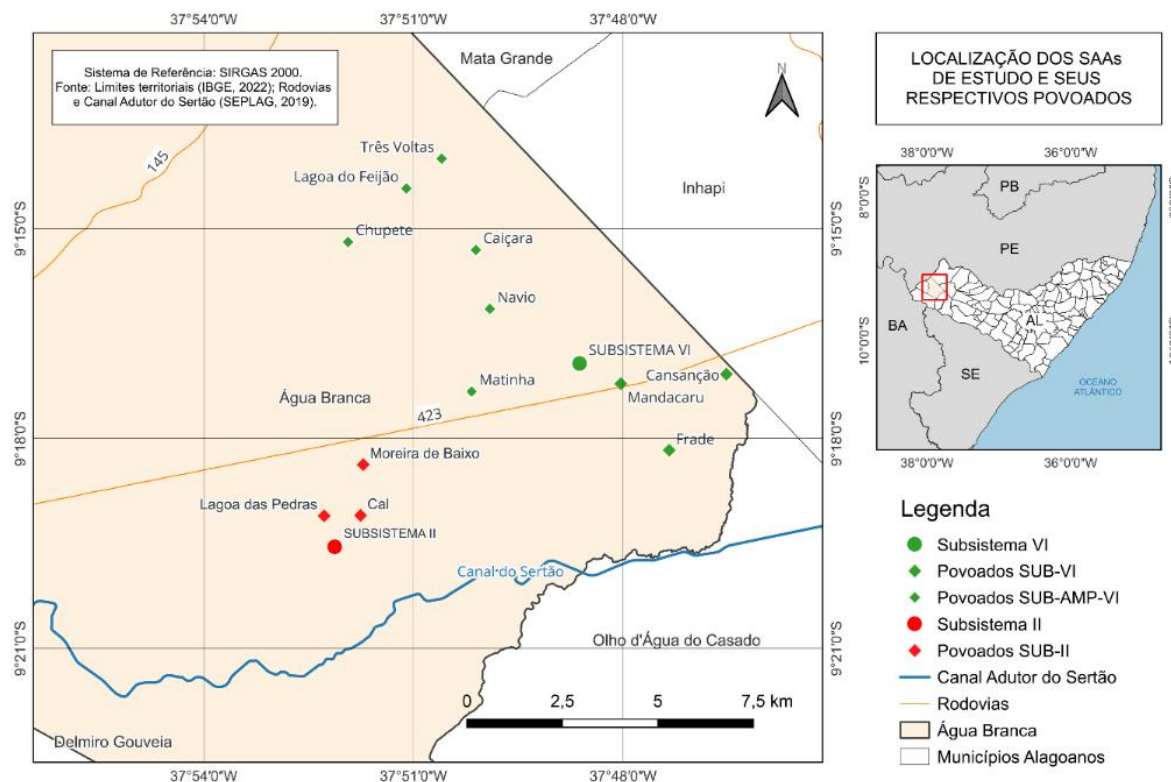
Na descrição metodológica é importante contextualizar o ambiente em que a pesquisa foi aplicada, entendendo melhor a conjuntura administrativa, ambiental e econômica. Logo, descreve-se a área de estudo e sua infraestrutura hídrica a seguir.

### 3.2.1 Dados gerais

A área de estudo é formada por 12 povoados da zona rural do município de Água Branca, no estado de Alagoas, dos quais são beneficiados por 2 sistemas de abastecimento de água implantados pela Codevasf e geridos pela prefeitura municipal, conforme ilustrado na Figura 8. O local delimitado engloba cerca de 552 domicílios particulares permanentes, que abrangem cerca de 10% dos 19.000 habitantes do município (IBGE, 2022; Água Branca, 2023).



Figura 8 – Localização dos SAAs estudados e seus respectivos povoados.



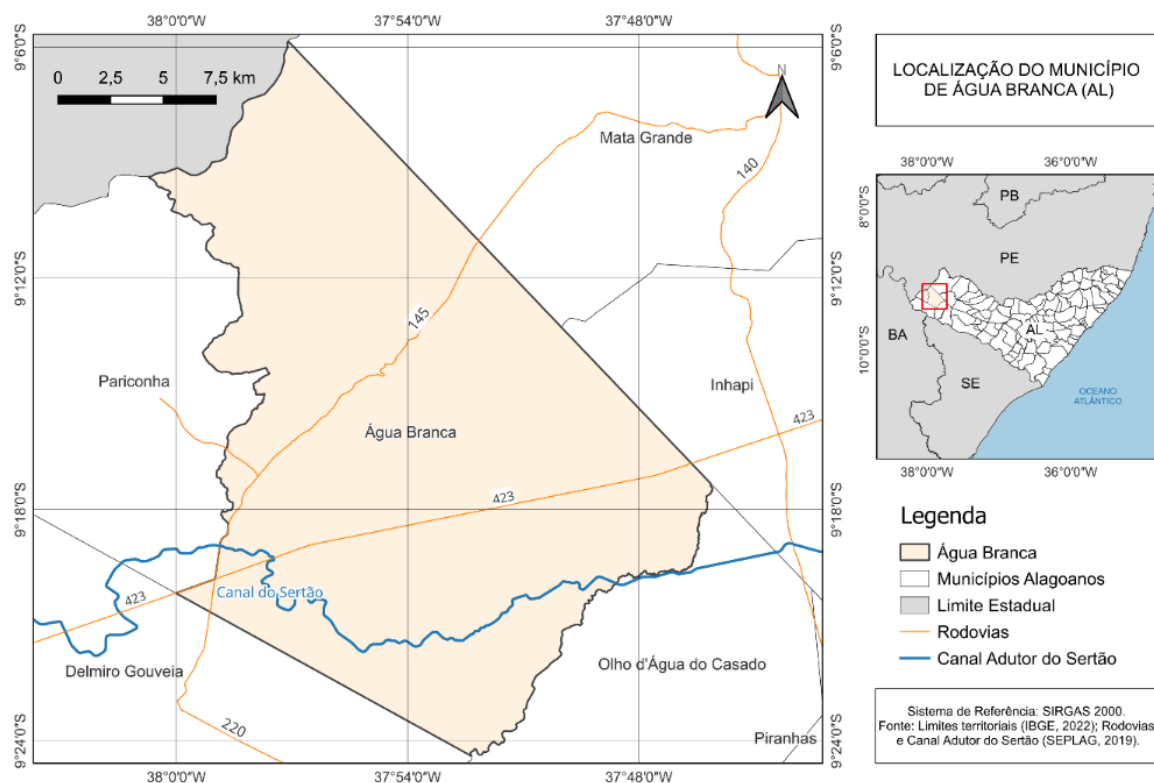
Fonte: Autor (2023).

De acordo com o IBGE (2022), Água Branca possui uma extensão territorial de aproximadamente 468,229 Km<sup>2</sup>, divididos em cerca de 195 localidades. O município se encontra na mesorregião do sertão alagoano, nas coordenadas 9° 15' 39" de latitude ao sul e 37° 56' 10" de longitude a oeste. O bioma predominante é a caatinga, caracterizada por sua vegetação adaptada às condições áridas, e o seu clima principal é o semiárido, conhecido por suas chuvas escassas e temperaturas elevadas.

Quanto aos seus limites municipais, ao norte, o território faz divisa com Mata Grande (AL) e Inhapi (AL); ao sul, Delmiro Gouveia (AL); a oeste, Pariconha (AL) e Tacaratu (PE); e a leste, Olho D'Água do Casado (AL). Para adentrar ao município as principais vias de acesso são a BR-423 e a AL-145, como evidencia o mapa da localização de Água Branca na Figura 9 abaixo.

Ainda segundo o IBGE, no ano de 2020, o município obteve um produto interno bruto (PIB) per capita de R\$8.238,26, sendo suas principais atividades econômicas o comércio, os serviços, a agropecuária e as atividades de silvicultura e extrativismo vegetal. No ano de 2021, o salário médio mensal era de aproximadamente 2 salários mínimos e a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era um pouco mais de 7%.

Figura 9 – Localização do município de Água Branca – AL.



Fonte: Autor (2023).

Acerca dos seus recursos hídricos, a região está inserida na bacia do rio São Francisco e na sub-bacia do rio Moxotó. No que se refere às águas subterrâneas, encontra-se situada no domínio hidrogeológico fissural (Mascarenhas *et al.*, 2005).

### 3.2.2 Infraestrutura hídrica

A principal estrutura hídrica de abastecimento público do município de Água Branca é o sistema integrado do alto sertão, sendo responsável por abastecer 8 municípios do sertão alagoano. Apesar da abrangência, o fornecimento é destinado em sua maior parte para os grandes centros urbanos. No entanto, quando fornecida para a zona rural, a extensão mostra-se pouco eficaz na sua distribuição, o que provoca constantes reclamações acerca da disponibilidade da água.

Logo, decorrente da defasagem hídrica rural, iniciativas governamentais tentam amenizar esses problemas. Através, por exemplo, dos subsistemas implantados pela Codevasf e os programas de captação das águas pluviais, que implementam cisternas familiares, escolares e de uso comunitário nas residências.

Ainda assim, devido muitas das vezes a topografia e/ou ao difícil acesso, boa parte da população do município ainda tem dificuldade de receber água potável em suas residências. Em virtude disso, a água destinada a essas localidades são oriundas de poços e outras soluções alternativas. Segundo a secretária de agricultura e meio ambiente do município (2023), em toda extensão territorial de Água Branca, 879 domicílios ainda realizam ou complementam seu abastecimento por meio da operação carro-pipa do governo federal (OCP), o que representa um número preocupante.

Sobre a disponibilidade, de modo geral, a água captada para todos esses meios de abastecimento advém exclusivamente do canal do sertão, dado que a presença de rios e açudes que possam atender à vazão demandada são escassos na região.

O canal do sertão alagoano consiste em uma transposição de parte do fluxo hídrico do rio São Francisco, tendo como objetivo levar água para os municípios do interior de Alagoas que mais sofrem com o fenômeno das secas. Totalizando 250 Km de extensão, a estrutura atende cerca de 1 milhão de habitantes, aproximadamente 30% da população do estado, promovendo o abastecimento e desenvolvimento hídrico no entorno da sua região (Alagoas, 2017).

### 3.3 MODELO DE QUESTIONÁRIO

O questionário foi o principal instrumento de pesquisa empregado na coleta de informações do trabalho. Para seu desenvolvimento, foram utilizados como base os objetivos do estudo e as recomendações metodológicas descritas por Fonseca (2002).

As perguntas foram elaboradas de maneira simples e objetiva, atribuindo opções de respostas predeterminadas. Porém, como forma de ampliar a investigação, também foi disponibilizado um campo de observações para comentários pertinentes que o interrogado viesse a realizar. Segundo Fonseca (2002), as respostas objetivas são facilmente tratadas e permitem guiar o morador por possibilidades esquecidas ou ignoradas. Além disso, possuem a vantagem de serem facilmente classificadas e codificadas, se tornando fundamental para as análises propostas.

Na disposição das perguntas, foram agrupadas as questões referentes a três grupos: características demográficas, estrutura e abastecimento, e opinião do usuário. Em cada um dos grupos, as questões foram ordenadas de forma lógica, estabelecendo uma linha de raciocínio para aqueles que respondiam o questionário.

Na seção demográfica, foram formuladas questões relacionadas a quantidade de moradores por unidade residencial, idade, renda e nível de escolaridade. Segundo Tsutiya (2006), as características dos habitantes estão diretamente associadas ao seu consumo de água e por sua vez, aos sistemas de abastecimento. Por isso, devem ser pontuadas e levadas em consideração em um diagnóstico.

No grupo de questões que trata da estrutura e abastecimento, foram dispostas questões relacionadas ao uso dos sistemas, o fornecimento e a estrutura residencial de recebimento, como hidrômetros e reservatórios. Aqui buscou-se compreender a dinâmica do abastecimento e como isso afetou os reservatórios e as demais estruturas residenciais de recebimento da água.

Por último, foram realizadas perguntas envolvendo de forma mais ampla a opinião do usuário. Nesse tópico, o objetivo foi avaliar a satisfação da população em relação à estrutura dos sistemas, sua implantação e possíveis problemas quanto à qualidade da água e o serviço prestado ao consumidor.

De forma geral, as questões procuraram entender a percepção que o usuário tem dos sistemas e seus serviços, por esse motivo, não se preocuparam em obter informações de procedência puramente técnica, uma vez que não fizeram parte da abordagem proposta por essa pesquisa.

O questionário descrito neste tópico pode ser encontrado no Apêndice A. Além dos componentes citados, foi desenvolvido um cabeçalho enquadrando a natureza do estudo, assim como uma nota que apresenta os termos de uso.

### 3.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA ESTATÍSTICA

Dado o escopo do estudo, por questões financeiras, de limitação de tempo e mão de obra, seria inviável aplicar uma pesquisa presencial em todas as residências dos povoados trabalhados. Por isso, nesse tipo de caso, é comumente utilizado de uma amostra populacional estatística para a qual é possível generalizar conclusões dentro de uma margem de erro pré-estabelecida.

De acordo com Triola (2017), podemos definir uma amostra como sendo uma proporção populacional que representa as características e comportamentos de um conjunto de dados muito maior do que os observados. Ainda segundo o autor, para o grupo do qual se extrai a amostra sob investigação dar-se o nome de população

universo ou apenas população, aqui não sendo compreendida como um sinônimo utilizado para descrever necessariamente um conjunto de pessoas.

Assim, considerando que o número de unidades residenciais é equivalente ao número de ligações domiciliares de água, foi possível determinar a população utilizada como sendo o total de residências particulares permanentes ocupadas na data de referência trabalhada, a qual é definida como maio de 2023.

Na Tabela 1, são apresentados os dados mencionados, coletados por meio do Programa Saúde da Família (PSF), os quais foram disponibilizados pela secretaria de saúde do município de Água Branca.

Tabela 1 – População amostra sob investigação.

Nº	Povoados	SAA	Residências perm. ocupadas (und.)
01	Cal		063
02	Lagoa das Pedras	SUB II	098
03	Moreira de Baixo		137
04	Cansanção		033
05	Frade		012
06	Mandacaru		044
07	Caçara		005
08	Chupete	SUB VI	071
09	Lagoa do Feijão		010
10	Matinha		019
11	Navio		046
12	Três Voltas		008
<b>Total</b>			<b>552</b>

Fonte: Água Branca (2023); Autor (2023).

É importante mencionar que o IBGE não divulga as informações populacionais a esse nível, sendo os setores censitários os menores territórios de detalhamento fornecido. Por esse motivo, buscou-se outra fonte, se utilizando de um caminho semelhante ao realizado pela Codevasf na definição da população de projeto.

Pontua-se também que, o número total de pessoas atendidas não poderia ser considerado, pois o fornecimento de água é destinado de forma igualitária para todos os moradores da mesma unidade residencial, sendo a sua utilização prejudicial quanto a heterogeneidade da amostra.

Isto posto e a população analisada definida, outros conceitos para a realização do cálculo da amostra são apresentados por Triola (2017):

- Margem de erro: índice que corresponde a estimativa máxima de erro dos resultados obtidos por uma pesquisa baseada em uma amostra. Este fator é definido pelo autor do estudo, aqui estipulado como sendo de 6% ou 0,06;
- Intervalo de confiança: faixa de valores que fornece uma medida de incerteza utilizada para estimar o verdadeiro valor do parâmetro populacional;
- Nível de confiança: probabilidade de que o intervalo de confiança realmente contenha o parâmetro populacional. Um nível de confiança de 95% é o mais comum porque ressalta um bom equilíbrio entre precisão e confiabilidade;
- Valor crítico: número que separa estatísticas amostrais que têm chance de ocorrer daquelas que não têm. Usando uma distribuição normal padrão para um nível de confiança de 95%, encontra-se um valor crítico de 1,96.

Assim, de posse dos conceitos e valores, determinamos o tamanho da amostra (n) para uma população finita conhecida, dada pela Equação 1.

$$n = \frac{N \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{\hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) \cdot E^2} \quad (1)$$

Onde:

- (n) é o tamanho da amostra;
- (N) é a população;
- ( $Z_{\alpha/2}$ ) é o valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;
- (E) é a margem de erro.

As variáveis  $\hat{p}$  e  $\hat{q}$  são, respectivamente, a proporção populacional de pessoas que pertencem e não pertencem ao grupo de estudo. Segundo Triola (2017), se não se conhece nenhuma dessas estimativas, como é comumente usual, substitui ambas variáveis por 0,5. Desse modo, chega-se à Equação 2 descrita abaixo.

$$n = \frac{N \cdot 0,25 \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{0,25 \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) \cdot E^2} \quad (2)$$

Colocando os dados definidos na Equação 2, obtém-se o seguinte tamanho amostral (n) para o subsistema II:

$$n_{\text{SUB II}} = \frac{298 \cdot 0,25 \cdot (1,96)^2}{0,25 \cdot (1,96)^2 + (298 - 1) \cdot 0,06^2} \cong 142$$

De modo semelhante, repete-se os cálculos para o subsistema VI e encontra-se também o tamanho da amostra para essa estrutura:

$$n_{\text{SUB VI}} = \frac{248 \cdot 0,25 \cdot (1,96)^2}{0,25 \cdot (1,96)^2 + (248 - 1) \cdot 0,06^2} \cong 129$$

Obtida a amostra, fez-se necessário definir a quantidade de questionários aplicados por região, garantido a distribuição uniforme entre os povoados. Dessa forma, utilizando proporção simples, a amostra foi dividida conforme apresentado na Tabela 2 disposta a seguir.

Tabela 2 – Quantidade de questionários por povoado.

Nº	Povoados	SAA	Amostra (n)	Proporção <sup>1</sup>	Questionários Amostra (n) Proporcional
01	Cal	SUB II	142	21%	30
02	Lagoa das Pedras			33%	47
03	Moreira de Baixo			46%	65
04	Cansanção	SUB VI	129	13%	17
05	Frade			05%	06
06	Mandacaru			18%	23
07	Caiçara			02%	03
08	Chupete			29%	37
09	Lagoa do Feijão			04%	05
10	Matinha			08%	10
11	Navio			19%	24
12	Três Voltas			03%	04
		<b>Total</b>	<b>271</b>	<b>-</b>	<b>271</b>

Fonte: Autor (2023).

Contudo, levando em consideração que a taxa de sucesso na aplicação podia variar, foi necessário reconhecer o território de antemão para identificar as residências que não estavam ocupadas na data de referência, medida necessária visto que o município tem um elevado êxodo rural. Com isso, estipulou-se uma seleção de casas

<sup>1</sup> Proporção de residências permanente ocupadas por povoado na data de referência definida.

20% maior que a quantidade mínima necessária. A margem de segurança também cobriu a seleção aleatória via satélite de possíveis residências de veraneio e com recusas de respostas, sendo os dados finais apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade de questionários amostra com a margem de segurança.

Nº	Povoados	SAA	Amostra (n)	Questionários Amostra (n) Proporcional	+20%
01	Cal	SUB II	142	30	36
02	Lagoa das Pedras			47	56
03	Moreira de Baixo			65	78
04	Cansanção	SUB VI	129	17	21
05	Frade			06	07
06	Mandacaru			23	27
07	Caiçara			03	04
08	Chupete			37	44
09	Lagoa do Feijão			05	06
10	Matinha			10	12
11	Navio			24	29
12	Três Voltas			04	05
Total			271	271	325

Fonte: Autor (2023).

Menciona-se também que com esse procedimento, foi possível delimitar de forma mais precisa os povoados, haja vista que as fronteiras entre esses territórios não são definidas geograficamente por órgãos oficiais.

Dessa forma, obteve-se 170 questionários para o subsistema II e 155 para o subsistema VI, sendo, respectivamente, 142 e 129 questionários mínimos por sistema. Na possibilidade de a aplicação dos questionários ser maior que a mínima calculada, a margem de erro da pesquisa diminui, o que é benéfico para o estudo, do contrário, espera-se uma margem de erro um pouco maior.

### 3.5 EXECUÇÃO DA PESQUISA

Desenvolvido o material necessário para a execução da pesquisa e conhecido o objeto de estudo selecionado, foi possível aplicar a pesquisa proposta nos povoados beneficiados pelos sistemas. A aplicação aconteceu entre os dias 01 de outubro a 30 de novembro de 2023, conforme os passos e o uso das ferramentas descritas nos três pontos dispostos abaixo:



- Passo 01 – Escolha aleatória das residências através da elaboração de mapas no software livre QGIS (Apêndice B), levando em consideração a população amostral e a taxa de sucesso na coleta de 80%;
- Passo 02 – Aplicação do questionário nas residências por meio de visita presencial as residências, utilizando os mapas e os questionários impressos;
- Passo 03 – Tratamento das informações coletadas em planilhas, gráficos e infográficos criados mediante uso da ferramenta Microsoft Excel.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo, serão divulgados e discutidos os resultados alcançados por meio da metodologia aplicada, os quais constituíram um amplo diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água analisados sob o ponto de vista do usuário.

