



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE
BALSAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TAIANE BARROS FERREIRA

**ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM BALSAS-MA: Cobertura, Medição e
Manutenção**

BALSAS-MA
2025

Taiane Barros Ferreira

Abastecimento de Água em Balsas–MA: Desafios da Cobertura, Medição e Manutenção

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Caroline Alves Carvalho

Balsas-MA
2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Barros Ferreira, Taiane.

ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM BALSASMA: Cobertura, Medição e
Manutenção / Taiane Barros Ferreira. - 2025.

70 p.

Orientador(a): Carla Caroline Alves Carvalho.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do
Maranhão, 2025.

1. Rede de Água. 2. Perdas. 3. Hidrômetros. 4.
Medidores. I. Alves Carvalho, Carla Caroline. II. Título.

Taiane Barros Ferreira

Abastecimento de água em Balsas–MA: desafios da cobertura, medição e manutenção

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Monografia/Artigo Científico, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 22 de julho de 2025.

Carla Caroline Alves Carvalho.

Prof(a). Dra. Carla Caroline Alves Carvalho – Orientador

Prof(a). Me. Ranna de Sousa Barros– Examinador interno

Prof(a). Dr. Cláudio Luis de Araújo Neto – Examinador interno

Balsas-MA
2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus, pois sem ele nada sou, ele me permitiu ter chegado até aqui. Agradeço a minha família que sempre esteve comigo e foi minha maior motivação, minha tia Nina, meus irmãos. Mas principalmente a minha filha Anne Sophia, que muitas vezes teve que ficar chorando na casa de sua avó, ou com a tia Rane, para que eu pudesse ir para as aulas, e o meu esposo Herbet Castro Lima, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado todos esses anos de curso. Agradeço aos meus colegas de curso, principalmente meu amigo Leonardo dos Santos, que nunca soltou a minha mão, sempre me ajudou quando foi preciso, compartilhou seus conhecimentos e experiências sempre que precisei.

E por fim, agradeço a todos os meus queridos professores, em especial a minha orientadora Profa. Carla Caroline, que mesmo estando em uma fase linda da vida, seu casamento, sempre que eu precisei me ajudou com seus ensinamentos, e orientações, ao Prof. Willame Braga, que sempre foi compreensivo e teve um carinho e muita paciência com minha filha quando precisei levá-la durante suas aulas, bem como meus professores examinadores Profa. Ranna, que mostrou como é fazer a diferença na vida dos alunos, ensinando com paciência e carinho, e ao Prof. Cláudio Luis, que tive o privilégio de ser aluna.

RESUMO

O presente trabalho analisa o sistema de abastecimento de água no município de Balsas–MA, com ênfase na cobertura, medição e manutenção do serviço. A pesquisa faz a combinação de dados secundários do SNIS, IBGE, além de registros diretos junto ao SAAE. Os resultados indicam que o sistema se encontra defasado frente ao crescimento urbano e populacional, apresentando baixa cobertura de micromedição, ausência de macromedidores, além do mais, destaca que as perdas elevadas e falhas operacionais, como a escassez de manutenções preventivas são os principais desafios que gestão do sistema de abastecimento tem que solucionar. A água para abastecimento da cidade é coletada através de fonte superficial diretamente no Rio das Balsas, e profunda através dos poços artesianos distribuídos pelos bairros da cidade. O trabalho demonstra que a cobertura do sistema de abastecimento de Balsas - MA é de 86%, por sua vez, maior que a média nacional que está em torno de 84%, no entanto ainda carece de melhorias, principalmente com relação a perda que é aproximadamente 53%, acima da média nacional. A análise por bairro revelou desigualdades significativas no acesso à água e fragilidades na infraestrutura, com destaque para áreas periféricas. Por fim conclui-se que existe a necessidade de planejamento técnico aliado a políticas públicas que visem diminuir as desigualdades locais, visando garantir o direito universal ao abastecimento de forma eficiente, equitativa e sustentável.

Palavras – chave: Rede de água. Perdas. Hidrômetros. Medidores.

ABSTRACT

This paper analyzes the water supply system in the municipality of Balsas, Maranhão, with an emphasis on service coverage, measurement, and maintenance. The research combines secondary data from the National Institute of Geography and Statistics (SNIS), IBGE, and direct records from the SAAE (Economic and Environmental Assistance Agency). The results indicate that the system lags behind urban and population growth, with low micrometer coverage and a lack of macrometers. Furthermore, it highlights that high losses and operational failures, such as a lack of preventive maintenance, are the main challenges that water system management must address. The city's water supply is collected from a surface source directly in the Balsas River and from deep wells distributed throughout the city's neighborhoods. The study demonstrates that the water supply system coverage in Balsas, Maranhão, is 86%, higher than the national average of around 84%. However, it still requires improvement, particularly regarding water losses, which are approximately 53%, above the national average. The analysis by neighborhood revealed significant inequalities in access to water and infrastructure weaknesses, particularly in peripheral areas. Finally, it is concluded that there is a need for technical planning combined with public policies that aim to reduce local inequalities, aiming to guarantee the universal right to supply in an efficient, equitable and sustainable manner.

Keywords: Water network. Losses. Water meters. Meters.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVA	12
3	OBJETIVOS	13
3.1	Objetivo Geral:	13
3.2	Objetivos específicos:	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1	Sistemas de abastecimento de água	14
4.2	Componentes do Sistema	15
4.3	Cobertura dos serviços de saneamento	16
4.4	Medição e controle de consumo em sistemas de abastecimento	17
4.5	Gestão de perdas.....	19
4.6	Indicadores de desempenho em sistemas de abastecimento	21
4.7	Análise de Vulnerabilidades e Riscos em Sistemas de Abastecimento de Água	23
4.8	Geotecnologias aplicadas ao saneamento básico.....	24
4.9	Políticas Públicas e Regulação no Setor	26
4.10	Reflexões e propostas para a melhoria da gestão do abastecimento de água	27
5	METODOLOGIA.....	29
5.1	Área de Estudo	29
5.2	Procedimentos Metodológicos	31
5.3	Consolidação das Bases de Dados e Cálculo dos Indicadores Quantitativos	32
6	RESULTADOS	35
6.1	Caracterização do Sistema	35
6.2	Indicadores do SNIS	41
6.3	Análise por Bairros	43
6.4	Cobertura da rede de abastecimento	50
6.5	Propostas de Melhoria	58
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
	REFERÊNCIAS	64
	ANEXOS.....	67
	APÊNDICES	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo do Abastecimento de Água	16
Figura 2 - Localização da área urbana de Balsas	29
Figura 3 - Etapas metodológicas	31
Figura 4 – Mapa divisão dos setores Balsas – MA	33
Figura 5 - Sede Administrativa SAAE de Balsas – MA	35
Figura 6 – Estação de tratamento de água de Balsas – MA.....	36
Figura 7– Bombas de pressurização na estação de tratamento de água de Balsas – MA....	37
Figura 8 – Captação subterrânea através de poços em Balsas – MA.....	37
Figura 9 - Localização dos poços e da ETA na zona urbana de Balsas - MA.....	38
Figura 10 – Vazamento gerais, Vazamento na Rede e Fraudes na Rede durante o ano de 2024	40
Figura 11 – Mapa Divisão Espacial dos Bairros de Balsas – MA	44
Figura 12 – Mapa Total Ligações sem Hidrômetros.....	45
Figura 13 – Taxa de Domicílios sem Hidrômetros em Relação Total de Domicílios	47
Figura 14 – Total de Ligações com Hidrômetro.....	48
Figura 15 – Taxa de Imóveis com Hidrômetros em relação Total de Domicílios	49
Figura 16– Mapa Quantidade de Domicílios Ocupados por Bairro.....	51
Figura 17 – Taxa de Cobertura de Ligações de Água em Relação ao Total de Domicílios...	52
Figura 18 – Quantidade de Desligamentos por Atraso e a Quantidade de Desligamento a Pedido.....	53
Figura 19 – Total de Desligamentos	54
Figura 20– Volume de Água medido	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os principais componentes do sistema de abastecimento de água.....	15
Quadro 2 – Indicadores operacionais de desempenho	22
Quadro 3 – Informações envolvidas	23
Quadro 4 – Propostas de Melhoria para o Sistema de Abastecimento de Balsas – MA	61
Quadro 5: Localização de poços em zona urbana	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Série Histórica dos campos de informações do sistema de abastecimento de água de Balsas – MA	41
Tabela 2 – Série histórica dos indicadores do sistema de abastecimento de água de Balsas – MA.....	42
Tabela 3 - Consolidação de dados por bairro.....	70