### 4.1 SAAs IMPLANTADOS PELA CODEVASF NO MUNICÍPIO

De acordo com a 5ª Superintendência Regional da Codevasf (2023), foram implantados quatro subsistemas de abastecimento de água para consumo humano no município de Água Branca – AL, intitulados de subsistema II, IV, VI e VIII. Pelo termo subsistema, compreende-se as estruturas de abastecimento de água potável que derivam das instalações de aproveitamento hidroagrícola de cada um dos projetos.

Apesar disso, identificou-se que apenas duas das instalações estavam aptas ao trabalho proposto. Ao investigar o subsistema IV, verificou-se que os povoados beneficiados não estavam localizados no território de estudo, pois pertenciam ao município de Delmiro Gouveia – AL. A constatação foi confirmada pela análise de mapas via satélite e, posteriormente, pela própria 5ª Superintendência Regional.

Sobre o subsistema VIII, a estrutura encontrava-se dentro da área delimitada, mas não estava finalizada. De acordo com a Codevasf, a rede elétrica de média tensão e a automação da captação e da estação de tratamento de água não foram contempladas na planilha contratual, o que impossibilitou a conclusão das instalações.

Dado os motivos descritos, foram analisados apenas os subsistemas II e VI, pois foi possível coletar a opinião dos usuários nesses locais. Por meio das conversas com os gestores e da análise exploratória, verificou-se que os subsistemas estavam funcionando de maneira diferente do que era descrito pelo relatório síntese de projeto. Assim, as estruturas foram especificadas segundo sua idealização e funcionamento.

No que se refere à gestão, ambos os subsistemas foram desenvolvidos para ficarem sob operação das cooperativas dos povoados beneficiados. Contudo, devido principalmente aos altos custos de operação e ao desinteresse do público, atualmente os subsistemas estão sob controle da prefeitura do município. Antes disso, foi operado por cerca de um ano pela própria Codevasf, conforme relata a população<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Informação verbal fornecida pela população em outubro de 2023.

### 4.1.1 Subsistema II

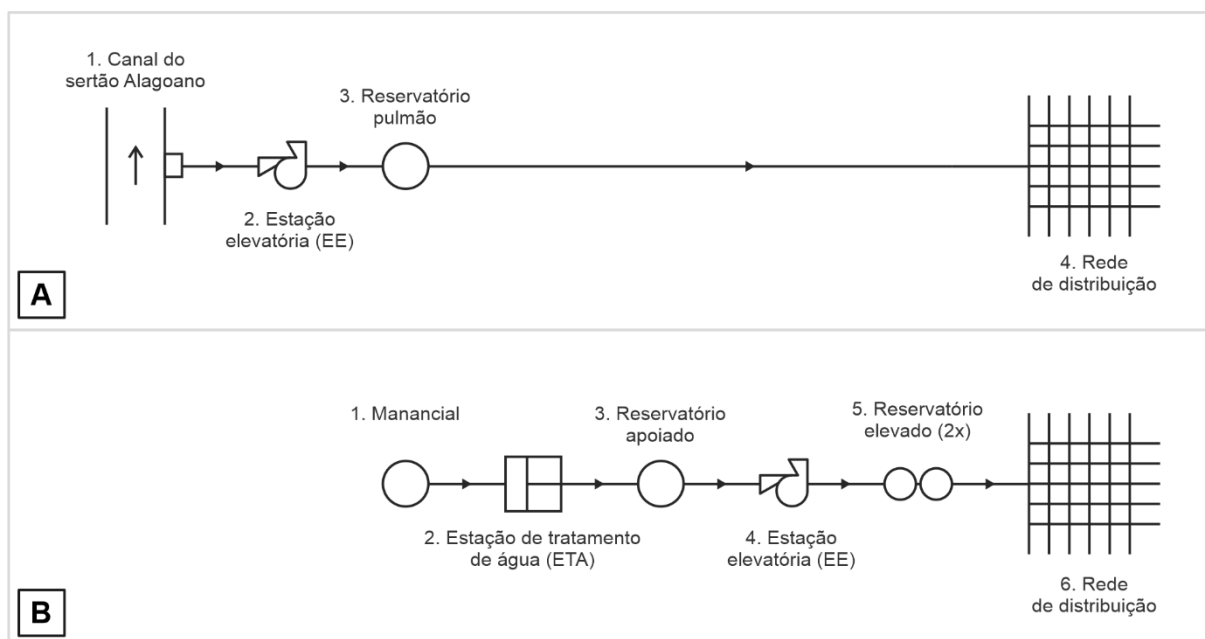
O subsistema II é responsável por atender os povoados Moreira de Cima, Cal e Lagoa das Pedras que ao todo, segundo informações da secretaria de saúde do município, somam 1.017 habitantes em 298 domicílios (Água Branca, 2023). Embora a região já contasse com um sistema de abastecimento de água antes da instalação do subsistema, a estrutura sempre foi alvo de críticas e apontamento de problemas, demandando a implementação de uma estrutura mais eficiente.

Esperava-se que o subsistema II suprisse esses problemas, mas não foi o que ocorreu. Atualmente, a gestão não mantém os padrões de qualidade e manutenção necessários, resultando em um funcionamento inadequado e, por vezes, em pausas nos sistemas. O que surpreende, no entanto, é que as instalações são funcionais.

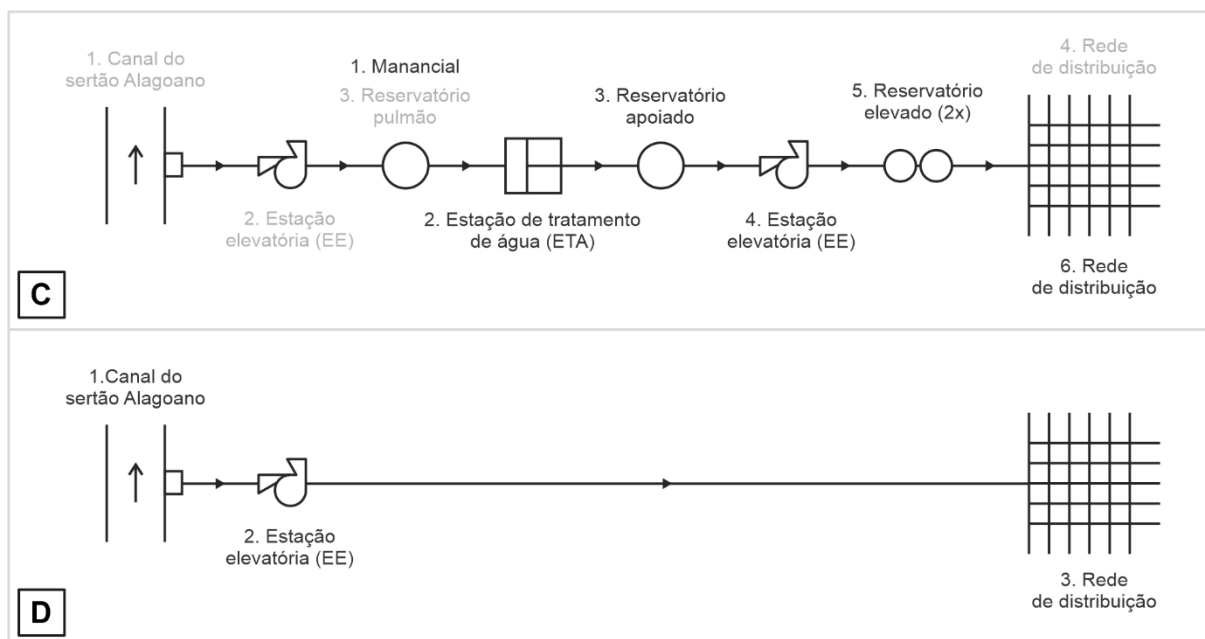
A seguir, apresentam-se os componentes que integram a estrutura. Na Figura 10 (a), são mostradas as instalações constituintes do projeto de aproveitamento hidroagrícola, cuja função consiste em distribuir água bruta para desenvolvimento da agricultura local. Na Figura 10 (b), são apresentadas as instalações de abastecimento de água para o consumo humano. Na Figura 10 (c), evidencia-se a estrutura instalada, e na Figura 10 (d), são destacadas as etapas em funcionamento.

Figura 10 – Desenho esquemático do SUB II. (a) Projeto de aproveitamento hidroagrícola. (b) SAA para consumo humano. (c) Estrutura geral instalada. (d) Instalações em funcionamento.

(continua)



(conclusão)

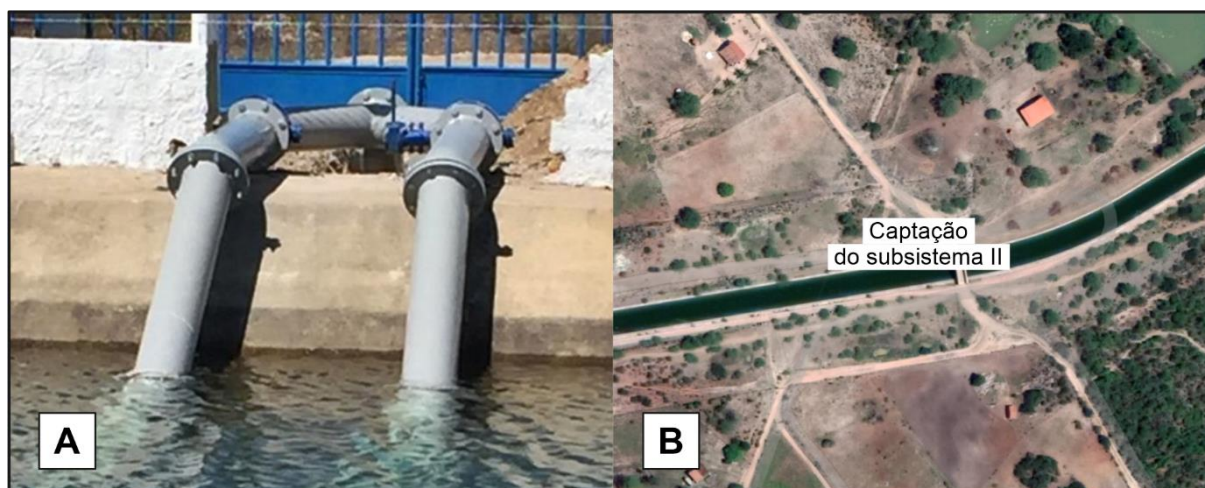


Fonte: Adaptado de COHIDRO (2015a).

#### 4.1.1.1 Captação

Conforme o projeto da COHIDRO (2015a), o reservatório de água bruta do sistema de aproveitamento hidroagrícola deveria estar sendo utilizado como fonte de captação do subsistema de abastecimento de água potável, fornecendo em média 4 L/s durante 12 horas ao dia. No entanto, como o reservatório pulmão não está em funcionamento, a captação é realizada diretamente do canal do sertão, no povoado Craunã, assim como mostra a Figura 11 (a) e a Figura 11 (b), respectivamente.

Figura 11 – Captação do SUB II. (a) Ponto de captação. (b) Localização.



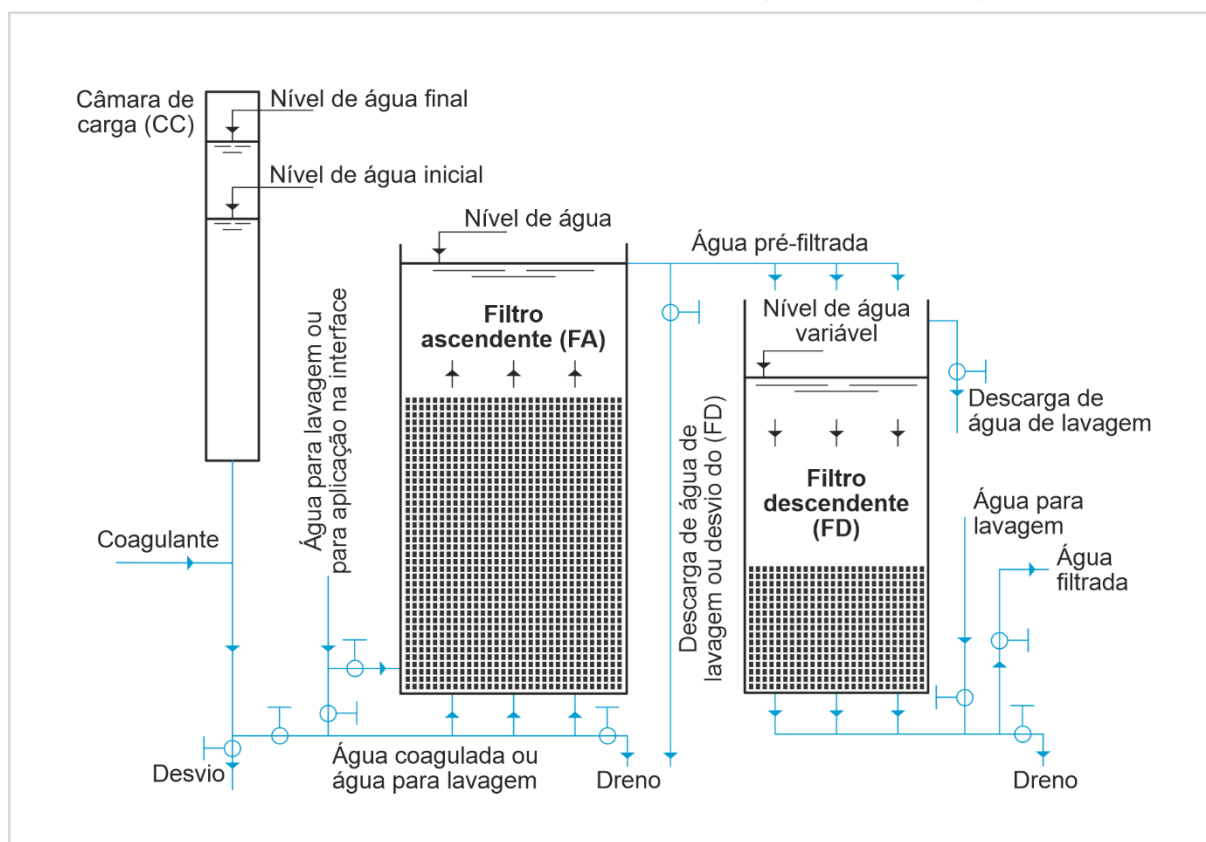
Fonte: Codevasf (2018); Google (2023).

#### 4.1.1.2 Estação de tratamento

A estação de tratamento está localizada no povoado Lagoa das Pedras, nas coordenadas 9° 19' 33" latitude ao sul e 37° 52' 07" de longitude a oeste. A tecnologia empregada na ETA é a da dupla filtração, que se mostra segura, mais barata e compacta. Esse sistema consiste em uma filtração direta ascendente seguida de uma filtração direta descendente, dispensando as unidades de floculação e decantação, tornando o manuseio e a manutenção mais simples quando comparado ao tratamento convencional citado na seção 2.3.1.5 deste trabalho.

A Figura 12 abaixo exemplifica esse modelo de tratamento de água através de um corte longitudinal em uma instalação padrão desse tipo.

Figura 12 – Esquema exemplar de uma instalação de dupla filtração.



Fonte: Adaptado de Di Bernardo *et al.* (2003).

Embora a instalação seja de fácil manuseio, atualmente os processos de tratamento da água não estão sendo realizados, como evidencia o esquema da Figura 10 (d) anterior. A Figura 13 a seguir mostra a câmara de carga e os filtros ascendentes e descendentes citados, mas todos em abandono.

Figura 13 – Estação de tratamento de água do SUB II.



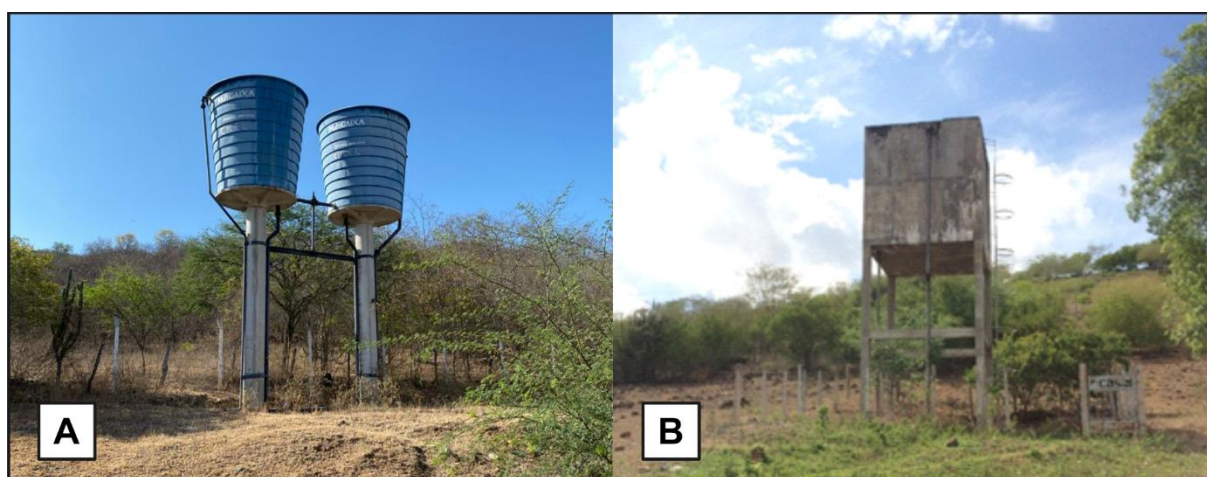
Fonte: Autor (2023).

#### 4.1.1.3 Reservatórios

O subsistema conta com três reservatórios de água potável e um reservatório pulmão de água bruta, todos localizados ao lado da ETA e também sem uso. Os reservatórios de água potável são formados por um reservatório semi-apoiado retangular em concreto armado de 150 m<sup>3</sup> e dois reservatórios elevados circulares em fibra de vidro, com capacidade de 20 m<sup>3</sup> cada, como apresentado na Figura 14 (a).

A intenção do projeto era reutilizar o reservatório elevado existente da CASAL mostrado na Figura 14 (b), o que, no entanto, não ocorreu. Desse modo, o sistema gerido pela Companhia de Saneamento de Alagoas continuou com sua distribuição de água independente do novo subsistema.

Figura 14 – Reservatórios elevados do SUB II. (a) Reservatórios novos. (b) Reservatório CASAL.



Fonte: Autor (2023); COHIDRO (2015a).



#### 4.1.1.4 Rede de distribuição

A rede de distribuição possui uma extensão de aproximadamente 15,06 Km de encanamento em PVC, com diâmetros variando de 50 mm a 150 mm. Quanto a sua classificação geral, foi definida e projetada como sendo do tipo ramificada.

As ligações domiciliares são formadas por um conjunto de caixa, hidrômetro e uma saída para o ramal domiciliar de 25 mm. O conjunto foi instalado em um bloco de concreto pré-moldado posicionado em frente às residências e junto às vias, como exposto na Figura 15 abaixo.

Figura 15 – Ligações domiciliares do SUB II.



Fonte: Autor (2023).

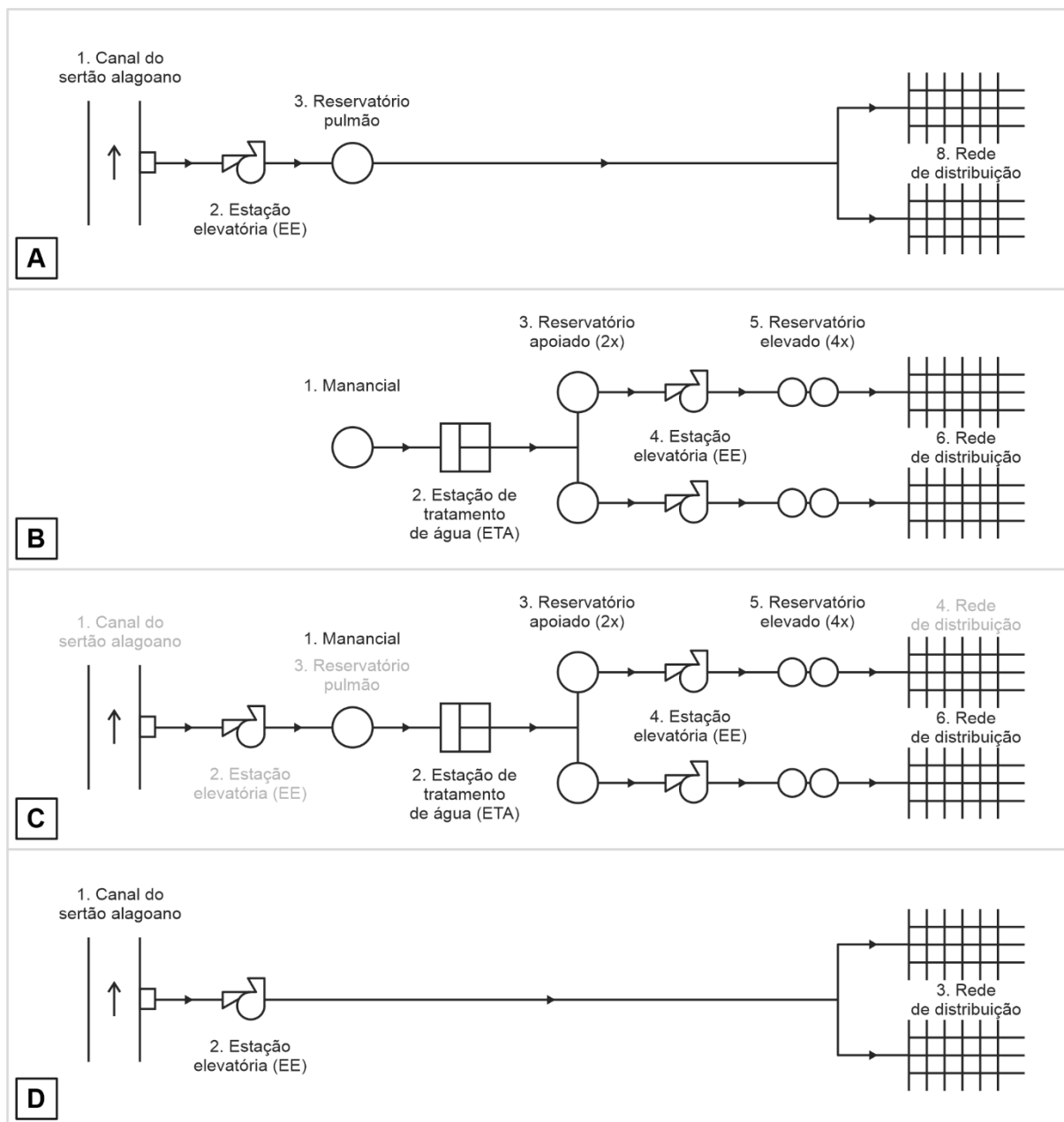
#### 4.1.2 Subsistema VI

O subsistema VI é responsável por atender a região SUB-VI, formado pelos povoados Mandacaru, Cansanção e Frade. Sua ampliação (SUB-AMP-VI) abrange os povoados Caiçara, Matinha, Lagoa do Feijão, Navio, Chupete e Três Voltas. Juntos, esses povoados somam cerca de 845 habitantes em 254 domicílios, conforme dados do município. A região é, em sua maioria, formada por assentamentos rurais recentes, principal razão pela qual ainda não possuíam abastecimento de água encanada.

A estrutura instalada é semelhante à do subsistema II, contendo apenas algumas diferenças. Na Figura 16, a seguir, são apresentados os componentes como na Figura 10. Na Figura 16 (a), é mostrado o projeto de aproveitamento hidroagrícola; na Figura 16 (b), o sistema de abastecimento de água potável para consumo humano;

na Figura 16 (c), a estrutura geral construída; e na Figura 16 (d), as instalações que atualmente encontram-se em funcionamento no SAA.

Figura 16 – Desenho esquemático do SUB VI. (a) Projeto de aproveitamento hidroagrícola. (b) SAA para consumo humano. (c) Estrutura geral instalada. (d) Instalações em funcionamento.



Fonte: Adaptado de COHIDRO (2015b).

Como é perceptível ainda pela Figura 16, a partir dos reservatórios apoiados a estrutura se divide em dois braços de fornecimento, sendo esta a principal diferença entre esse SAA e o subsistema II.



#### 4.1.2.1 Captação

Aqui, novamente a solução consistiu no suprimento hídrico advindo do canal do sertão o qual seguiria, caso estivesse sendo utilizado, para o reservatório de água bruta contemplado no projeto de aproveitamento hidroagrícola. No entanto, como no subsistema II, da captação a água está seguindo direto para a rede de distribuição.

#### 4.1.2.2 Estação de tratamento

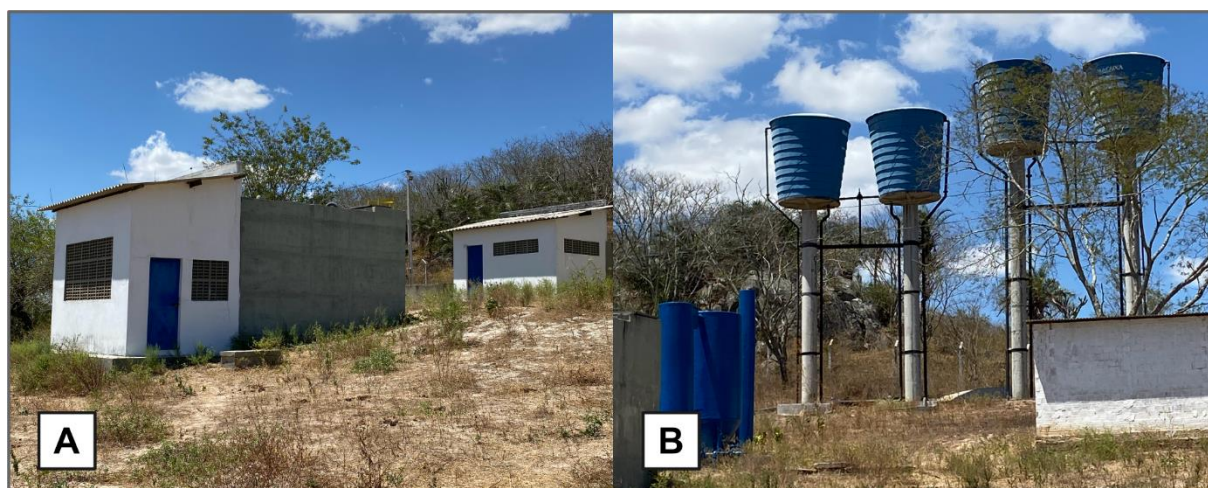
Essa estação de tratamento está localizada no povoado Mandacaru, ao lado da BR-423, nas coordenadas 9° 16' 56" S e 37° 48' 37" O e a tecnologia empregada é a mesma. Assim como o subsistema II, a estrutura também não está sendo utilizada.

#### 4.1.2.3 Reservatórios

O subsistema VI conta com sete reservatórios, um reservatório pulmão de água bruta e um conjunto duplo formado por um reservatório semi-apoiado e dois elevados, todos situados ao lado da estação de tratamento.

Os dois reservatórios semi-apoiados, evidenciados na Figura 17 (a), possuem capacidade de 80 m<sup>3</sup> cada, são retangulares e construídos em concreto armado. Já os quatro reservatórios elevados são circulares, em fibra de vidro e com capacidade de 20 m<sup>3</sup> cada, assim como mostra a Figura 17 (b) abaixo.

Figura 17 – Reservatórios de água tratada do SUB VI. (a) Reservatórios semi-apoiados.  
(b) Reservatórios elevados.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.1.2.4 Rede de distribuição

Cada uma das redes de distribuição do subsistema conta com cerca de 16 Km de extensão de encanamento em PVC com diâmetros variando de 25mm a 75 mm, segundo a COHIDRO (2015b). O subsistema VI também foi classificado e projetado como uma rede de distribuição do tipo ramificada e as ligações domiciliares análogas ao do subsistema II, com caixa, hidrômetro e saída para residência de 25 mm.

## 4.2 QUESTIONÁRIO

### 4.2.1 Considerações sobre a aplicação

A coleta dos dados aconteceu de maneira bem sucedida, tendo em vista que o número mínimo de aplicações foi atingido. Não houve recusas por parte da população, tampouco problemas de deslocamento ou dificuldades em identificar as residências. No entanto, ocorreram casos de moradores ausentes e seleção de casas que não eram de moradia permanente. Esses fatos não se tornaram um impasse, dado que foram previstos pela margem de segurança estabelecida anteriormente.

A quantidade de questionários aplicados por subsistema são expostos na Tabela 4 a seguir. Como não existiu variação considerável no número de aplicações, seja para mais ou para menos, o erro da pesquisa permaneceu em torno de 6%.

Tabela 4 – Quantidade de questionários aplicados.

<b>SUB II</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Aplicados</b>	<b>SUB VI</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Aplicados</b>
Cal	30	30	Cansanção	17	20
Lagoa das Pedras	47	49	Frade	06	06
Moreira de Baixo	65	65	Mandacaru	23	23
			Caiçara	03	03
			Chupete	37	37
			Lagoa do Feijão	05	05
			Matinha	10	10
			Navio	24	24
			Três Voltas	04	05
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>144</b>		<b>129</b>	<b>133</b>

Fonte: Autor (2023).

## 4.2.2 Abastecimento e estrutura residencial

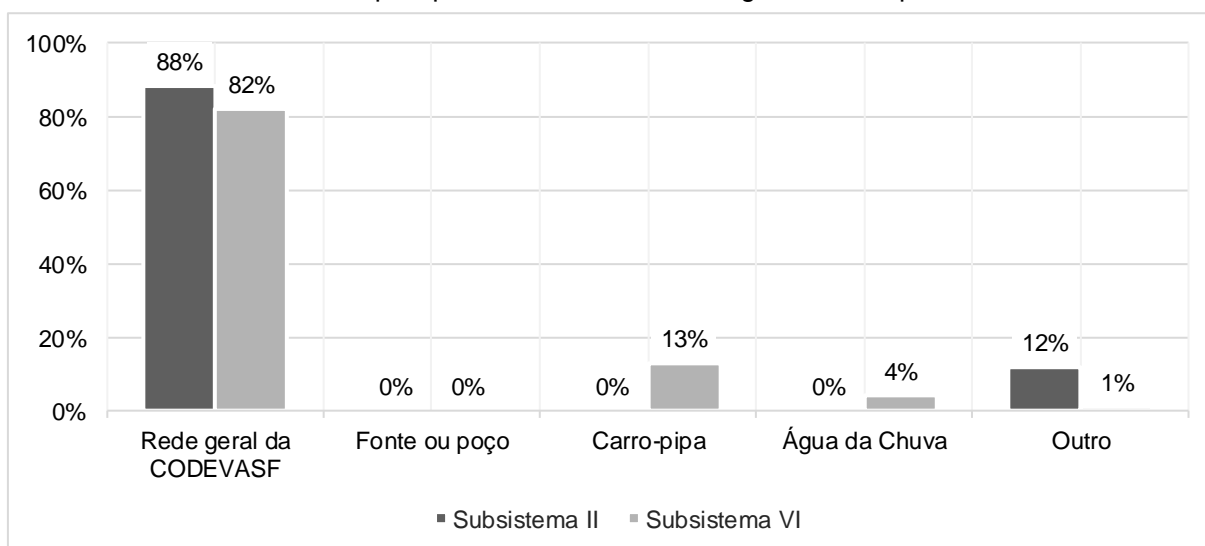
### 4.2.2.1 Utilização dos subsistemas

Conforme o Gráfico 4, foi constatado que 88% dos domicílios utilizam a estrutura do subsistema II como principal meio de abastecimento. Em relação ao subsistema VI, esse número é de 82%. Embora representem valores significativos, tais índices poderiam ser melhores se as estruturas fossem mais eficientes.

No subsistema II, devido aos constantes problemas, muitas residências preferem não utilizar a estrutura implantada pela Codevasf como principal meio de abastecimento. Assim, parte dos domicílios optaram por manter a rede da CASAL, que ainda se encontra em funcionamento. Apesar de também ser alvo de inúmeras críticas, 12% da população considera esse sistema mais vantajoso que o atual, pois da coluna “outros” no Gráfico 4, 100% das respostas foram em virtude desse fato.

Quanto ao subsistema VI, observou-se que uma parcela das residências atendidas não recebe água da estrutura, mesmo as casas dispondo de acesso geral à rede de distribuição. Enquanto os povoados Chupete e Três Voltas contam com uma quantidade significativa de residências com frequência quase nula no fornecimento, o povoado Lagoa do Feijão nunca desfrutou desse direito. Para contornar a situação, as localidades afetadas utilizam de outras fontes de abastecimento, como o uso de carro-pipa (13%), água da chuva (4%) e outros meios (1%), como aponta o Gráfico 4.

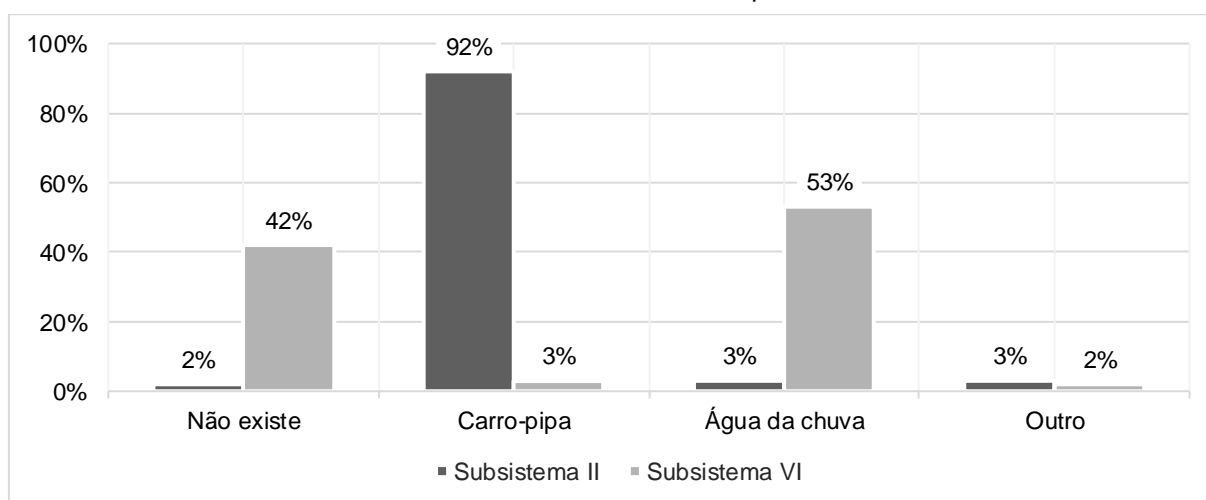
Gráfico 4 – Principal tipo de abastecimento de água utilizado por domicílio.



Fonte: Autor (2023).

Quando analisado a presença de abastecimento secundário, como mostra o Gráfico 5, é interessante observar que das residências que utilizam os subsistemas como principal meio de fornecimento, uma grande parcela desses também utiliza algum tipo de abastecimento complementar. Foram constatadas margens expressivas que não são comuns de se observar quando o principal sistema de abastecimento oferece um serviço condizente com as demandas da população atendida.

Gráfico 5 – Abastecimento alternativo dentre os que usam os subsistemas.



Fonte: Autor (2023).

Para o subsistema II, o uso constante do carro-pipa (92%) está diretamente relacionado ao fato de que o abastecimento encontra-se atualmente paralisado devido a problemas na bomba responsável pela captação da água. Os moradores apontam, que a interrupção no fornecimento já dura de 3 a 4 meses. Ao que tudo indica, ao longo dos poucos anos de operação, situações semelhantes a essa já ocorreram pelo menos algumas dezenas de vezes em ambos os subsistemas.

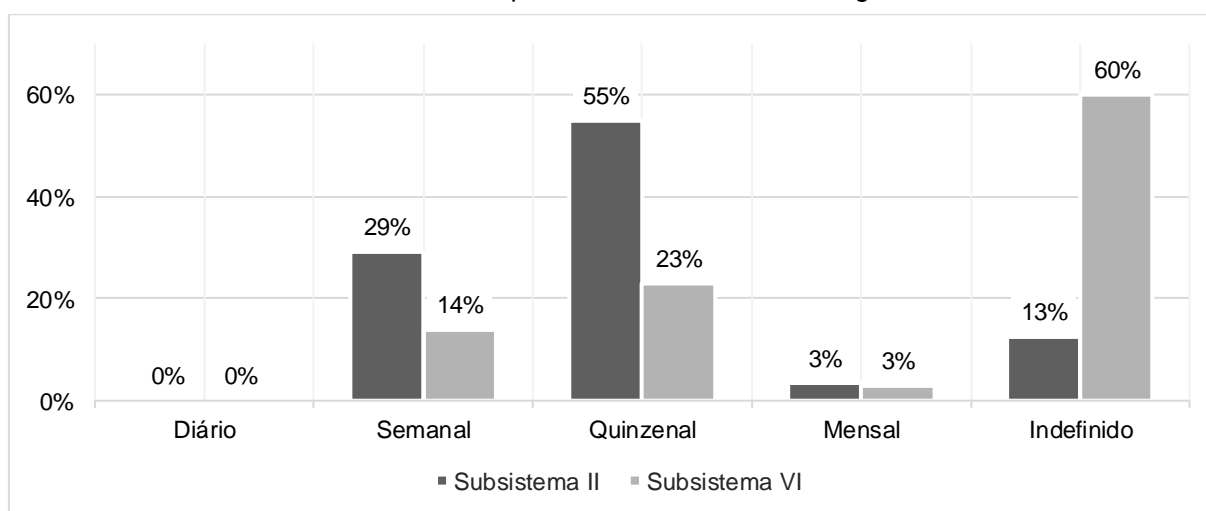
O impasse é registrado em razão da inexistência de uma bomba reserva para as estruturas, sendo necessário esperar o conserto da única unidade disponível para uso. De acordo com a NBR 12214 (ABNT, 1992c), obrigatoriamente deve ser prevista uma ou mais bombas extras para os casos nos quais a parada de uma dessas não permita recalcar a vazão máxima ou transferir o volume total diário previsto.

Já em relação ao subsistema VI, além das pausas pontuais, a margem de residências que usam água da chuva como meio de abastecimento secundário (53%) está ligado a situação anterior à instalação do subsistema. Como antes era usual depender apenas da coleta de água da chuva, muitos mantiveram esse hábito.

#### 4.2.2.2 Fornecimento

Quanto à frequência do fornecimento, os dados são dispostos no Gráfico 6 a seguir. De forma geral, para 56% dos usuários do subsistema II o fornecimento nas residências é realizado de forma quinzenal, enquanto que em 60% dos domicílios do subsistema VI os moradores consideram o fornecimento como indeterminado.

Gráfico 6 – Frequência do fornecimento de água.



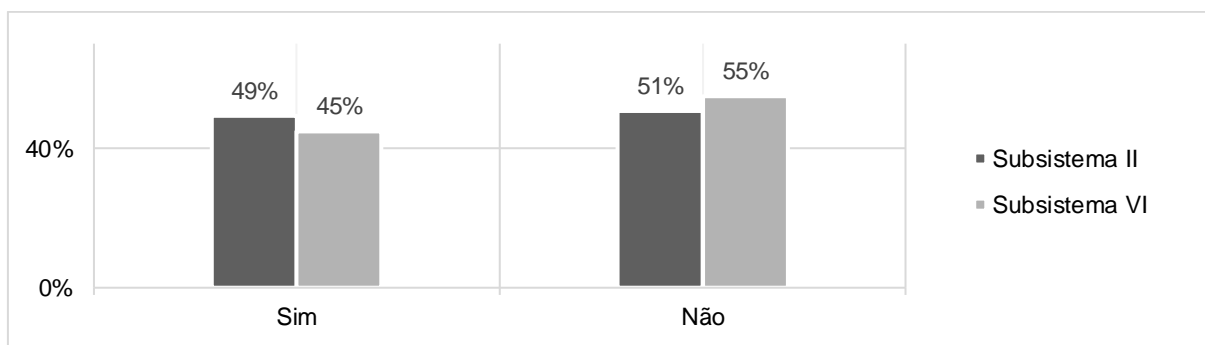
Fonte: Autor (2023).