1 INTRODUÇÃO

O abastecimento de água constitui um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento urbano sustentável, para a promoção da saúde pública e da qualidade de vida da população. A disponibilidade contínua e segura desse recurso está diretamente relacionada à garantia de bem-estar social, à preservação ambiental e ao crescimento ordenado das cidades (Miranda, 2018).

No Brasil diversas regiões se encontram em situação de escassez de água, com contaminação generalizada e, por conseguinte crescente dificuldade de disponibilidade de mananciais, sobretudo superficiais, como também de água bruta de qualidade apropriada aos diversos tipos de usos com capacidade suficiente para o atendimento da demanda (Ambrósio, et al, 2024).

A cidade de Balsas, localizada no sul do estado do Maranhão, segundo dados do IBGE (2022), tem apresentado nos últimos anos um significativo crescimento urbano com uma população em constante expansão. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2022) em 2022, o município de Balsas, localizado no estado do Maranhão, possuía 101.767 habitantes. O município apresenta uma área de 13.41,76 km², com densidade populacional de 7,74 hab/km², bem menor do que a densidade média populacional do Maranhão de 20,56 hab/km² (IBGE, 2022).

Dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2023), dão conta que no ano de 2022, 78,97% da população da cidade de Balsas, recebe água potável direto da rede geral de distribuição, vinculada aos serviços públicos de abastecimento, sendo a água captada direto na fonte superficial, por outro lado, 8,33% são abastecidas por poços profundo ou artesianos, 9,06% são abastecidos através de poços rasos ou cacimbas. De modo geral, cerca de 3.149 habitantes não têm acesso a água encanada direto em seus domicílios e utilizam-se de baldes ou outros recursos para captação da água para os mais diversos tipos de uso (SNIS, 2023).

O sistema de abastecimento de água da cidade é gerido pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), sendo que o sistema opera com captação superficial no Rio Das Balsas, rio que banha a cidade, e captação subterrânea por meio de poços. No entanto, segundo informações do Sistema de Abastecimento

Água e Esgoto (SAAE) dão conta que o sistema apresenta deficiências notáveis, como a ausência de medição macro e micro de volumes, precariedade na manutenção das redes e infraestrutura, e interrupções frequentes no fornecimento por diversos motivos, incluindo falhas técnicas e operacionais. Desta forma, fica evidente que Balsas carece de melhorias no sistema de abastecimento de modo geral, principalmente no que se refere ao controle e gerenciamento dos recursos hídricos, visto que esse recurso é vital para a humanidade.

Diante desses problemas, torna-se essencial analisar a eficiência e a distribuição do sistema de abastecimento de água na cidade de Balsas. E o presente estudo busca compreender sua estrutura, cobertura territorial e criticidade, a fim de fornecer subsídios para o aprimoramento da gestão e planejamento dos serviços.

2 JUSTIFICATIVA

A água é um dos principais recursos vitais para a vida do homem, cuja disponibilidade e sua qualidade estão ligadas diretamente ao bem-estar da população e ao desenvolvimento sustentável. Apesar de ser um recurso essencial, a água é um recurso finito, o que exige preservação, uso consciente e gestão otimizada. No contexto de fornecimento público, de acordo com a Agência Nacional de Saneamento Básico (ANA, 2023), os desafios se intensificam com o acelerado crescimento urbano, pressionando os sistemas de abastecimento existentes e exigindo maior eficiência nos serviços.

A cidade de Balsas passa por uma expansão urbana e populacional de forma acelerada e isso impacta diretamente os serviços públicos. Além das limitações técnicas e operacionais, o município precisa de políticas públicas específicas para o saneamento básico. Essas políticas devem fortalecer a gestão e o planejamento do sistema de abastecimento.

Diante desse cenário, é de suma importância entender a situação atual do sistema de abastecimento de água em Balsas no que se refere a cobertura, medição e manutenção. A análise desses aspectos com dados recentes, permitirá a criação de propostas técnicas de gestão que auxiliem o Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) e a gestão pública local, objetivando aumento da cobertura, redução das perdas e garantir a sustentabilidade do serviço, a fim de garantir que todos tenham acesso à água limpa, ao mesmo tempo que se busca preservar esse recurso importante para a geração atual e futuras.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Analisar a estrutura, a cobertura e os pontos críticos do sistema de abastecimento de água do município de Balsas-MA, para proposição de medidas para melhorias na eficiência da gestão dos recursos hídricos.

3.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar o sistema de abastecimento, infraestrutura e gestão;
- Avaliar indicadores de desempenho de perdas e cobertura com base em dados do SNIS (2024);
- Investigar a distribuição do serviço por bairros, para identificação de áreas com maiores deficiências;
- Propor medidas e recomendações técnicas com base nas áreas analisadas.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um bem essencial à existência da vida, é necessária para o funcionamento dos ecossistemas, sendo o principal recurso para o desenvolvimento humano, econômico e social. Além disso, é fundamental para agricultura, indústria e produção de energia, a qualidade de vida das pessoas, o crescimento urbano, tudo isso depende diretamente da disponibilidade da água. Sabendo que o uso desse bem natural é diverso e muitos desses usos são concorrentes, exige-se uma gestão eficiente. Porém, esse recurso não é distribuído igualitariamente nem nacionalmente, nem globalmente, por isso, e quando se trata de regiões com mais desigualdades em infraestrutura, essa divisão é ainda mais desigual (ANA, 2022).

Sendo assim, com esse trabalho buscou-se destacar e enfatizar o abastecimento de água da cidade, discutir seus componentes, indicadores de desempenho de acordo com dados do SNIS (2022). Além das fragilidades operacionais, como também tratar sobre tecnologias de monitoramento e estratégias de gestão que possam contribuir para implantação de melhorias no sistema de distribuição de água da cidade (ABES, 2015)

4.1 Sistemas de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água é um conjunto integrado de obras, equipamentos e serviços destinados à captação, tratamento, armazenamento e distribuição de água potável para o consumo humano. Esse sistema tem como finalidade garantir o fornecimento contínuo, seguro e com qualidade adequada, atendendo às necessidades básicas da população para consumo doméstico, industrial e público (Heller; Pádua, 2010).

A responsabilidade pela implantação e operação do sistema geralmente recai sobre o poder público ou entregas autorizadas, conforme previsto na legislação vigente. Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), o sistema público de abastecimento de água potável é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações possíveis para o abastecimento público, desde a captação até as ligações prediais e pertinentes instrumentos de medição (FUNASA, 2019).

O abastecimento de água potável é um serviço indispensável para a saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico. A disponibilidade de água de

qualidade reduz a incidência de doenças de veiculação hídrica, como diarreias, hepatites e cólera, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população (BRASIL, 2007). Além disso, o acesso à água é fundamental para atividades domésticas, industriais, agrícolas e para o funcionamento dos serviços públicos.

A universalização do abastecimento de água é um dos objetivos prioritários das políticas públicas de saneamento básico, conforme previsto na Lei nº 11.445/2007, que institui diretrizes nacionais para o setor. Garantir o acesso à água potável é também um compromisso com os direitos humanos e a sustentabilidade ambiental.

4.2 Componentes do Sistema

O sistema de abastecimento de água é composto por um conjunto integrado de estruturas e equipamentos que possibilitam a coleta, tratamento, armazenamento e distribuição de água potável à população. Conforme descrito pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2019) e corroborado por diversos autores, os principais componentes estão dispostos no Quadro 1 a seguir:

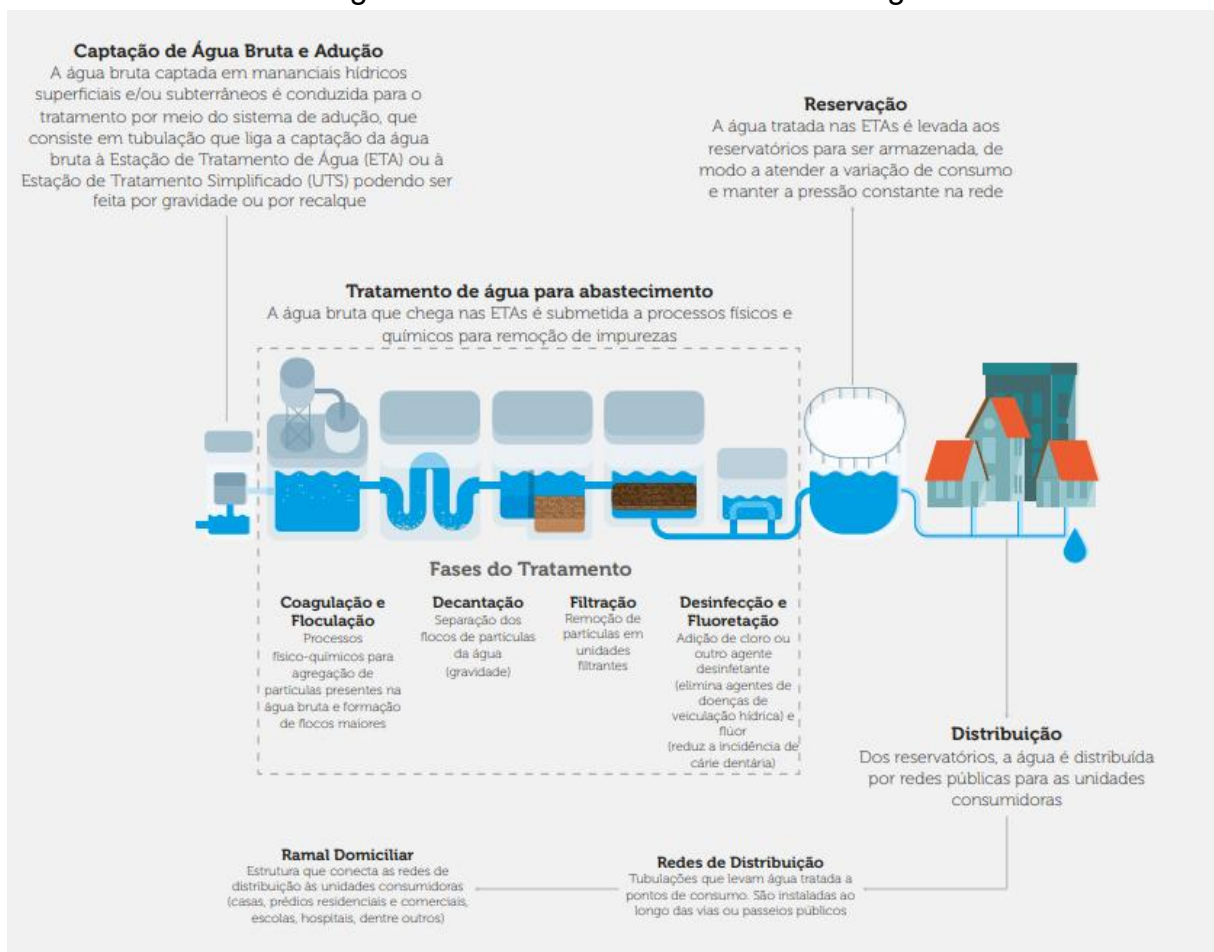
Quadro 1 – Os principais componentes do sistema de abastecimento de água

Componente	Descrição
Manancial	Fonte natural de água, que pode ser superficial (rios, lagos, represas) ou subterrânea (aquíferos), onde a água é coletada para abastecimento.
Captação	Obras e equipamentos responsáveis pela retirada da água do gerenciamento, dimensionados para garantir a disponibilidade e qualidade da água ao longo do ano.
Adução	Rede de tubulações que transportam a água bruta da coleta até a estação de tratamento e, após tratada, até os reservatórios e pontos de distribuição.
Estações elevatórias	Equipamentos hidráulicos que bombeiam a água para vencer desníveis topográficos ou manter a pressão adequada na rede.
Estação de tratamento de água (ETA)	Unidade onde a água passa por processos físicos, químicos e biológicos para remoção de impurezas e agentes patogênicos, tornando-a própria para consumo.
Reservatórios	Estruturas que armazenam a água tratada, garantindo regularidade não fornecida e manutenção da pressão na rede.
Rede de distribuição	Sistema de tubulações e acessórios que conduzem a água tratada até os consumidores finais, garantindo qualidade e pressão adequadas.
Ramal domiciliar	Conexão entre a rede pública e as instalações internas dos consumidores.

Fonte: Adaptado de FUNASA, 2019.

O Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (SNIS), elaborou um esquema que representa todas essas etapas do sistema de abastecimento de água, elencando-os em 5 etapas principais: captação de água bruta, adução, tratamento, reservação e distribuição de água tratada, conforme demonstrado na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Ciclo do Abastecimento de Água



Fonte: SNIS, 2023.

4.3 Cobertura dos serviços de saneamento

A cobertura dos serviços de saneamento básico, que inclui o abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, é um indicador fundamental de qualidade de vida e saúde pública. No Brasil, apesar dos avanços nas últimas décadas, ainda existem desafios significativos para a universalização desses serviços, especialmente em áreas rurais e periferias urbanas.