Esses índices preocupam, pois, a realidade evidencia um subsistema irregular tanto na frequência, quanto no fornecimento igualitário para ambas as estruturas. No entanto, de acordo com Heller e Pádua (2010) ao se conceber uma solução para o abastecimento, deve-se pretender, em definitivo, que todas as residências tenham direito a um mesmo nível de qualidade em seu abastecimento, assegurando-se de um fornecimento também ininterrupto. Além disso, essa aleatoriedade na frequência traz insegurança para aqueles que dependem exclusivamente dos subsistemas.

#### 4.2.2.3 Hidrômetros

De acordo com o Gráfico 7, o qual indica a porcentagem de residências com hidrômetros em funcionamento, é possível notar que a maioria dos domicílios estão irregulares. Essa consequência é um reflexo da falta de instalação dos dispositivos, uma vez que, em quase sua totalidade, aqueles que responderam negativamente sequer tinham o aparelho de medição.

Gráfico 7 – Residências com hidrômetro em funcionamento.



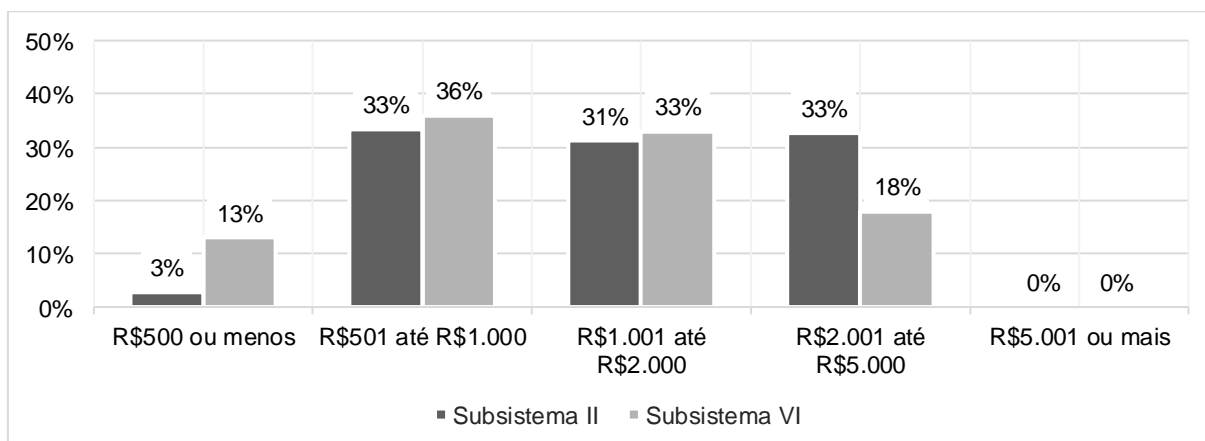
Fonte: Autor (2023).

Esses dispositivos são essenciais para quantificar o consumo e definir a taxa de cobrança pelo uso do serviço, por isso, devem ser de uso obrigatório. De acordo com Tsutiya (2006), o aparelho induz os usuários a limitar o uso da água e a corrigir rapidamente defeitos na instalação domiciliar. O que não acontece nesse caso, pois atualmente os sistemas instalados não cobram taxa quanto ao uso dos serviços e tampouco esforçam-se para controlar o consumo.

Sobre a ausência da taxa de pagamento, é um fato conflitante. Enquanto muitos consumidores preferem pagar uma taxa para poderem exigir melhorias com mais afinco, outra parcela prefere continuar com o abastecimento gratuito.

A renda surge como uma das causas dessa divergência. Analisando a soma por domicílio, verificou-se uma população majoritariamente de baixo poder aquisitivo. Isso fica evidenciado pelo fato de que, em ambos os subsistemas, quase 50% das famílias recebem menos de 1 salário, e não há existência de rendas superiores a 5 mil reais, conforme demonstra o Gráfico 8.

Gráfico 8 – Renda mensal por residência.



Fonte: Autor (2023).

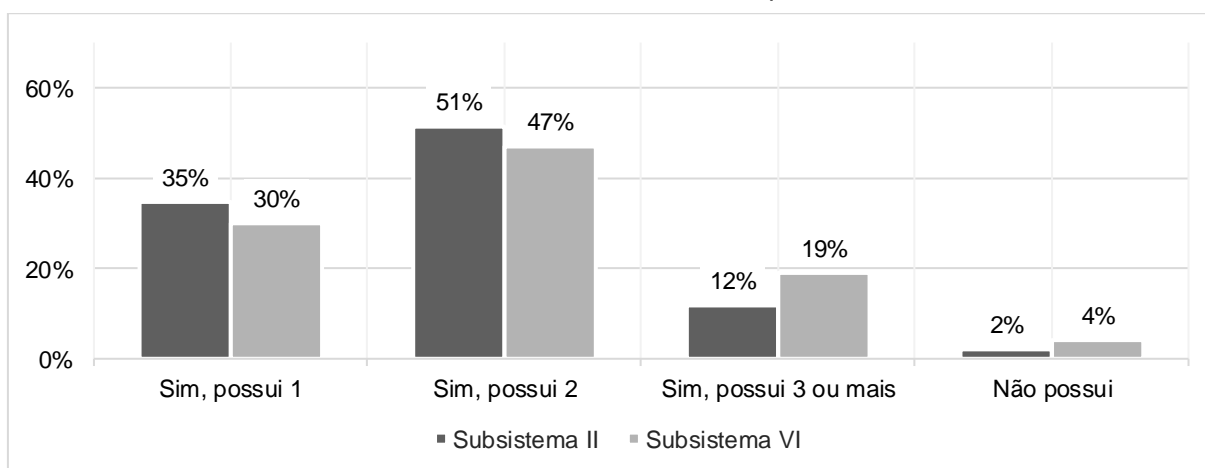
Além disso, quanto a origem dos rendimentos da população, em maioria, são decorrentes de aposentadorias e programas sociais como o Bolsa Família, o que mostra uma grande dependência para com os auxílios governamentais.

#### 4.2.2.4 Armazenamento

A reserva de água torna-se imprescindível quando utiliza-se de um sistema de abastecimento problemático. Logo, ao considerar este aspecto, os moradores foram questionados acerca da quantidade e das características dos reservatórios.

Assim, em relação a quantidade, o Gráfico 9 evidencia os resultados obtidos. Observa-se que a maioria dos domicílios possuem pelo menos dois reservatórios, seguido por uma quantidade significativa de outros que têm apenas um, enquanto alguns têm três ou mais.

Gráfico 9 – Quantidade de reservatórios por residência.

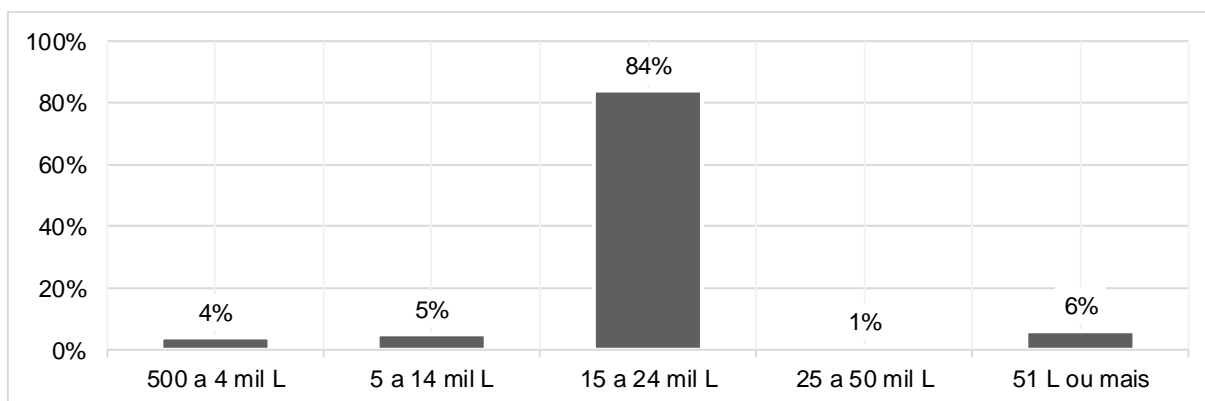


Fonte: Autor (2023).

Apesar do termo reservatório ser designado para nomear armazenamentos de grandes quantidades de água, aqui também foram adicionados a este termo todas as caixas d'água superiores ou iguais a 500 L utilizados para guardar água na residência.

No subsistema II, ao serem indagados também quanto a capacidade do maior reservatório, 84% dos casos apontaram para um armazenamento entre 15 e 24 mil litros, como apresentado no Gráfico 10. A concentração de reservas na mesma faixa de capacidade é consequência direta do programa de cisternas promovido pelo governo, assim como os valores superiores a 51.000 litros, que são formados por cisternas do tipo calçadão, também oriundos de ações governamentais.

Gráfico 10 – Capacidade do maior reservatório por residência - subsistema II.

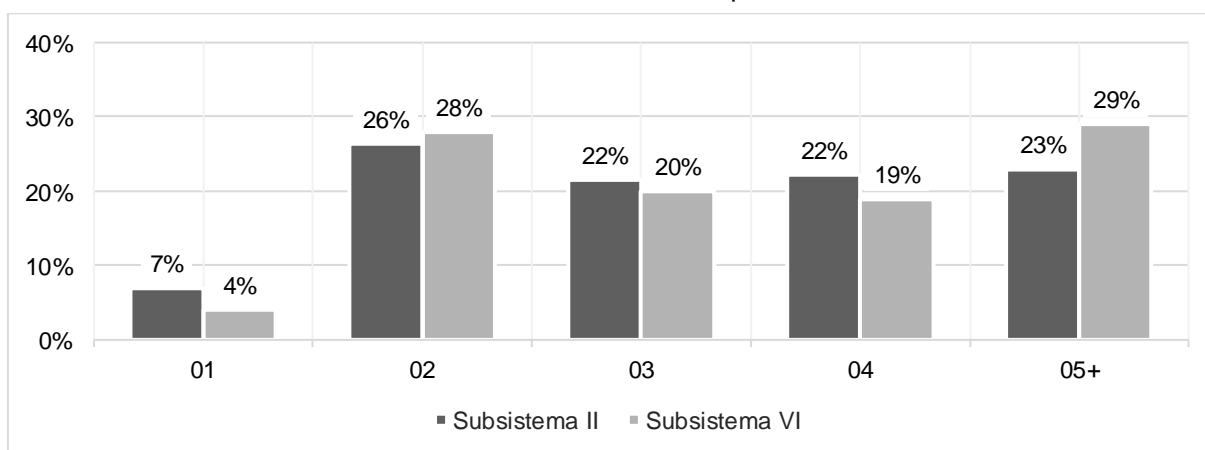


Fonte: Autor (2023).

A NBR 5626 (ABNT, 1998), diz que o volume reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, suficiente para atender 24h de consumo. Já para pequenas residências, a norma recomenda que o valor mínimo de reservação seja de 500 L.

No entanto, essa capacidade é muito superior no Subsistema II, a média é de cerca de 17.200 litros por residência. Com base nos dados demográficos do Gráfico 11, em um domicílio com 2 moradores e uma taxa de uso de 110 L/hab./dia, como recomendado pela ONU, conclui-se que a maioria das residências possuem um período de 2 meses e 18 dias de autonomia. Ainda assim, por prolongado que seja, não cobre as longas pausas que geralmente ocorrem nos subsistemas.

Gráfico 11 – Taxa de moradores por domicílio.



Fonte: Autor (2023).

Para mais, se considerarmos a segunda maior taxa de moradores por domicílio, esse período de autonomia cai drasticamente para aproximadamente 1 mês e 1 dia, o que torna a situação ainda mais crítica.

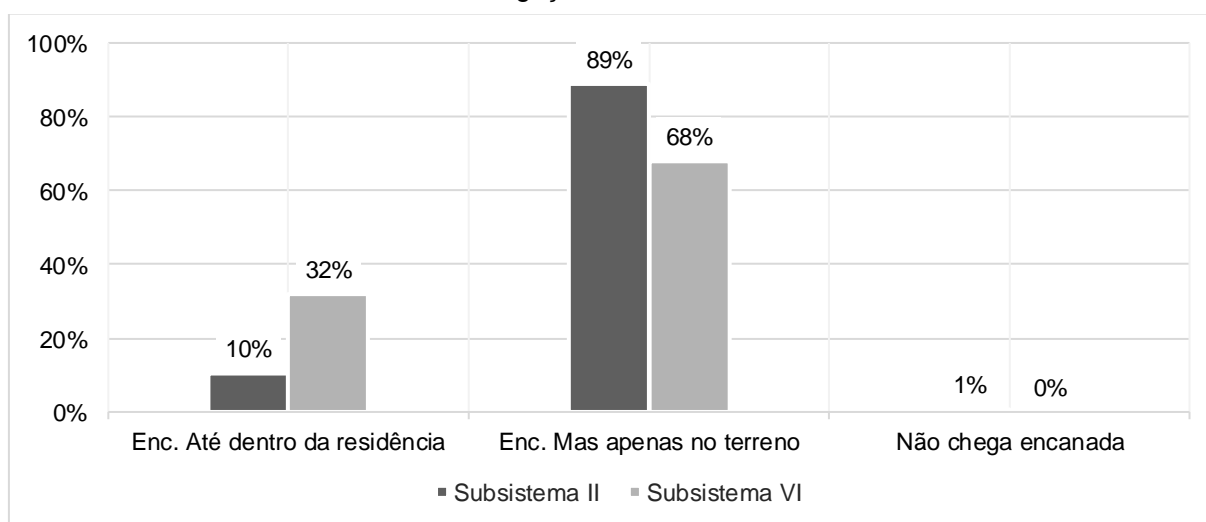


Já em relação a posição do reservatório, na região geralmente são construídos ao lado do domicílio, sendo do tipo semi-apoiados, dado que a pressão por vezes não é capaz de fornecer água para reservas que estejam em cotas superiores ao terreno. Isso reflete mais uma vez nas questões financeiras das famílias, pois dependem de um bombeamento próprio para fornecer água até as instalações domiciliares.

#### 4.2.2.5 Instalações domiciliares

Como antes pontuado, as instalações domiciliares referem-se às estruturas de abastecimento internas do domicílio. Ao analisar também essa questão, verificou-se que grande parte das instalações chegam apenas no terreno, mais especificamente até os reservatórios, como mostra o Gráfico 12. Desse modo, por não ter ligação direta com a estrutura interna, entende-se que a maioria das residências se utilizam de um sistema de água indireto, o que é mais prudente, visto as já citadas interrupções.

Gráfico 12 – Ligação do sistema à residência.



Fonte: Autor (2023).

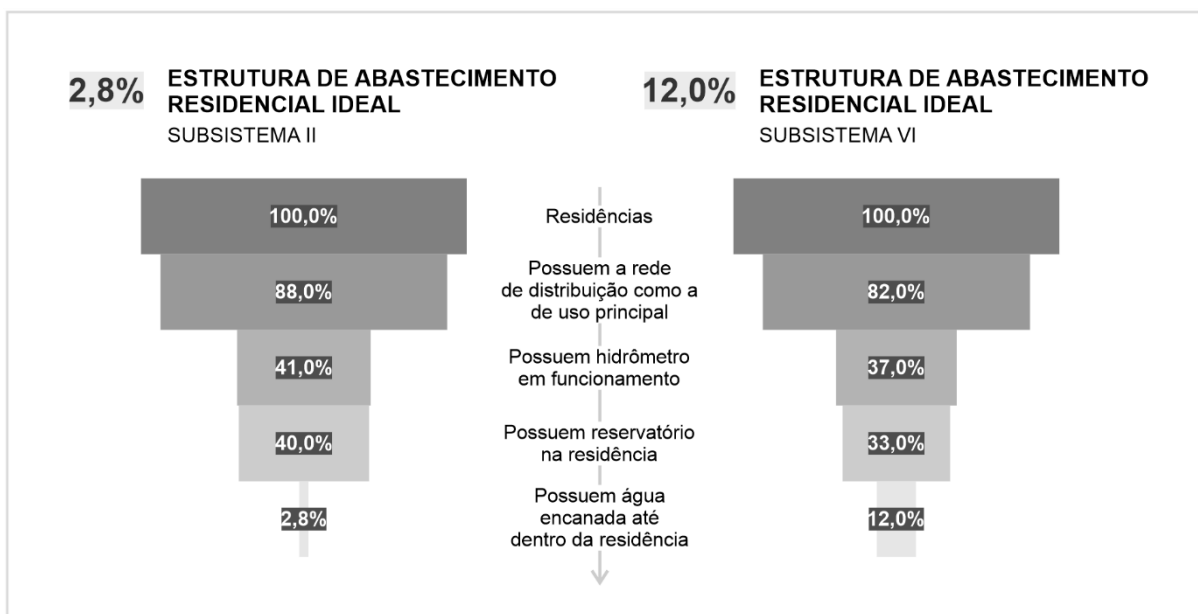
Além da questão financeira, existe uma outra circunstância que corrobora com esse resultado. Está relacionada diretamente ao consumo consciente, pois muitos moradores relataram que não encanam água até dentro das residências como forma de evitar o desperdício, diminuindo seu uso no banho e nos afazeres domésticos, por exemplo. Por mais que esse cuidado ainda seja pouco comum na sociedade atual, e nesse caso, até mesmo extremo, a necessidade antecedeu a precaução.

#### 4.2.2.6 Abastecimento e estrutura residencial ideal

Com base nas informações evidenciadas anteriormente, entende-se que uma estrutura residencial de abastecimento de água é formada por um encadeamento de elementos que devem ser instalados para que possa funcionar idealmente.

No entanto, sabe-se que a estrutura residencial completa ainda é uma realidade distante, sobretudo em locais de baixa renda. Esta constatação torna-se evidente na Figura 18, onde apenas 2,8% das residências no subsistema II e 12% no subsistema VI contam com estruturas de abastecimento dentro das características consideradas ideais para um abastecimento cômodo.

Figura 18 – Estruturas de abastecimento residencial por subsistema.



Fonte: Autor (2023).

### 4.2.3 Aspectos da água, estrutura e serviço

#### 4.2.3.1 Qualidade

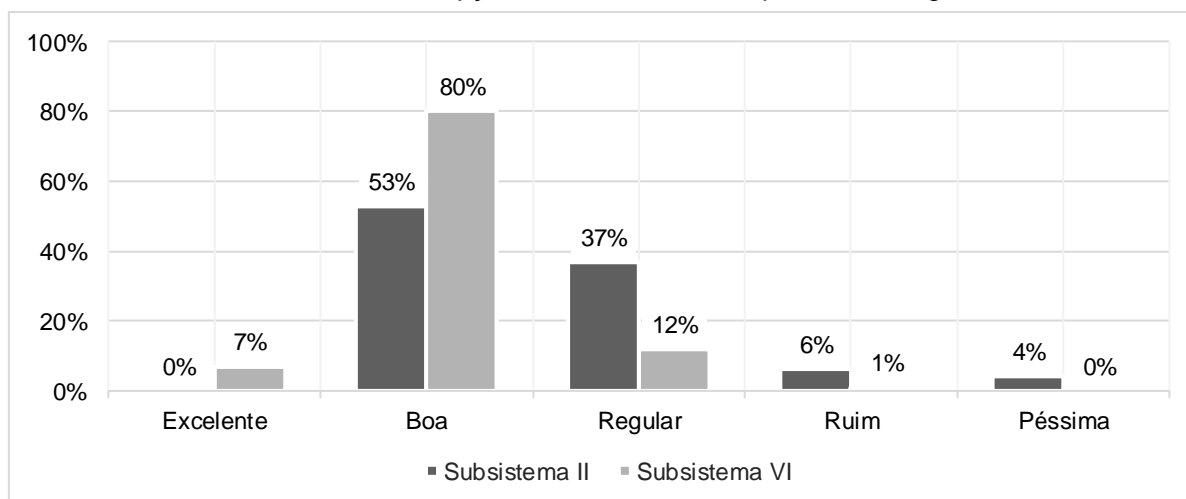
O principal objetivo de um sistema de abastecimento é disponibilizar água com índices de potabilidade seguros para o consumo humano. Mas como comentado, os sistemas estudados não realizam quaisquer procedimentos de tratamento da água, mesmo dispondo de uma estrutura pronta para isso.

Essa é uma realidade que deveria ser inexistente, uma vez que há uma portaria do ministério da saúde (nº 2.914/2011) para o controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, assim como outras normas e leis vigentes no Brasil que resguardam que seja fornecido para população apenas água sanitariamente segura, como a já citada NBR 12211 (ABNT, 1992a; Brasil, 2011).

Em busca de compreender a percepção dos moradores sobre essa situação, a população foi questionada quanto à qualidade da água fornecida pelos subsistemas. No geral, esperava-se que a desaprovação fosse elevada. Mas, surpreendentemente, em sua maioria as avaliações foram positivas.

No subsistema II, em 80% dos casos, a população pontuou a água como sendo boa, 7% a consideraram excelente e 12% como regular. Já no subsistema VI, essa percepção foi um pouco diferente: em 53% das residências, a água foi considerada boa; ninguém a classificou como excelente, 37% afirmaram como sendo regular, 6% disseram ser ruim e 4% péssima, como evidencia o Gráfico 13.

Gráfico 13 – Percepção do usuário sobre a qualidade da água.



Fonte: Autor (2023).

No subsistema II, foi possível notar que a opinião do usuário sobre a qualidade da água era baseada em uma análise comparativa com a da CASAL. Apesar do sistema anterior ser problemático, a água disponibilizada sempre foi tratada. Assim, nessa situação, o usuário tendia a classificar a água do subsistema como inferior.

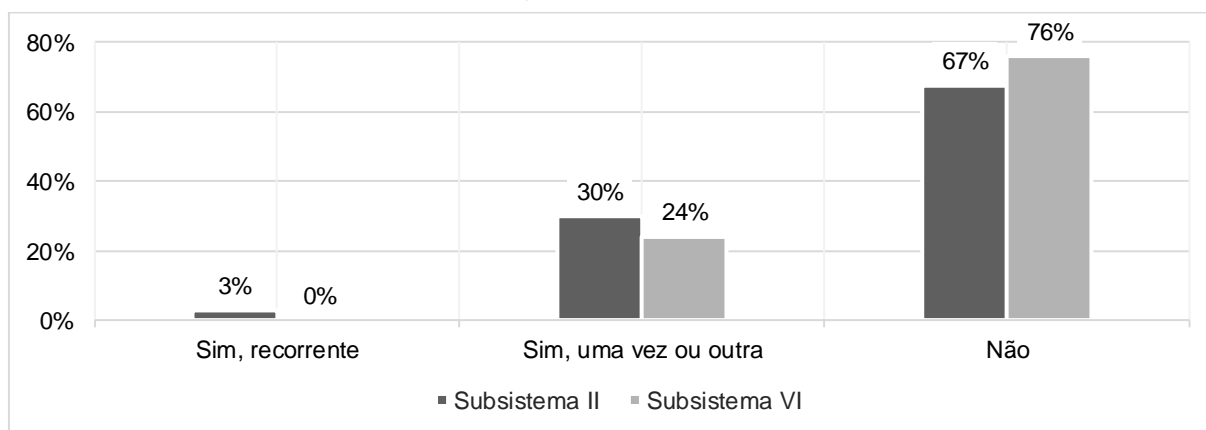
Como no subsistema VI não havia abastecimento anterior, as avaliações tenderam a ser mais positivas. Além disso, leva-se em consideração que muitos

reservatórios ainda fazem a captação da água da chuva para consumo, o que diminui a necessidade de que a água advinda do subsistema seja de qualidade, pois é destinada para tarefas que não envolvam a sua ingestão.

Na maioria dos casos, a água só era considerada regular ou abaixo dessa classificação quando os usuários presenciaram cor, odor ou sabor forte. Como mostra o Gráfico 14, embora a maioria das residências não tenham notado mudanças físicas na qualidade da água, a porcentagem de pessoas que presenciaram ainda é preocupante, pois para um sistema de abastecimento de água potável que trabalhe dentro das normas essas características são incomuns.

Entre as mudanças presenciadas na água, foram relatadas presença de cor esverdeada, turbidez elevada e até mesmo aparecimento de óleo, pequenos peixes e formação de lodo e odor depois de 2 a 3 dias da água armazenada.

Gráfico 14 – Presença de cor, sabor ou cheiro na água.



Fonte: Autor (2023).

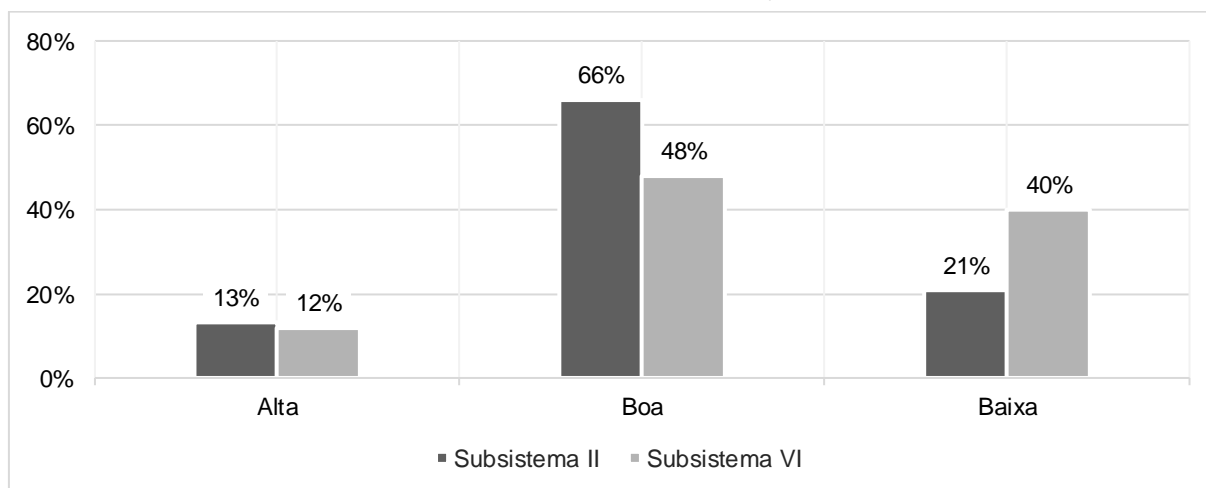
Menciona-se também que a população desconhecia se a água passava por algum tratamento. Segundo o marco legal do saneamento básico do Brasil, o usuário deve estar sempre atualizado e ciente quanto a procedência da água disponibilizada, principalmente se esta estiver fora dos padrões de potabilidade recomendados e apresentar riscos para a saúde humana, como é o caso dos subsistemas analisados.

#### 4.2.3.2 Pressão

Sobre a pressão da água, os moradores foram indagados quanto à força de chegada, com o objetivo de analisar se estava adequada. De modo geral, percebe-se

pelo Gráfico 15 que a situação encontrada não foi satisfatória. No subsistema II, cerca de 21% da população alega que a força de chegada normalmente é baixa; já para o subsistema VI, esse número quase que duplicou, alcançando 40%.

Gráfico 15 – Pressão da água na percepção do usuário.



Fonte: Autor (2023).

Segundo Lopes (2013), ao operar um sistema com pressões inferiores ou superiores ao estabelecido por norma, pode-se gerar dificuldades de operação no sistema. Para os pressões com limite inferiores, são comuns problemas de falta de abastecimento ou baixas vazões nas regiões mais afastadas dos reservatórios e/ou mais altas; nos casos de pressões com limites superiores, podem causar danos frequentes às tubulações e por conseguinte a qualidade da água tratada.

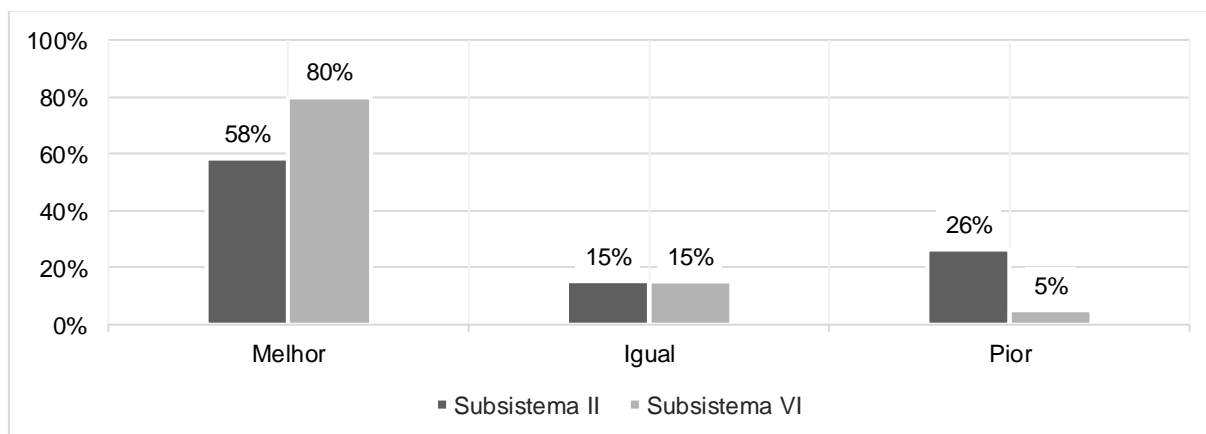
Não à toa, ambos os problemas foram relatados pelos residentes. Enquanto as primeiras casas que recebem o abastecimento fazem críticas às pressões altas, os moradores mais afastados sequer recebem o fornecimento e por isso quase nunca usufruem dos subsistemas, como já relatado.

#### 4.2.3.3 Estrutura e serviço

Para concluir, foram obtidos dados sobre a estrutura e o serviço prestado. Embora até agora tenham sido apontados inúmeros problemas em relação aos subsistemas, é inegável que, mesmo assim, eles proporcionam condições melhores de acesso à água para os moradores da região, visto que na ausência destes a situação era de escassez.

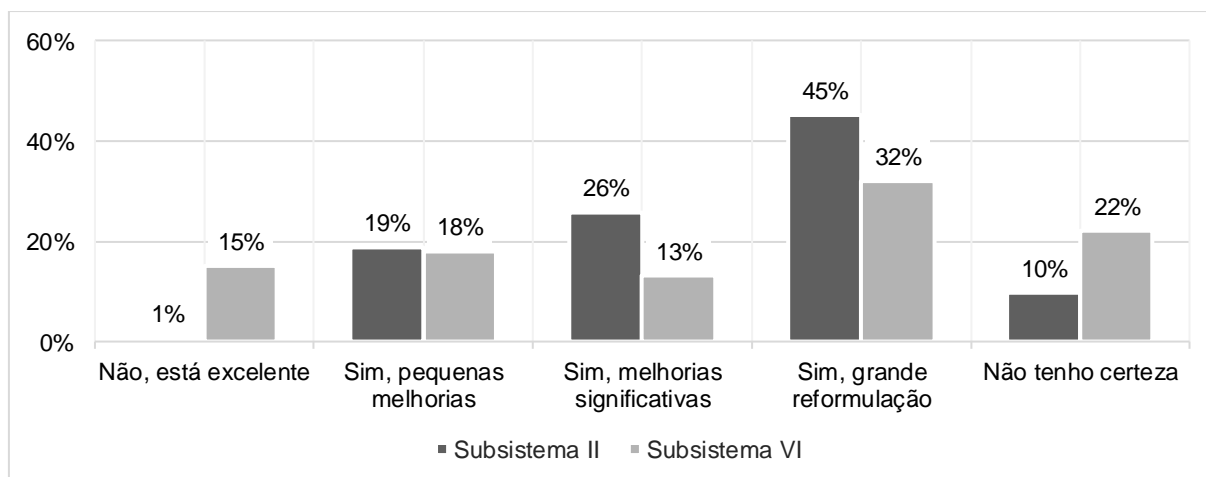
Conforme o Gráfico 16, é notório que a maior parcela dos moradores reconhece os avanços gerados pelos subsistemas. Mas, a maioria também tem consciência que sua estrutura está longe de ser o ideal, como mostra o Gráfico 17 em seguida.

Gráfico 16 – Avaliação dos usuários quanto ao acesso à água atual em comparação com a situação anterior.



Fonte: Autor (2023).

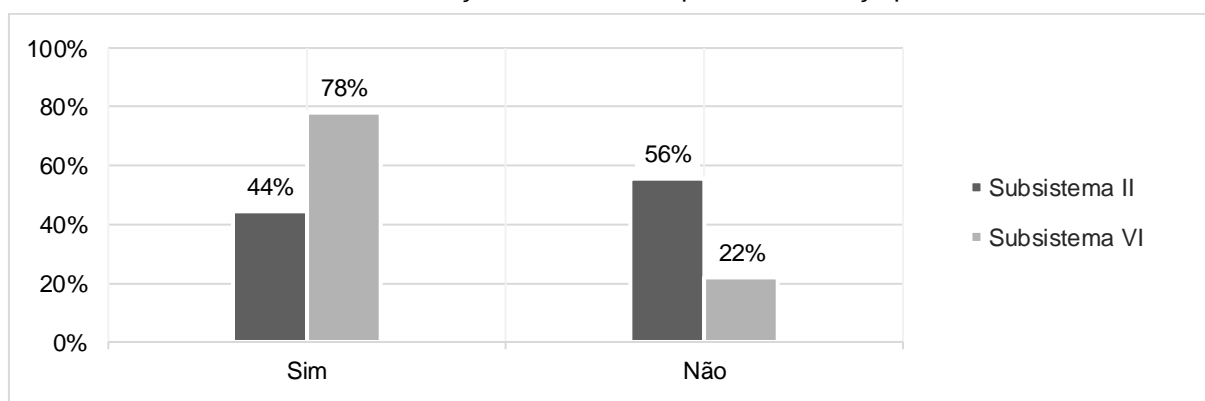
Gráfico 17 – Opinião dos usuários sobre a necessidade de realizar melhorias na estrutura implantada pela Codevasf.



Fonte: Autor (2023).

Quanto ao serviço prestado, conforme o Gráfico 18, a pesquisa mostrou que 78% dos moradores beneficiados pelo subsistema VI estão satisfeitos com o suporte e as ações do administrador da estrutura. No caso do subsistema II, essa avaliação foi inversa; cerca de 56% dos moradores não estão satisfeitos com os serviços. A avaliação pode estar novamente relacionada à questão do abastecimento antigo que atendia apenas à região beneficiada hoje pelo subsistema II.

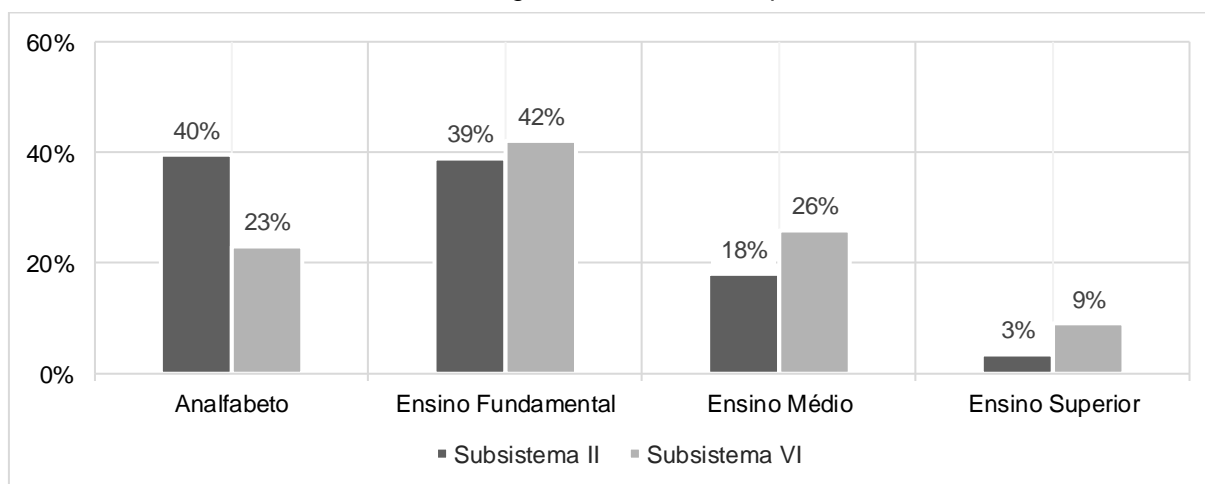
Gráfico 18 – Satisfação dos usuários quanto ao serviço prestado.



Fonte: Autor (2023).

No entanto, pontua-se, conforme o Gráfico 19, que na região existe uma taxa de analfabetismo em ambos os grupos muito acima da média nacional de 5,6% divulgada pelo IBGE. Assim, supõe-se que isso reflita em um menor grau de interpretação e entendimento sobre a qualidade e os serviços da água a ser consumida e, por isso, deve ser levada em consideração.

Gráfico 19 – Maior grau de escolaridade por residência.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.3 MEDIDAS MITIGADORAS

Com o objetivo de sanar a maioria dos problemas encontrados na descrição e análise sob a percepção do usuário dos subsistemas implantados pela Codevasf, são descritos a seguir recomendações para que se possa melhorar as estruturas de abastecimento e por conseguinte o seu fornecimento.

#### **4.3.1 Captação**

Como exposto anteriormente, os subsistemas foram projetados para captarem água do reservatório pulmão, instalação integrante do projeto de aproveitamento hidroagrícola. No entanto, foi evidenciado que a água está saindo do canal do sertão diretamente para a rede de distribuição. Além disso, a captação conta com apenas uma bomba, causando problemas recorrentes à frequência do abastecimento.

Assim, com o intuito de proporcionar segurança no fornecimento ao evitar interrupções frequentes e/ou prolongadas, propõem-se as seguintes medidas:

- Revisão do reservatório pulmão em virtude do seu desuso, podendo apresentar patologias como fissuras e deterioração da armadura ou concreto, seguido por sua eventual readequação a NBR 12217 (ABNT, 1994) e ativação;
- Obtenção de bomba reserva, ajustando ao especificado obrigatoriamente pela NBR 12214 (ABNT, 1992c) que descreve como devem ser projetados os sistemas de bombeamento de água para abastecimento público.

#### **4.3.2 Estação de tratamento**

Como retratado na seção 4.2.3.1 desse capítulo, as estações de tratamento encontram-se paralisadas. Logo, está sendo disponibilizada à população água sem segurança sanitária, apresentando sérios riscos à saúde se ingerida.

Desse modo, para que se possa garantir o direito constitucional à água tratada em qualidade propícia ao seu consumo seguro, recomenda-se para ambos os subsistemas analisados no presente trabalho:

- Revisão da estrutura, garantindo que os componentes da instalação estejam funcionais e conforme as especificidades da NBR 12216 (ABNT, 1992d) que estabelece as diretrizes de regularização para as estações de tratamento de água (ETA), e posteriormente sua eventual readequação e funcionamento;
- Aquisição de material químico para realização dos processos de tratamento, utilizando sulfato de alumínio para realizar a coagulação, cloro na desinfecção e suspensão de cal para correção do pH, assim como recomenda o projeto.



### 4.3.3 Reservatórios

A tabela 5 apresenta a lista de reservatórios dos subsistemas II e VI e as suas características, desconsiderando os reservatórios de aproveitamento hidroagrícola (reservatório pulmão), pois foram referidos pelo projeto como sendo a principal fonte de captação dos subsistemas.

Tabela 5 – Reservatórios dos subsistemas II e VI e suas características.

<b>SUB II</b>	<b>Quant.</b>	<b>Construção</b>	<b>Cap.</b>	<b>Forma</b>
Reservatório semi-apoiado	1	Concreto armado	150 m <sup>3</sup>	Retangular
Reservatório elevado	2	Fibra de vidro	20 m <sup>3</sup>	Circular
<b>SUB VI</b>				
Reservatório semi-apoiado	2	Concreto armado	80 m <sup>3</sup>	Retangular
Reservatório elevado	4	Fibra de vidro	20 m <sup>3</sup>	Circular

Fonte: Autor (2023).

A utilização das unidades de reservação elevada podem resolver alguns déficits enfrentados pelos usuários, tais como a pressão de chegada insuficiente às residências, demandando de bombeamento próprio para reservatórios acima do nível do terreno e, por vezes, a ausência de pressão, resultando em desabastecimento. Isso é especialmente evidente no subsistema VI, onde os povoados Chupete, Lagoa do Feijão e Três Voltas enfrentam problemas sérios no fornecimento.

Nesse sentido, propõe-se:

- Revisão dos reservatórios semi-apoiados e elevados com base na NBR 12217 da (ABNT, 1994), verificando o estado das estruturas e o cumprimento dos requisitos conforme a normativa informada.

Como já mencionado, o êxodo rural nas regiões analisadas é muito presente. Não à toa, houve uma redução da população em relação a 2015, ano em que foram obtidas as informações utilizadas no projeto. Por esse motivo, pode-se afirmar que a capacidade de reservação ainda está acima do necessário para a população e seu horizonte de planejamento, não sendo necessário considerar ampliações.