Segundo o SNIS (2023), em 2022, o volume total de água produzido no Brasil atingiu 17,9 bilhões de metros cúbicos, com um consumo efetivo de 11,7 bilhões de metros cúbicos. As redes públicas de abastecimento atenderam 64,6 milhões de economias residenciais ativas, por meio de 64,4 milhões de ligações. Em comparação com 2021, foram incorporadas cerca de 2,1 milhões de novas ligações e 1,2 milhão de novas economias residenciais. A densidade média nacional foi de 1,28 economias por ligação, com destaque para a região sul (1,37) e valores mais baixos nas regiões norte e nordeste (1,15). A extensão média da rede de água por ligação foi de 12,4 metros, sendo a menor na região Nordeste (10,8 m/lig.) e a maior na região Sul (17,4 m/lig.).

A universalização do acesso à água potável é uma meta prevista na Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, reforçando a necessidade de políticas públicas eficientes e investimentos contínuos para ampliar a cobertura.

4.4 Medição e controle de consumo em sistemas de abastecimento

O abastecimento de água para uma região ou cidade está condicionado à estabilidade entre a oferta e a demanda, e para se determinar essa demanda se faz necessário calcular o consumo per capita da região abastecida, e esses dados são obtidos através de medidores de volume de água (Costa Neto; Lima; Rolim, 2021).

Devido ao atual cenário, várias regiões no Brasil enfrentam uma crise hídrica, agravada pela poluição e degradação disseminada, e pela indisponibilidade de mananciais, especialmente os de superfície. Além do mais, é cada vez mais desafiador encontrar água bruta que atenda padrões de qualidade adequados para os diversos tipos de uso, em quantidade suficiente que atenda a demanda (Pereira; Tinôco, 2021).

Desse modo, o papel dos medidores é essencial para que se faça uma gestão eficiente dos recursos hídricos, controle de perdas, tarifação adequada e planejamento de investimentos no setor, pois através dos dados obtidos por esses equipamentos de medição é possível a realização de uma análise, verificação de falhas, tanto quanto a sustentabilidade dos serviços de saneamento, desta forma sanar falhas no setor (Costa Neto, Lima, Rolim, 2021).

Contudo, o Sistema Nacional de Informação de Saneamento Básico (SNIS,

2017) aponta que em um sistema de abastecimento de água, é de suma importância o sistema de medição, pois através de estudos desses dados coletados, pode se buscar soluções e propor melhorias que aumentem a eficácia do sistema otimizando seu desempenho. Ainda de acordo com o SNIS, (2022) o sistema de medição é dividido em macromedição e micromedição, sendo que o aparelho que faz a macromedição é instalado na rede de distribuição, geralmente na saída dos reservatórios de água tratada, enquanto na micromedição os hidrômetros são instalados diretamente na unidade consumidora, sendo esses dispositivos, que fazem essa medição da quantidade de água, que está sendo consumida pela unidade consumidora.

Diante deste contexto contemporâneo de escassez hídrica, as concessionárias de abastecimento de água têm buscado soluções para minimizar as perdas em seus sistemas de distribuição. Essas perdas, podem ser divididas em perdas reais e perdas aparentes, sendo as perdas reais situações que ocorrem vazamentos em tubulações, conexões, extravasamentos e infiltração transbordamentos nos reservatórios. Já as perdas aparentes estão ligadas a fraudes, ligações irregulares e falhas na medição dos hidrômetros (Costa Neto; Lima; Rolim, 2021).

Sendo, um importante componente desse sistema de distribuição hídrica são os hidrômetros. O hidrômetro é um dispositivo usado para registrar de forma contínua o volume de água que está passando por ele em um determinado período de tempo (Portaria nº 246 do INMETRO, 2000). Sendo que a principal função do hidrômetro, é quantificar a água que está sendo consumida, para que posteriormente seja cobrado uma taxa do usuário, referente ao volume consumido. Os medidores hidrômetros são classificados de acordo com sua capacidade de medição, no princípio pelo qual operam e na sua classe metrológica (Silva, 2008).

A falha ou imprecisão desses equipamentos de medições pode ocasionar diversos problemas, entre eles pode-se destacar que os são; a dificuldade na detecção de perdas reais e aparentes, e a redução da receita da prestadora, bem como a distorções nos indicadores de eficiência operacional, gerando ineficiência no abastecimento, consumo excessivo de água, entre outros problemas (Al-washali; Sharma; Kennedy, 2016).

Atualmente existem diferentes tipos de hidrômetros, no entanto os mais comuns, são os volumétricos e velocimétricos. Os volumétricos, são chamados também de pistão rotativo, esse tipo de hidrômetro é muito preciso em baixas vazões,

e são mais comuns em residências, já os velocimétricos, baseados na rotação de uma turbina, são mais comuns e resistentes, no entanto são de menor precisão para baixas vazões. No entanto, há modelos mais avançados como os hidrômetros ultrassônicos e eletromagnéticos, utilizados em sistemas de maior porte ou industriais, devido à sua elevada precisão e durabilidade. Ultimamente, os hidrômetros inteligentes têm ganhado destaque, pois esses por serem mais modernos são integrados às tecnologias de comunicação remota que permitem a leitura automática dos dados, o que torna mais eficiente e eficaz a gestão dos sistemas de abastecimento e facilitando a detecção de perdas e vazamentos (Drumond, 2019).

4.5 Gestão de perdas

É de conhecimento geral que a crise hídrica não é um problema recente. Como o índice de perdas é um dos principais indicadores da eficiência operacional dos sistemas de fornecimento de água, o combate às perdas tornou-se um dos maiores desafios enfrentados tanto pelos prestadores de serviço de saneamento quanto pelos gestores públicos (ABES, 2015).

Desse modo, para que se possa planejar ações que minimizem as perdas no sistema de abastecimento de água, inicialmente é preciso conhecer os tipos de perdas. E de acordo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023) os principais tipos de perdas são: perdas aparentes (comerciais) e as perdas reais (físicas). Sendo que, as perdas reais, estão relacionadas com o desperdício que ocorre no sistema de abastecimento durante sua operação, tais como vazamentos nas tubulações, juntas e conexões, bem como vazamentos em reservatórios e excedentes por transbordamento. Já as perdas aparentes, referem-se ao volume utilizado, não faturado que costumam ser decorrente de fraudes, ligações clandestinas, inconsistências no cadastro, falhas na medição, podendo essas ocorrências acontecerem devido imprecisões e margens de erro devido a defeitos técnicos nos equipamentos (Madeira; Pena, 2020).

Por outro lado, ainda conforme afirma o SNIS, (2023) dados referentes ao ano de 2022, as perdas em sistemas de abastecimento de água decorrem de diversos fatores associados, como a infraestrutura envelhecida ou em más condições, principalmente adutoras com tubulações de ferro fundido e aço com vazamentos frequentes. Além de outros fatores como a falta de hidrômetros, até mesmo, falhas

operacionais como pressões elevadas e manobras manuais irregulares, e até mesmo ausência de manutenção preventiva. Como problemas de gestão administrativa deficiente, que muitas vezes possui cadastros inadequados, recursos financeiros limitados e fiscalização insuficiente, que por consequência sofre com fraudes e ligações clandestinas (ABES, 2015).

De acordo com relatos da Trata Brasil (2022), as perdas nos sistemas de abastecimento resultam em diversas consequências em diferentes áreas, na área financeira sofre com a redução da receita das prestadoras, já que parte da água produzida não é faturada, além disso desperdiçam investimentos em captação, tratamento e rede de distribuição, onerando o sistema financeiro a longo prazo. Somente no Brasil as perdas giram em torno de 6,53 bilhões m³ de água tratada, gerando um impacto financeiro de R\$ 8,015 bilhões por ano. Sobretudo, as perdas ambientais ocasionadas pelo uso desnecessário de recursos hídricos e tratamento de volumes de água que não chegam ao consumidor. Ademais, o aumento da pressão sobre mananciais, sem falar do aumento no consumo de energia com bombeamento e tratamento de água (Souza Junior; Vatauvuk, 2023). Ainda, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS (2023), a quantidade de água perdida é em torno de 37% em todo Brasil, recurso hídrico desperdiçado que poderia atender milhões de pessoas sem acesso ao saneamento.

Desse modo, Silva (2022) em seus estudos relata que a calibração correta, manutenção e a substituição periódica de medidores, reduzem significativamente erros de medição, o que impacta diretamente nas perdas aparentes, diminuindo esses índices de perdas. Já em um estudo de Souza Júnior & Vatauvuk (2023) relatam que um método promissor foi realizado em Bragança Paulista, onde dividiu-se a rede em DMCs (Distritos de Medição e Controle) o que possibilitou um monitoramento mais eficaz de pressão e vazão na rede, que por consequência resultou em uma redução expressiva na quantidade de vazamentos, e demonstrou uma redução efetiva nas perdas tanto aparentes como nas perdas reais. Outro caso de sucesso, relatado no estudo de Sodek (2019), foi a instalação de válvulas redutoras de pressão, em setores de Várzea Paulista e Palmas, que trouxe redução de vazamentos e menor frequência de rompimentos na rede.

Também vale destacar que com o objetivo de melhorar seus indicadores operacionais e reduzir seus índices de desperdício, a CAGEPA, (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba) realizou a implantação de projetos de redução de perdas, onde

nesse projeto a companhia de água, usou um sistema de monitoramento sustentável combinado com uma gestão eficiente em sua companhia, onde a empresa fez a combinação do uso de sensores de monitoramento para medir a vazão e a pressão nos reservatórios e rede, de João Pessoa- PB em tempo real, e através desses dados, faz ajuste nas válvulas para se manter a pressão ideal, além disso faz uso de equipamento de telemetria remoto, geofonamento e inspeção acústica, para identificação de vazamento não visíveis, o que culminou em uma redução significativa, e fazendo com que a Fornecedora de água ficasse em primeiro lugar no ranking de redução de perdas no nordeste (Araújo; et al, 2022).

Outro relato de boas práticas e gestão eficiente, implementado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP, 2023), um programa de redução de perdas estruturado em três pilares que são a setorização (DMAs) onde a rede é subdividida em *District Metered Areas*, a realização da medição precisa do fluxo de entrada e saída, identificação de setores com alto índice de perdas e monitoramento segmentado, realizando o controle de pressão com a adoção de válvulas reguladoras (PRVs) para ajustar a pressão de acordo com demanda, diminuindo falhas em tubulações mais vulneráveis, e implantação de metas contratuais, onde a SABESP, adotou contratos de desempenho com metas mensuráveis de redução, dessa forma os operadores eram pagos com base em resultados concretos, o que resultou em menores perdas.

Já o cenário da cidade de Balsas – MA, é preocupante. Dado que a gestão de perdas é um desafio urgente e central para que ocorra um avanço no setor operacional na área do saneamento básico da cidade, visto que somente 15,14% das unidades consumidoras possuem hidrômetros, o que indica uma grande deficiência ocasionada pela ausência e falha de medição, e ausência de monitoramento em todo seu sistema abastecimento. Ademais, o índice de perdas na distribuição chega a 52,94% da água captada, estando muito acima da média nacional, que é cerca 36,24% de perdas (SNIS, 2023).

4.6 Indicadores de desempenho em sistemas de abastecimento

A avaliação da eficiência e da qualidade dos serviços de abastecimento de água é fundamental para o planejamento, gestão e melhoria da prestação dos serviços públicos. Nesse contexto, os indicadores de desempenho são ferramentas

fundamentais. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2024), um indicador é o resultado de um cálculo entre informações, que expressa quantitativamente uma característica ou critério relacionado à prestação dos serviços de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário.

Segundo Bezerra *et al* (2019), a quantificação dos indicadores é importante para o refinamento da gestão, podendo beneficiar os processos de tomada de decisão, já que permitem a identificação de problemas, permitindo acontecer as medidas corretivas, podendo apoiar até a formulação de ações, políticas e estratégias mais eficientes.

Neste mesmo sentido, Alegre *et al* (2004), conceitua indicador de desempenho baseado no fato de que as entidades gestoras devem procurar elevados padrões de eficiência e eficácia para atingir os seus objetivos de gestão. Segundo Alegre *et al*. (2004), a eficiência avalia o uso otimizado dos recursos e a eficácia verifica o alcance dos objetivos definidos, sendo os indicadores de desempenho ferramentas quantitativas que facilitam o monitoramento e a avaliação da gestão de forma objetiva.

No sistema do SNIS é possível encontrar tanto informações quanto indicadores referentes aos serviços de saneamento, relacionados ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário. No Quadro 2 a seguir estão correlacionados alguns indicadores de desempenho importantes no sistema de abastecimento de água.

Quadro 2 – Indicadores operacionais de desempenho

Indicador	Índice SNIS	Fórmula	Descrição
Índice de atendimento total de água	IN055	$\frac{AG001}{POPTOT} * 100$	População efetivamente servida com os serviços de acesso à água,
Índice de Perdas na Distribuição	IN049	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} * 100$	Volume de água produzida que não é faturado (vazamentos, furtos, erros).
Consumo Médio Per Capita (L/hab/dia)	IN022	$\frac{AG010 - AG019}{AG001*} * \frac{10^6}{365}$	Quantidade média de água consumida por habitante por dia.
Índice de macromedição	IN0011	$\frac{AG012 - AG019}{AG006 + AG018 - AG019} * 100$	Conjunto de medições de grandes volumes de água realizadas no sistema público de abastecimento

Índice de Hidrometração	IN009	$\frac{AG004^*}{AG002^*}$	Medição do consumo no ponto de atendimento dos
-------------------------	-------	---------------------------	--

Fonte: Adaptado de SNIS, 2022.

A fim de complementação do Quadro 2 acima, o Quadro 3 a seguir mostra as informações adicionais para se realizar os cálculos dos índices, de acordo com o SNIS.

Quadro 3 – Informações envolvidas

Campo	Descrição
AG001	População total atendida com abastecimento de água
POP_TOT	População total do município do ano de referência
AG006	Volume de água produzido
AG018	Volume de água tratada importado
AG010	Volume de água consumido
AG024	Volume de serviço
AG019	Volume de água tratada exportado
AG001*	População total atendida com abastecimento de água (média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo)
AG002*	Quantidade de ligações ativas de água (média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.)
AG004*	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas (média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.)