#### **4.3.4 Rede de distribuição**

Das evidências descritas, não se pode afirmar que a rede de distribuição está adequada ou não, pois é necessário que os reservatórios e as demais unidades dos subsistemas comecem a operar para saber se as pressões e vazões vão regularizar.

De todo modo, recomenda-se:

- A instalação gradual dos hidrômetros faltantes e o conserto daqueles que já não funcionam mais, controlando o consumo, problemas de distribuição e gerando dados para a quantificação das perdas reais e aparentes.

#### **4.3.5 Gestão dos subsistemas**

Dado o exposto na seção 2.5 desse trabalho, sabe-se que para um sistema de abastecimento de água funcionar adequadamente é necessário que além de uma estrutura apropriada se tenha uma gestão eficiente. Com base nisso, propõem-se:

- Implementação de um sistema de controle e prevenção de variáveis que possam comprometer a qualidade da água e do serviço, como o plano de segurança da água descrito pela NBR 17080 (ABNT, 2023);
- Contratação de um quadro técnico de funcionários em quantidade e instrução necessária para gerir os subsistemas;
- Definição e aplicação de uma taxa de cobrança condizente com a realidade socioeconômica da população beneficiada, como forma de obter recursos para a manutenção das instalações;
- Realização de ações voltadas ao usuário final, onde se considere o ponto de vista da população como ferramenta de melhoria e aperfeiçoamento recorrente dos sistemas e a introdução de programas que enfatizem a necessidade de conscientização sobre o bom uso da água.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda é comum encontrar sistemas de abastecimento de água projetados e/ou operados sem levar em conta a percepção do usuário, resultando na ausência de participação da população nos processos de planejamento, gestão e avaliação dos sistemas. Neste contexto, o presente trabalho buscou contribuir com informações sobre os SAAs estudados, a fim de gerar um diagnóstico que considere o ponto de vista das pessoas que usufruem das instalações.

Para alcançar o objetivo proposto, foram coletadas informações acerca das estruturas e seu funcionamento, mediante a aplicação de questionários em uma amostra populacional estatisticamente definida. Desse modo, foram obtidas uma série de evidências sobre o consumo da água, à gestão, à descrição dos subsistemas e à avaliação do público em relação às estruturas e o serviço prestado.

Através dos resultados, foi possível notar que a utilização dos subsistemas é mais decorrente de uma necessidade do que uma escolha do usuário. Embora tenham sido registrados melhorias significativas em comparação ao fornecimento anterior, a estrutura atual ainda é alvo de inúmeras críticas e problemas. Assim, entende-se de maneira geral que a pesquisa mostrou-se promissora em fornecer um diagnóstico abrangente dos subsistemas na percepção do usuário, destacando suas fragilidades e fornecendo dados para as futuras tomadas de decisão.

No entanto, apesar do diagnóstico ter sido bem-sucedido, foram encontradas algumas limitações ao decorrer do estudo. A primeira relacionada a margem de erro da amostra, que não pôde ser minimizada devido à quantidade de questionários a serem aplicados, não sendo viável financeiramente e logisticamente. Apesar do erro estipulado ainda ter sido estatisticamente aceitável, sugere-se que em trabalhos futuros a delimitação das regiões seja menor, a fim de possibilitar um aumento do grupo amostral e, conseqüentemente, a redução da taxa de erro.

Também propõe-se coletar mais dados quanto ao objeto de estudo, pois foram encontradas informações limitadas a respeito das tecnicidades das estruturas. Assim, pode-se realizar estudos quanto aos índices de perdas, averiguar a eficiência energética e analisar a viabilidade e revisão de outras estruturas ligadas a esse abastecimento, como o esgotamento sanitário inexistente e as instalações de aproveitamento hidroagrícola que antecedem os subsistemas, respectivamente.

Outra sugestão é desenvolver a partir de um checklist as revisões propostas para a averiguação das etapas dos subsistemas, conforme as NBRs citadas. Como essa averiguação é extensa, o presente estudo não teria como desenvolver, ficando a cargo de trabalhos futuros realizarem essa abordagem.

De forma geral, compreende-se que é preciso continuar a desenvolver estudos ligados ao fornecimento de água como um todo. Apesar do abastecimento público ser um direito básico e essencial à saúde e ao desenvolvimento humano, observa-se que esse acesso ainda está longe de ser universal, demandando melhorias significativas tanto no Brasil quanto no mundo.

Adicionalmente, conforme preconiza a legislação a respeito do saneamento básico no Brasil e diversas outras normas nacionalmente vigentes, é preciso sempre considerar o usuário nessas questões. O direito daqueles que utilizam os sistemas de abastecimento inclui a participação ativa e a proposição de melhorias no serviço, especialmente em relação ao seu gerenciamento.

## REFERÊNCIAS

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHEIRA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas de água**. 2015. Disponível em: <https://abes-dn.org.br/pdf/Perdasdeagua2015.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro, 1992a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992c.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12215-1: Projeto de adutora de água. Parte 1: Conduto forçado**. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992d.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17080: Plano de segurança da água – Princípios e diretrizes para elaboração e implementação**. Rio de Janeiro, 2023.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ÁGUA BRANCA, Secretaria Municipal de Saúde. **Programa Saúde da Família (PSF)**. Água Branca: Prefeitura do município de Água Branca. 2023.

ALEJANDRO, D. **A Nova Norma ABNT 17.080:2023 - Plano de Segurança da Água**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/369748995\\_PSA\\_ABNT](https://www.researchgate.net/publication/369748995_PSA_ABNT). Acesso em: 26 set. 2023.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: informe anual**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2023.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 670 p.

BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (orgs). **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224 p.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília; 16 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 14 dez. 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº20, de 18 de junho de 1986**. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 30 julho 1986.

BRITO, L. T. L.; MELO, R. F.; SOARES, J. M.; SILVA, A. S.; PORTO, E. R. Recursos hídricos. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2 cap. 2. p. 375-409.

CBHSF – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A bacia**. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 27 jun. 2023.

COHIDRO – CONSULTORIA, ESTUDOS E PROJETOS LTDA. **Relatório Síntese do Projeto. Projeto de Abastecimento de Água do Subsistema II**. Maceió: COHIDRO, 2015a. 51 p.

COHIDRO – CONSULTORIA, ESTUDOS E PROJETOS LTDA. **Relatório Síntese do Projeto. Projeto de Abastecimento de Água do Subsistema VI**. Maceió: COHIDRO, 2015b. 60 p.

DI BERNARDO, L; WIECHETECK, G. K; BENINI, B. D. S. **Utilização da dupla filtração com filtro ascendente de areia grossa para a remoção de substâncias húmicas**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, Anais. Joinville: ABES, 2003. Acesso em: 22 dez. 2023.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Universidade Estadual do Ceará (UECE), Centro de Educação. 2002.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (orgs). **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GOOGLE, INC. **Google Maps**. 2023. Disponível em: <https://maps.app.goo.gl/MeDbUmT9Umh5e9GD8>. Acesso em: 15 dez. 2023.

GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água (SAA): Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias**. 3. ed. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2009. 277 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (orgs). **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 418 p. v. 1.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/agua-branca/panorama>. Acesso em: 28 set. 2023.

ICICT-FIOCRUZ – INSTITUTO DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM SAÚDE DA FIOCRUZ . **Glossário Saneamento e Meio Ambiente**. 2010. Disponível em: <https://www.aguabrasil.iciet.fiocruz.br/index.php>. Acesso em: 10 set. 2023.

INSA – INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **O Semiárido Brasileiro**. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro>. Acesso em: 27 jun. 2023.

JACOBI, P. R.; EMPINOTTI, V. L.; SCHMIDT, L. Escassez Hídrica e Direitos Humanos. **ANPPAS - Revista Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 127-135. São Paulo, 2016.

LIMA, G. A. T.; ROCHA, J. T. **A Utilização de Pesquisa de Satisfação dos Cidadãos como Ferramenta de Aprimoramento da Gestão Pública**. 2017. 14f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração Pública) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2019.

LOPES, E. J. B. **Gestão de Pressões em Redes de Distribuição de Água Caso de Santa Maria da Feira**. 2013, 185 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão da Água) - Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996. 782 p.

MAIA, D.; FERNANDES, L. L.; TEIXEIRA, L. G. Diagnóstico do abastecimento e consumo de água segundo a percepção do usuário em duas áreas residenciais no estado do Pará. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 105-115, 9 out. 2015.

MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. (org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Água Branca, estado de Alagoas**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 13 p.

NNAJI, C. C.; ELUWA, C.; NWOJI, C. Dynamics of domestic water supply and consumption in a semi-urban Nigerian city. **Habitat International**, [s. l.], v. 40, p. 127-135, 20 abr. 2013.

OKUN, D. A.; ERNST, W. R. **Community Piped Water Supply Systems in Developing Countries: A Planning Manual**. World Bank Technical Paper Number 60. Washington, 1987. 249 p.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **O direito humano à água e saneamento**. Programa da Década da Água da ONU – Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC).

PEREIRA JÚNIOR, J. S. **Recursos hídricos: Conceituação, disponibilidade e usos**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4. ed. São Carlos: EESC-USP. 2006. 540 p.

SILVA, J. B. **Modelagem da Demanda de Água de Abastecimento para a cidade de Pirassununga - SP**. 2005. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, 2005.

SILVA, R. O; SILVA, A. B. Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água em Zona Urbana Sob a Percepção do Usuário no Município de Tucuruí-PA. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Roraima, v. 7, p. 1-18, Jan. 2021. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rct/issue/view/313>. Acesso em: 24 mai. 2023.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/cadernos-tematicos/DO\\_SNIS\\_AO\\_SINISA\\_AGUA\\_SNIS\\_2019\\_REPUBLICAO\\_compressed.pdf](https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/cadernos-tematicos/DO_SNIS_AO_SINISA_AGUA_SNIS_2019_REPUBLICAO_compressed.pdf). Acesso em: 27 jun. 2023.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Painel de Saneamento**. Brasília: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua\\_esgoto/mapa-agua](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua). Acesso em: 27 jun. 2023.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Tradução e revisão técnica: Ana Maria Lima de F. e Vera Regina Lima de F. e Flores. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 911 p.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. **Água doce**. Rio Grande do Sul: Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS, 1997. cap. 14.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Água e mudança climática**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2020.



## **APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE COLETA**

## QUESTIONÁRIO DE COLETA

Nº:  Idade:  Local:  Data:

Esta pesquisa faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do aluno Jefferson Gabriel Santos Campos, que tem como objetivo realizar, sob a ótica do usuário, o diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) implementados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) no município de Água Branca - AL.

### A. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

1. Quantas pessoas atualmente moram na sua residência?  
☐ 1   ☐ 2   ☐ 3   ☐ 4   ☐ 5+
2. Qual é a soma de renda dos moradores?  
☐ R\$500 ou menos   ☐ R\$2.001 até R\$5.000  
☐ R\$501 até R\$1.000   ☐ R\$5.001 ou mais  
☐ R\$1.001 até R\$2.000
3. Qual é o maior grau de escolaridade entre os moradores?  
☐ Analfabeto   ☐ Ensino médio  
☐ Ensino fundamental   ☐ Ensino superior

### B. ESTRUTURA E ABASTECIMENTO

4. Qual é o principal tipo de abastecimento de água utilizado na sua residência?  
☐ Rede da CODEVASF   ☐ Água da chuva  
☐ Fonte ou poço   ☐ Outro  
☐ Carro-pipa
5. Existe algum tipo de abastecimento de água secundário utilizado na sua residência?  
☐ Rede da CODEVASF   ☐ Água da chuva  
☐ Fonte ou poço   ☐ Outro  
☐ Carro-pipa   ☐ Não existe

Finalize o questionário aqui, caso não exista abastecimento de água proveniente de nenhum dos sistemas implantados pela CODEVASF.

6. Sua residência possui reservatório?  
☐ Sim, possui 1   ☐ Sim, possui 3 ou mais  
☐ Sim, possui 2   ☐ Não possui
7. A água utilizada em sua residência chega:  
☐ Encanada até dentro da residência  
☐ Encanada, mas apenas no terreno  
☐ Não chega encanada
8. Sua residência possui hidrômetro em funcionamento?  
☐ Sim   ☐ Não

9. Qual é a frequência do fornecimento de água?

☐ Diário   ☐ Quinzenal   ☐ Indefinido  
☐ Semanal   ☐ Mensal

### C. OPINIÃO DO USUÁRIO

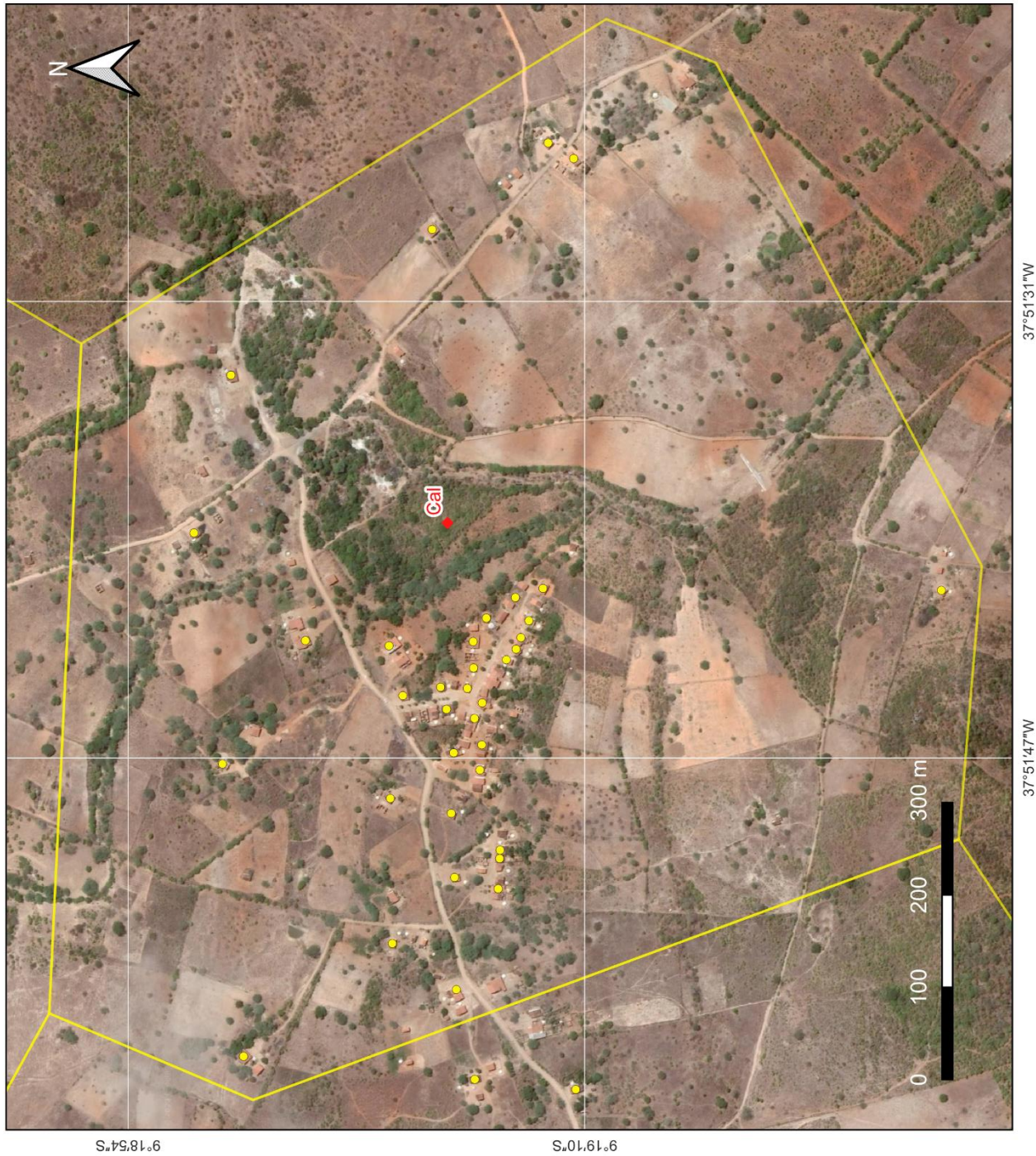
10. Qual é sua percepção sobre a qualidade da água?  
☐ Excelente   ☐ Regular   ☐ Péssima  
☐ Boa   ☐ Ruim
11. Você já percebeu alguma alteração de cor, odor ou sabor?  
☐ Sim, recorrente  
☐ Sim, uma vez ou outra  
☐ Não
12. Como você considera a pressão da água?  
☐ Alta   ☐ Boa   ☐ Baixa
13. Como você avalia o seu acesso à água potável hoje em comparação com a situação anterior a CODEVASF?  
☐ Melhor   ☐ Igual   ☐ Pior
14. Com base em sua vivência, você acredita que a estrutura implantada pela CODEVASF precisa de melhorias?  
☐ Não, está excelente  
☐ Sim, precisa de pequenas melhorias  
☐ Sim, precisa de melhorias significativas  
☐ Sim, precisa de uma grande reformulação  
☐ Não tenho certeza
15. Você está satisfeito(a) quanto aos serviços prestados?  
☐ Sim   ☐ Não

#### OBSERVAÇÕES

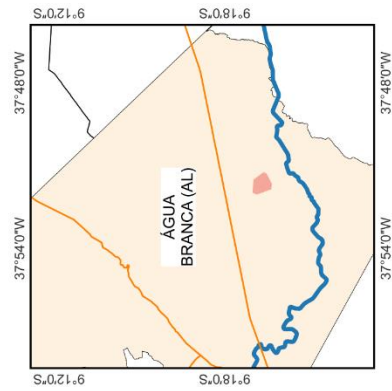
#### TERMO DE USO

Ao fornecer informações neste questionário, você concorda que os dados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos, como pesquisas e estudos científicos. As informações prestadas serão mantidas em anonimato e trabalhadas de forma agregada, garantindo sua privacidade.