Fonte: Adaptado de SNIS, 2022.

4.7 Análise de Vulnerabilidades e Riscos em Sistemas de Abastecimento de Água

A análise de vulnerabilidades e riscos constitui uma etapa fundamental no planejamento e na gestão de sistemas de abastecimento de água, especialmente em contextos marcados por limitações infra estruturais, ambientais e operacionais. A vulnerabilidade de um sistema de abastecimento de água pode ser definida como a susceptibilidade do abastecimento de água ser degradado, diminuído, danificado, ou prejudicado, quer porque a água perdeu qualidade, quer porque não está disponível em quantidade suficiente (Lobo Ferreira *et al*, 2010).

A vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento de água é uma característica inerente a esse tipo de infraestrutura, uma vez que não existem sistemas completamente livres de perdas. Essas perdas estão associadas a diversos fatores

que, dependendo das características estruturais e operacionais do sistema, podem aumentar sua suscetibilidade a falhas. Diante da complexidade dessas interações, torna-se essencial o desenvolvimento de metodologias de análise que permitam mensurar o grau de vulnerabilidade. Nesse contexto, indicadores e índices desempenham um papel fundamental na avaliação e no monitoramento dessas condições, como evidenciado em estudos realizados no estado de São Paulo (Carmo; Manzione, 2018).

De acordo com Lobo Ferreira *et al* (2010) qualquer estrutura pode ser impactada por ações que comprometam seu funcionamento, e os sistemas de abastecimento de água estão sujeitos a falhas por diversos motivos. Esses fatores podem afetar o sistema em diferentes níveis, chegando até a torná-lo inoperante. As causas geralmente estão ligadas à qualidade da água na fonte ou a problemas no funcionamento da estrutura de captação.

De acordo com a FUNASA (2019), a garantia da qualidade da água para consumo humano está cada vez mais associada à incorporação de metodologias de avaliação e gestão de riscos, bem como a práticas de boa operação dos sistemas públicos de abastecimento de água. Neste sentido, a Organização Mundial de Saúde recomenda o desenvolvimento de Planos de Segurança da Água (PSA), privilegiando, assim, uma abordagem de segurança preventiva em detrimento da metodologia clássica de monitoramento de sua conformidade.

4.8 Geotecnologias aplicadas ao saneamento básico

Os avanços decorrentes da utilização de ferramentas de gestão de informações geográficas, como softwares e imagens de alta resolução espacial, são diversos. A adoção desse tipo de tecnologia tem gerado melhorias expressivas, como redução de custos de operacionais, mais agilidade na análise de processos e por consequência o melhoramento do planejamento e da gestão eficiente, tanto no meio urbano quanto ambiental (Cantador; Matias, 2017).

O geoprocessamento, nesse contexto, possibilita uma abordagem mais abrangente do território, promovendo práticas de ordenamento mais integrativas e sustentáveis. A aplicação dessas ferramentas favorece essa relação mais harmônica entre natureza e sociedade, garantindo uma melhor dinâmica entre os sistemas naturais. Desta forma, o Sistema de Informação Geográfica (SIG), tem como função,

integrar as informações obtidas por sensoriamento remoto com outros dados espacialmente distribuídos, como declividade e modelo numérico, além de outros. Sendo assim, tais ferramentas são muito úteis para o saneamento, pois através delas é possível realizar o mapeamento de maneira rápida e econômica, permitindo avaliações futuras sobre os cenários passados, presentes e futuros ligados à utilização e preservação dos recursos naturais (Correa, 2024).

Desse modo, devido à crescente expansão urbana se faz necessário a atualização territorial do município e da bacia hidrográfica que o banha, e para analisar esse recorte territorial do município, vários aspectos precisam ser levados em consideração, o que torna a geotecnologia essencial nessa coleta e análise de dados. Além do mais, para se trabalhar essas informações, é necessário atualizações constantes e são essas ferramentas inovadoras que fazem essas buscas de forma ágil e precisa, garantindo que esses órgãos gestores realizem uma administração coerente e eficaz, propiciando à sociedade uma melhor qualidade de vida, possibilitando um melhor planejamento para que as cidades possam crescer organizada, possibilitando maior controle de riscos minimizando a degradação ambiental, controle e distribuição espacial da população e das atividades econômicas que envolve uso e ocupação do solo urbano entre outras (Cantador; Matias, 2017).

Por outro lado, os Softwares podem ser usados como ferramentas na área de saneamento para realização de mapeamento de redes de abastecimento de água e esgoto, para o gerenciamento e melhor controle das perdas de água, para identificação dos pontos mais críticos e garantir uma manutenção mais eficaz e melhorar a gestão desses serviços, diminuindo custos financeiro e tempo nesses processos. No setor de saneamento, as ferramentas tecnológicas vêm ganhando força e são cada vez mais utilizadas para coleta, processamento e análise de informações georreferenciadas, como exemplo, o QGIS, software de livre acesso que permite o tratamento de dados geográficos sem cobrança. No Brasil, essa tecnologia já está sendo muito usada em algumas companhias de saneamento, o que indica resultados importantes na redução de perdas, e garantindo informações essenciais para a gestão e controle destes serviços operacionais (Melo, 2024).

Sendo assim, com o aperfeiçoamento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em conjunto com mecanização de processos administrativos, que vem contribuído de forma relevante, considerando o quanto esses temas são complexos, e como o aumento da preocupação dos governantes e da sociedade em geral com o

saneamento básico, junto a escassez de mão de obra qualificada para trabalhar e suprir essas demandas no setor. Esses sistemas têm ganhado muito mais espaço atualmente, demonstrando o quanto eles podem ser úteis e melhorar mais o tempo de resposta em decisões urbanística e ambiental (Ribeiro, 2011).

4.9 Políticas Públicas e Regulação no Setor

Um dos pilares do saneamento básico é o abastecimento de água. Por se tratar de um direito essencial para a promoção da saúde pública, qualidade de vida, e até mesmo o desenvolvimento urbano. A prestação desse serviço no Brasil, é orientada por uma estrutura legal, que tem por objetivo a universalização do acesso, bem como a regularidade do abastecimento, e além disso a gestão desse bem natural. Com a criação da Lei nº 4.026/2020, que passou a regular e orientar novas diretrizes nacionais para fiscalização e planejamento desses serviços, determinando as atribuições entre entes federativos e traçando de metas de cobertura, estabeleceu princípios sobre a participação social, a sustentabilidade econômica dos serviços, qualidade e regularidade, nos serviços de abastecimento hídrico, bem como o saneamento básico, (ANA, 2021).

No entanto, somente a partir, da atualização dessa lei, o chamado novo marco legal do saneamento básico, foi possível definir mais claramente as diretrizes entre os poderes federativos, onde trouxe novas regulação, ampliou a participação privada, definiu normas de referência nacionais que está sob orientação da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico no Brasil, e além disso, estabeleceu metas obrigatórias de universalização até o ano de 2033, onde os prestadores dos serviços de saneamento, devem atender a 99% com água potável e 90% com rede de coleta e tratamento de esgoto (Pinto; Ribas, 2022).

Com o Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), foi melhor definido as responsabilidades, onde a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico no Brasil (ANA), passou a estabelecer e regular as leis nacionais, como definir parâmetros de qualidade, tarifação e metas de universalização. Ademais, ANA (2022), determina que os estados e municípios podem atuar em conjunto, principalmente em regiões metropolitanas e consórcios intermunicipais, também podem atuar com suas próprias regulações estaduais, como a ARSEMA (MA), e a AGEMSUL (MS), Agências que têm o papel de fiscalizar os contratos de prestação de serviço, definir parâmetros

técnicos e legais, e garantir que sejam cumpridos, bem como definir tarifas de serviços.

Porém, os municípios continuam sendo os principais responsáveis pela prestação dos serviços em nível local. Sendo que são eles quem decidem como o serviço será prestado se diretamente, por autarquias ou empresas públicas, ou se por será através de concessão a empresas privadas. No entanto, o novo marco determina que os municípios só terão acesso a recursos federais se integrarem a unidades regionais. Visto que a intenção das diretrizes de acordo com o regulador é impulsionar a cooperação entre diferentes níveis de governo (Leite; Mota Neto; Bezerra, 2022).

No município de Balsas - MA, cidade de médio porte, teve importantes marco em sua estruturação do saneamento com a aprovação da Política Municipal de Saneamento Básico (Lei n.1.467/2019) onde esta lei, estabeleceu metas de abastecimento, esgoto, resíduos e drenagem urbana, com prazo de revisão a cada quatro anos, a quais se destacam: universalizar o acesso à água potável e ao sistema de esgotamento, organizar e reforçar a limpeza urbana e os resíduos sólidos, além de garantir eficaz drenagem das águas pluviais em áreas suscetíveis. Ademais, o documento determina os indicadores de desempenho, os protocolos de contingência, monitoramento sistemático, e trata a participação social como um fator central para manter a qualidade, regularidade e transparência dos serviços públicos prestados à população balsense.

Contudo, recentemente, a cidade teve o Plano Diretor (Lei n. 1.395/2018), estendido ou melhor, atualizado em 2024 com a Lei nº 1.752, de 28 de agosto de 2024, onde trouxe uma nova organização do espaço urbano, priorizando a infraestrutura em novas zonas habitacionais, delimitando Áreas Urbanas Consolidadas (AUC) e fazendo a definição das Áreas de Preservação Permanente (APP) em área consolidada, e estabeleceu distância mínima de recuo das construções às margens dos cursos hídricos naturais, os rios, riachos e córregos municipais, nos termos da Constituição Federal de 1988, das Leis Federais nº 6.938/1981 e nº 12.651/2012.

4.10 Reflexões e propostas para a melhoria da gestão do abastecimento de água

Um recurso vital para a vida no planeta, é água, no entanto esse recurso é

finito e precisa ser bem cuidado, e gerido a fim de se diminuir as perdas e a poluição desse bem. Embora o Brasil seja considerado um país rico quando se refere a esse bem natural, esse recurso não está bem distribuído em todo território nacional. Em algumas regiões do país, a água é escassa e em outras é muito abundante, o que torna mais desafiador o controle e gerenciamento desse bem. Contudo, a ação humana e o crescimento urbano descontrolado são os principais fatores que têm gerado o desequilíbrio ambiental e por consequência mudanças climáticas e até mesmo ciclo hidrológico (Jesus; Roma, 2023).

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA) algumas legislações no Brasil foram elaboradas para atuar nas situações referentes à água e a diversos temas relacionados a esse recurso essencial. Dentre elas destaca-se a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, chamada popularmente como a Lei das Águas, essa lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). Essa Lei, tem por objetivo garantir o uso equilibrado e racional da água, sempre com ênfase na sustentabilidade e na gestão compartilhada (ANA, 2021).

Conforme o panorama do saneamento básico no Brasil, implementado pelo ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2021) saneamento básico brasileiro, envolve quatro serviços essenciais entre eles o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos como também a drenagem e manejo das águas pluviais nas áreas urbanas.

Então quando se pensa em serviços adequados e propostas de melhoria, o principal ponto a discutir é a qualidade desses 4 serviços, a qualidade da água que chega para o consumidor, a qualidade dos efluentes tratados que serão dispensados nos corpos hídricos, e o descarte e controle dos resíduos sólidos de forma adequados. E nesse contexto, para se trabalhar essas questões é necessária uma análise criteriosa de todos esses sistemas para avaliar e verificar quanto a funcionalidade e assim poder de fator garantir serviços que atendam a população (ZORZO, 2024)

Com isso, a criação do novo marco legal para o saneamento, que dispõe de mudanças significativas para esse setor, tem como objetivo a universalização dos serviços e melhorias na gestão. Alguns pontos importante, foi a criação de metas para implantação de serviços até 31 de dezembro de 2033, para que pelo menos 99% da população tenha acesso à água potável e 90% à coleta e tratamento de

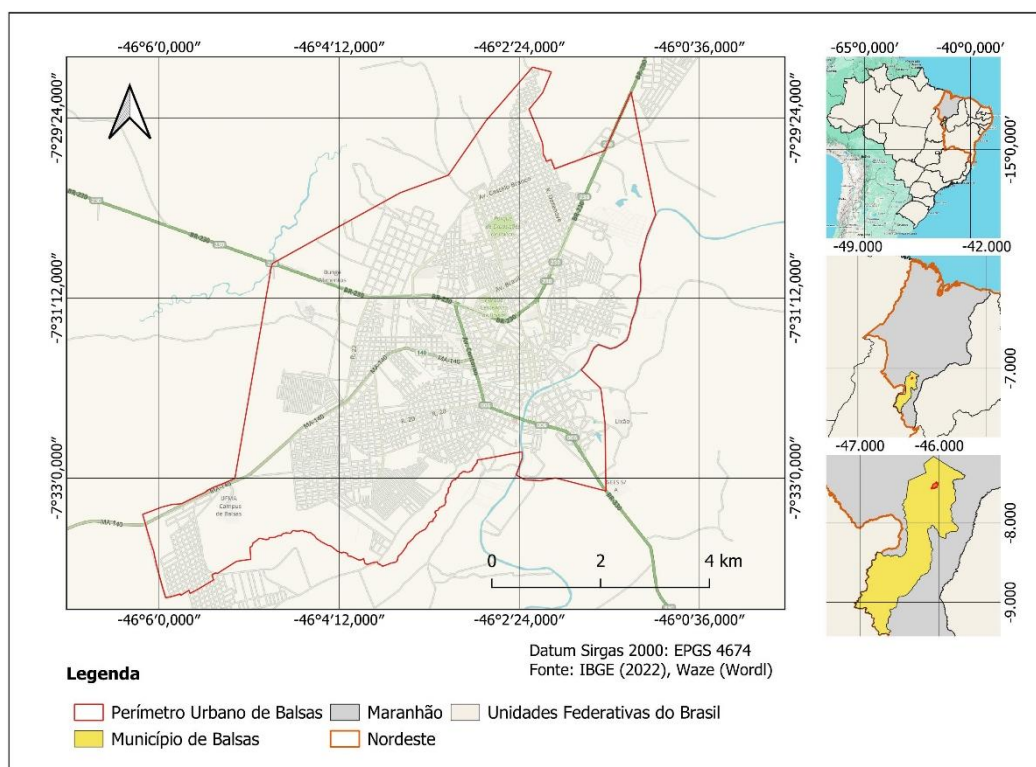
esgoto, incentivo a entrada de empresas privadas na prestação dos serviços de saneamento, por meio de concessões ou parcerias público-privada, fonte de receitas alternativas, estabelece que contratos de prestação de serviços devem incluir metas de expansão e qualidade, regionalização da gestão, entre outros (ANA, 2021).