**APÊNDICE B – MAPAS DAS RESIDÊNCIAS DE COLETA POR POVOADO**



RESIDÊNCIAS DE APLICAÇÃO  
DO QUESTIONÁRIO DE COLETA  
POV. CAL - SUB-II



### Legenda

- Domicílios de coleta
- Povoado

Domicílios particulares  
permanentes ocupados (63)

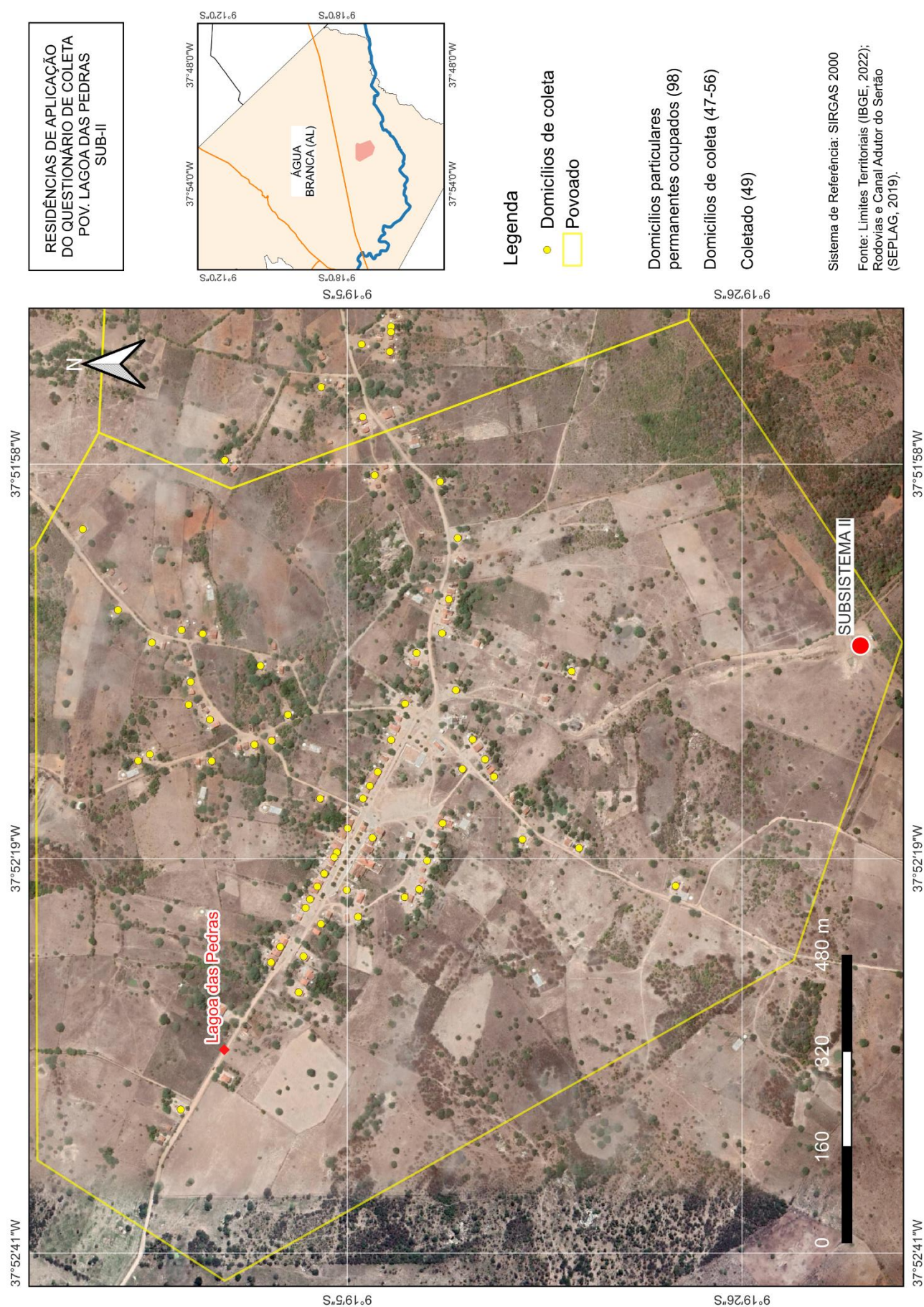
Domicílios de coleta (30-36)

Coletado (30)

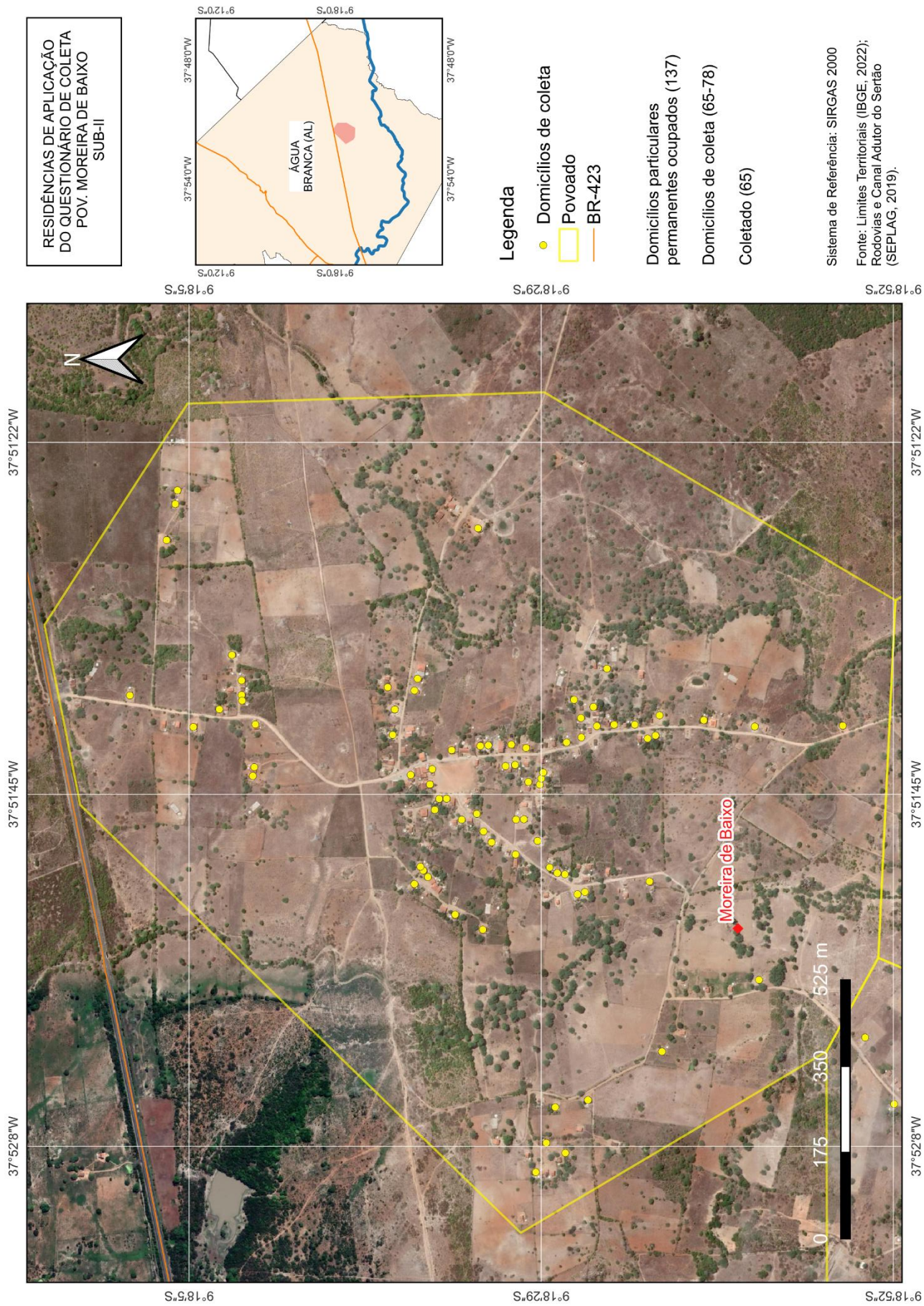
Sistema de Referência: SIRGAS 2000

Fonte: Limites Territoriais (IBGE, 2022);  
Rodovias e Canal Adutor do Sertão  
(SEPLAG, 2019).

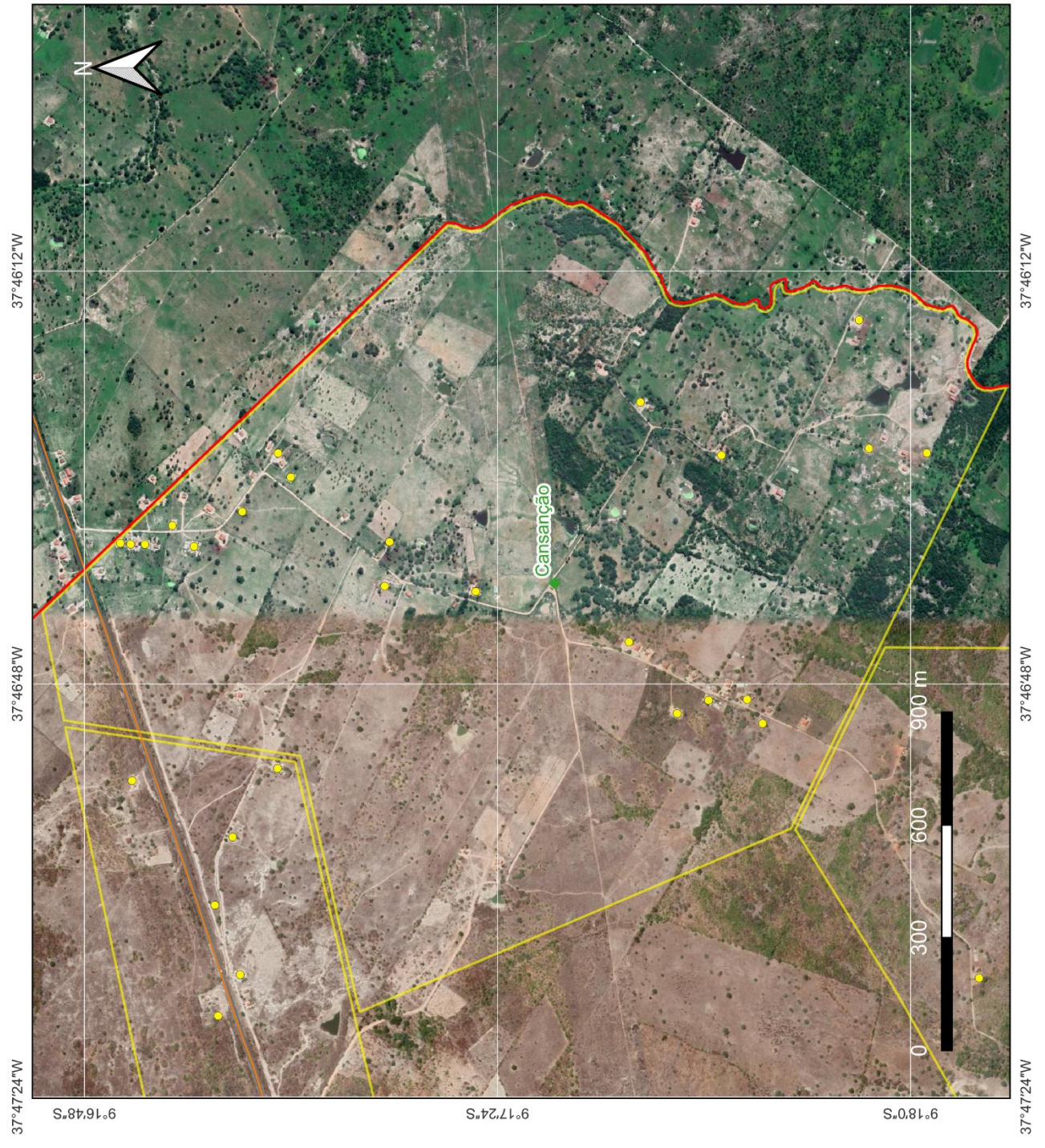




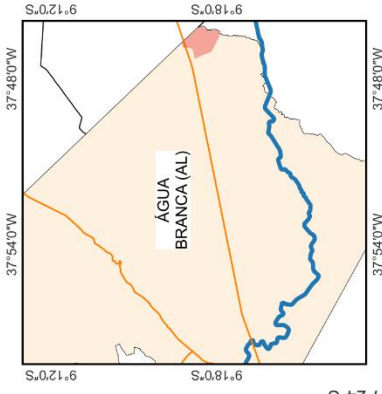








RESIDÊNCIAS DE APLICAÇÃO  
DO QUESTIONÁRIO DE COLETA  
POV. CANSANÇÃO - SUB-VI



### Legenda

- Domicílios de coleta
- Povoado
- Município
- BR-423

Domicílios particulares permanentes ocupados (33)

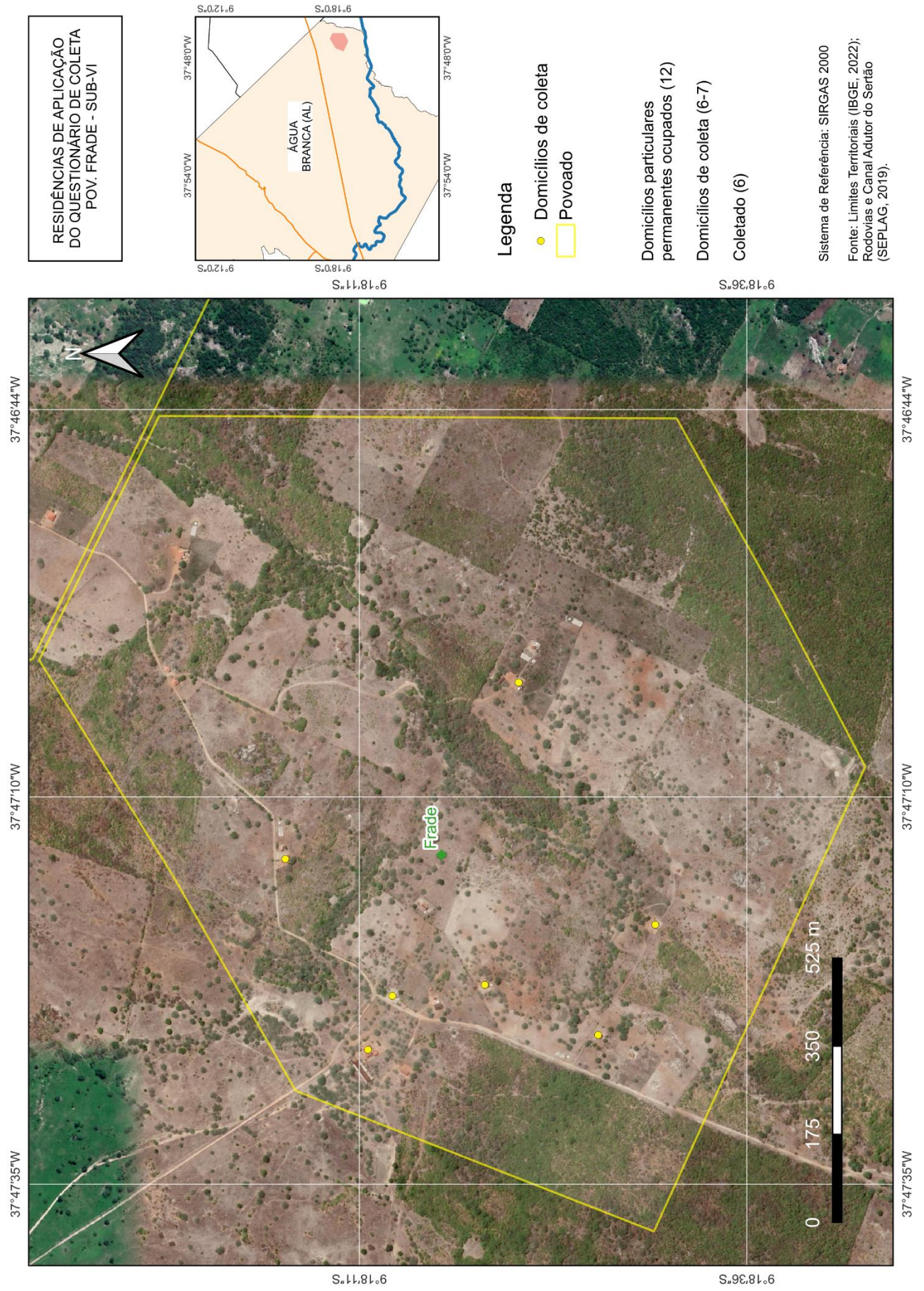
Domicílios de coleta (17-21)

Coletado (20)

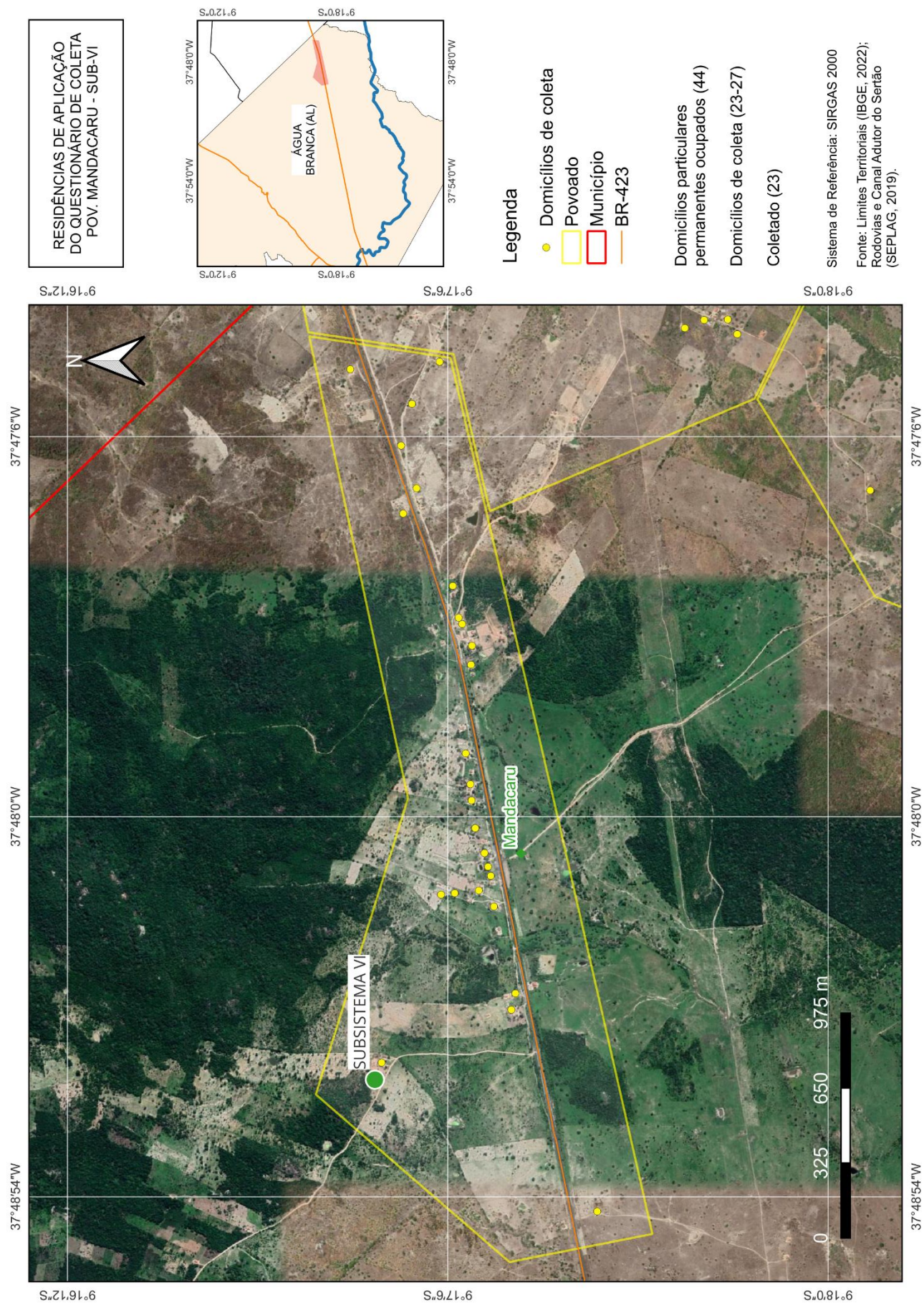
Sistema de Referência: SIRGAS 2000

Fonte: Limites Territoriais (IBGE, 2022); Rodovias e Canal Adutor do Sertão (SEPLAG, 2019).

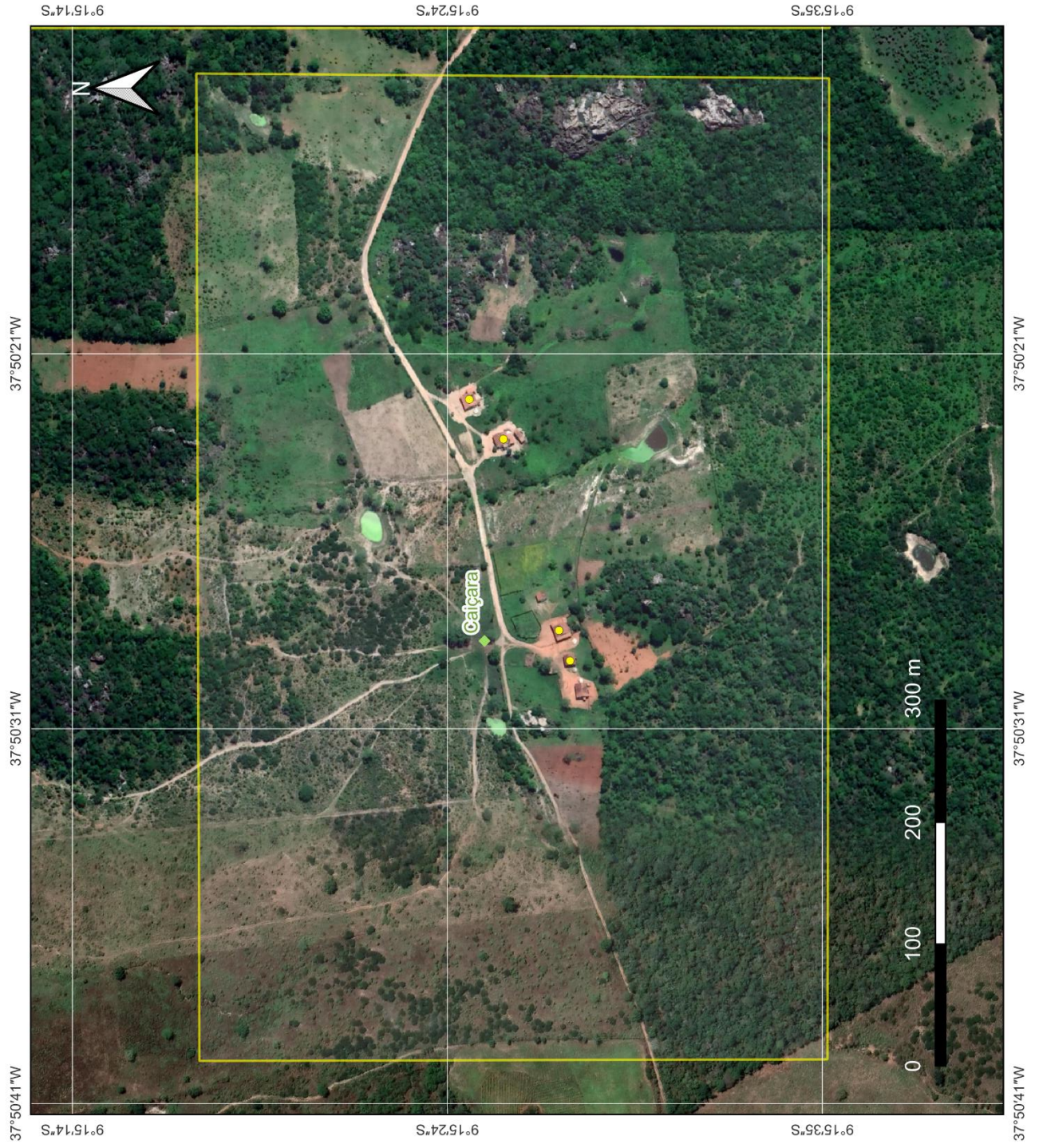




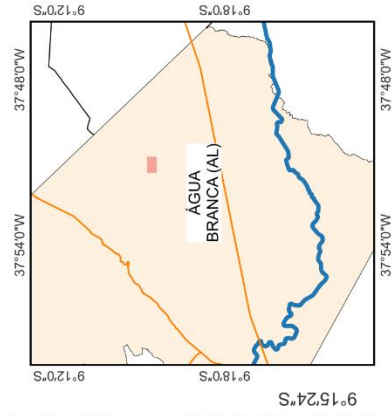








RESIDÊNCIAS DE APLICAÇÃO  
DO QUESTIONÁRIO DE COLETA  
POV. CAIÇARA - SUB-VI



### Legenda

- Domicílios de coleta
- Povoado

Domicílios particulares  
permanentes ocupados (5)

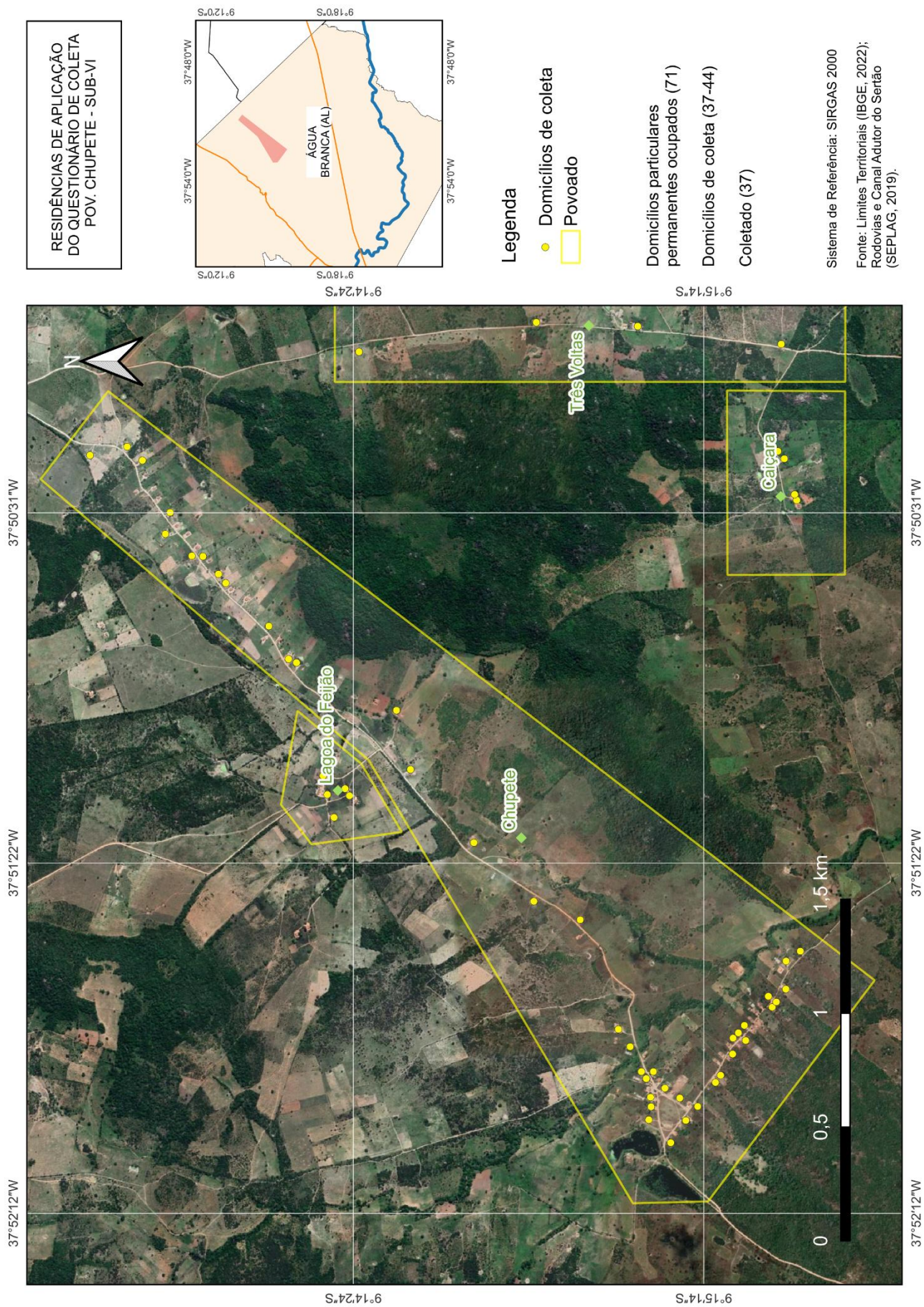
Domicílios de coleta (3-4)

Coletado (3)

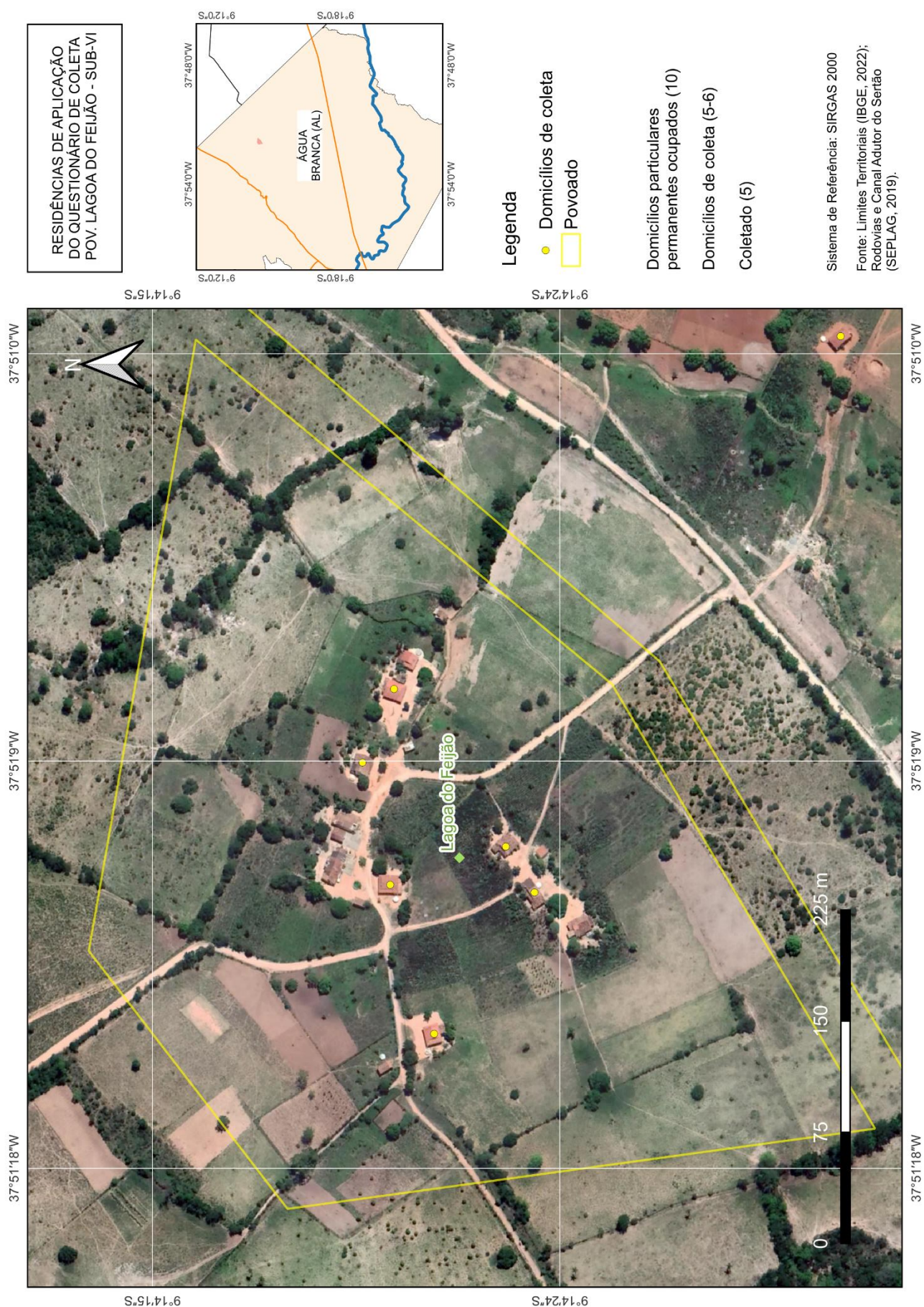
Sistema de Referência: SIRGAS 2000

Fonte: Limites Territoriais (IBGE, 2022);  
Rodovias e Canal Adutor do Sertão  
(SEPLAG, 2019).





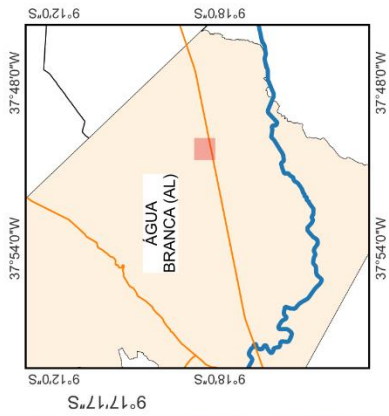








RESIDÊNCIAS DE APLICAÇÃO  
DO QUESTIONÁRIO DE COLETA  
POV. MATINHA - SUB-VI



### Legenda

- Domicílios de coleta
- Povoado

Domicílios particulares  
permanentes ocupados (19)

Domicílios de coleta (10-12)

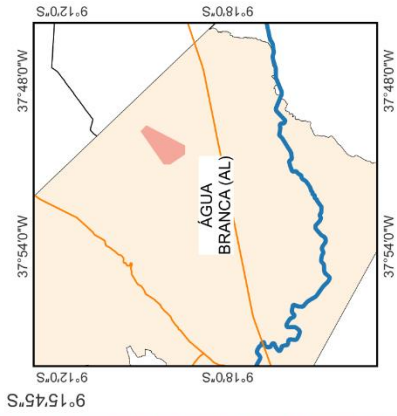
Coletado (10)

Sistema de Referência: SIRGAS 2000

Fonte: Limites Territoriais (IBGE, 2022);  
Rodovias e Canal Adutor do Sertão  
(SEPLAG, 2019).



RESIDÊNCIAS DE APLICAÇÃO  
DO QUESTIONÁRIO DE COLETA  
POV. NAVIO - SUB-VI



- Legenda**
- Domicílios de coleta
  - Povoado

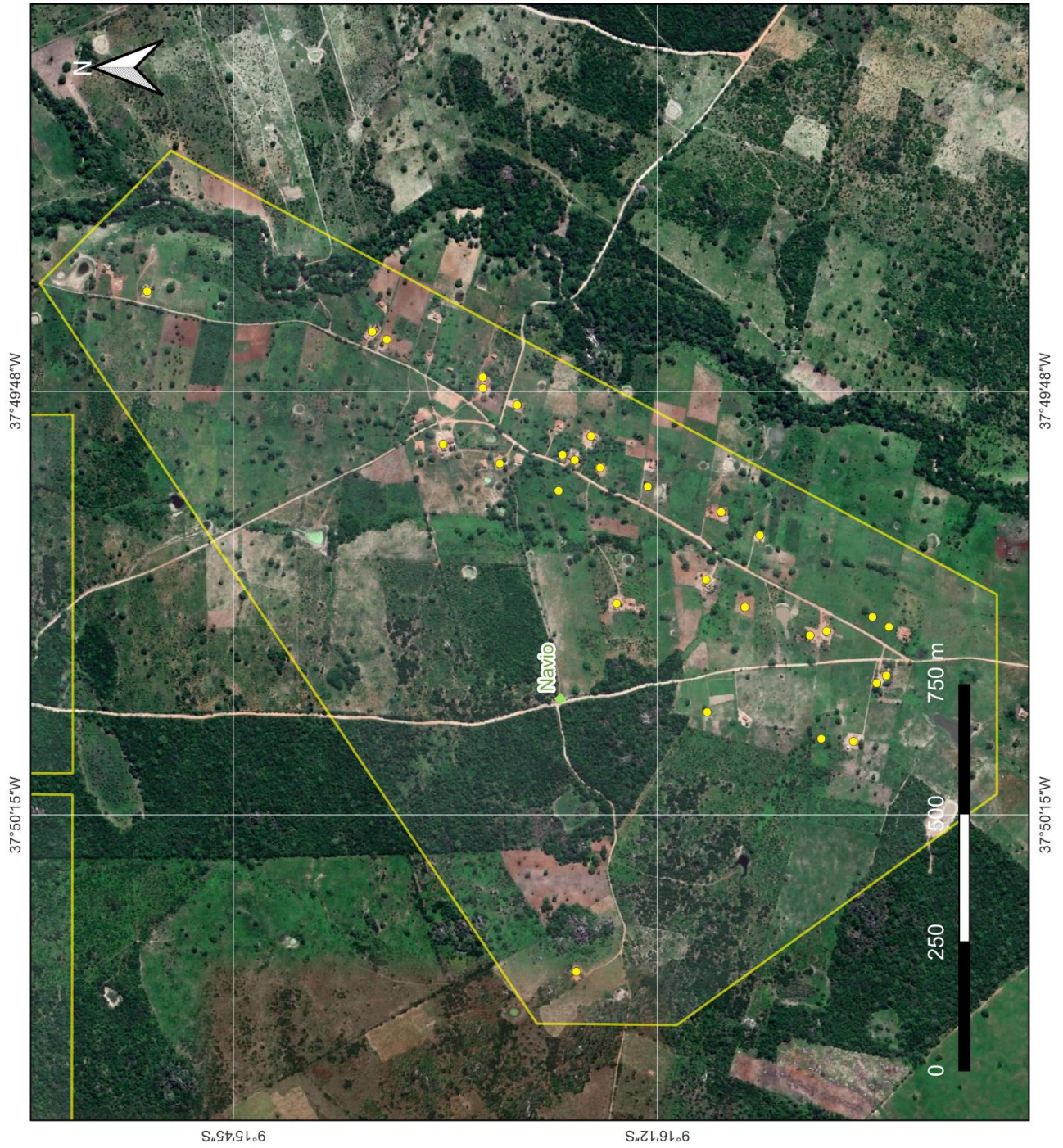
Domicílios particulares  
permanentes ocupados (46)

Domicílios de coleta (24-29)

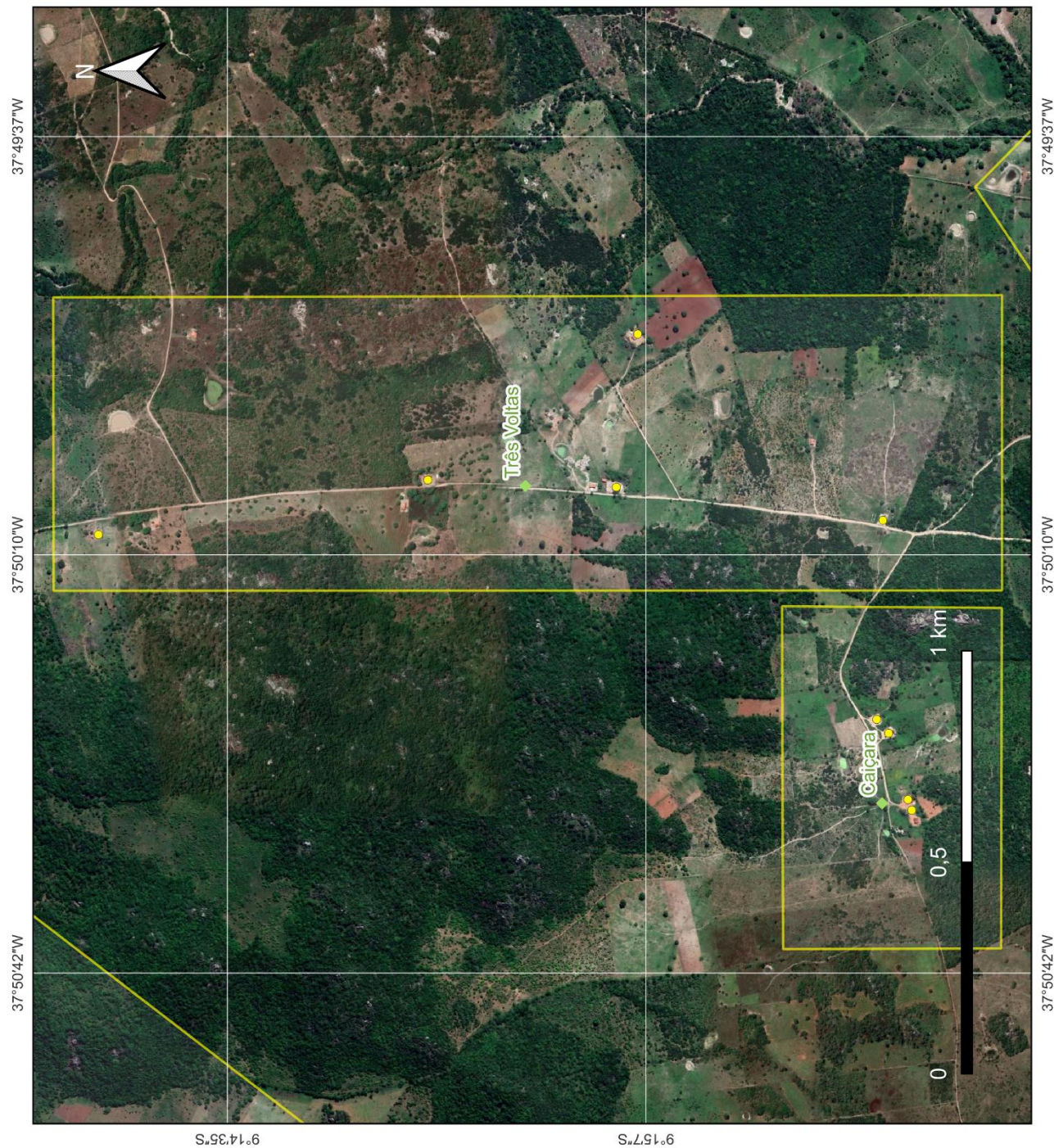
Coletado (24)

Sistema de Referência: SIRGAS 2000

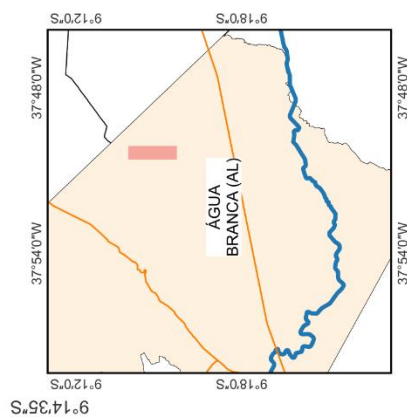
Fonte: Limites Territoriais (IBGE, 2022);  
Rodovias e Canal Adutor do Seritão  
(SEPLAG, 2019).







RESIDÊNCIAS DE APLICAÇÃO  
DO QUESTIONÁRIO DE COLETA  
POV. TRÊS VOLTAS - SUB-VI



### Legenda

- Domicílios de coleta
- Povoado

Domicílios particulares  
permanentes ocupados (8)

Domicílios de coleta (4-5)

Coletado (5)

Sistema de Referência: SIRGAS 2000

Fonte: Limites Territoriais (IBGE, 2022);  
Rodovias e Canal Adutor do Sertão  
(SEPLAG, 2019).