5 METODOLOGIA

5.1 Área de Estudo

O município de Balsas- MA, localizado no sul do estado do Maranhão, na região nordeste do Brasil. Possui coordenadas geográficas aproximadas de latitude $7^{\circ}31'55''$ S e longitude $46^{\circ}02'15''$ W, com sede municipal situada a uma altitude média de cerca de 283 metros acima do nível do mar (IBGE,2023). A Figura 2, apresenta a localização da área urbana do município.

Figura 2 - Localização da área urbana de Balsas



Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

O território municipal de Balsas possui uma extensão de 13.141 km², um dos maiores do estado em termos de área. Os limites municipais são estabelecidos com os municípios, Tasso Fragoso; Riachão; Alto Parnaíba; e com São Raimundo das

Mangabeiras e Loreto. Esta configuração territorial confere a Balsas uma posição estratégica tanto para o escoamento da produção agropecuária quanto para a articulação logística com outras regiões do Maranhão e estados vizinhos, como o Tocantins e o Piauí (IBGE, 2023).

Balsas também se destaca no contexto do agronegócio brasileiro, pois o município é um dos principais polos produtores de grãos da região conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), estados que formam uma importante fronteira agrícola do cerrado brasileiro. Município de clima predominante, tropical semiúmido, caracterizado com climas bem definidos, estação seca que geralmente vai de maio a outubro, e estação chuvosa entre os meses de novembro a abril, tem uma temperatura média anual em torno de 26,5°, com precipitação anual entre 1.200 mm e 1.500 mm (INMET, 2023).

O relevo da cidade de Balsas é predominantemente plano a suavemente ondulado, relevo típico das áreas de chapadas e planaltos residuais do cerrado, altitudes que variam de 200 a 400 metros. Os principais tipos de solos, latossolos vermelho-amarelos, neossolos quartzarênicos, plintossolos e gleissolos, fatores favoráveis para área do agronegócio (EMBRAPA, 2018).

O município de Balsas é banhado por vários corpos hídricos, no entanto o Rio das Balsas, que tem cerca de 510 km de extensão é o mais importante, sendo um dos maiores afluentes do Rio Parnaíba, e a principal fonte de captação de água superficial para abastecimento da cidade. Além dele, outros corpos hídricos menores como o Riacho São Caetano, o Riacho Balsinha, o Rio Tem Medo, entre outros, compõem a rede hidrográfica local e desempenham funções importantes na drenagem e no abastecimento urbano (Oliveira; Santos; Lima, 2017).

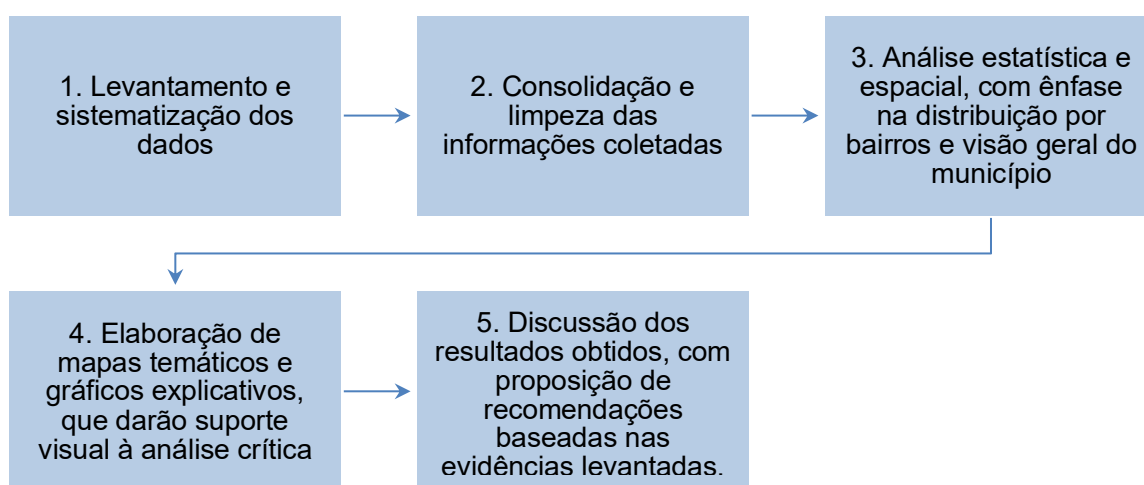
Por razões já citadas anteriormente, este estudo foi realizado, devido a importância do município como relevante polo agroindustrial, como também pela crescente demanda por infraestrutura urbana, principalmente no que se refere ao abastecimento de água (IBGE, 2021). Ademais a disponibilidade de dados oficiais, como os do SNIS, IBGE e SAAE, possibilitou a análise técnica da realidade local. Além de outros fatores como a existência de deficiências operacionais no sistema de abastecimento, como ausência de medidores, vazamentos não controlados e limitações na gestão da rede, fatores que evidenciam a pertinência da pesquisa (SNIS, 2022). Além do mais, busca-se contribuir para o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos e do planejamento urbano no município, reforçando o papel da

ciência na formulação de soluções para problemas concretos.

5.2 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi caracterizada como de natureza exploratória e descritiva (Gil,2010), com enfoque quantitativo e espacial. O estudo foi conduzido a partir da coleta, organização e análise de dados primários e secundários referentes ao sistema de abastecimento de água no município de Balsas–MA. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu em cinco etapas principais, Figura 3:

Figura 3 - Etapas metodológicas



Fonte: Autora, 2025.

A primeira etapa consistiu no levantamento e sistematização dos dados. Portanto, a coleta de dados envolveu tanto fontes primárias quanto secundárias. Foram obtidas informações através de ofício (Anexo I) junto ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Balsas–MA, com o objetivo de obter informações operacionais e administrativas atualizadas sobre o sistema de abastecimento.

Além disso, foram utilizados dados provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), abrangendo os últimos cinco anos, o que permitiu uma análise temporal dos indicadores de desempenho. Complementarmente, recorreu-se aos dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com foco nas informações relativas ao abastecimento de água e tipo de domicílio, bem como informações locais por bairro, obtidas por meio da gestão municipal e dos documentos institucionais do SAAE.

Os dados coletados foram sistematizados, organizados e analisados com o auxílio de ferramentas digitais. Após a sistematização foi feita a segunda etapa

metodológica, que consistiu em verificar a qualidade das informações coletadas, depois removeu-se o que não foi considerado útil.

Na terceira etapa foi realizada a análise estatística e espacial, com ênfase na distribuição por bairros e visão geral do município. Para os dados tabulares e estatísticos, será utilizado o *Microsoft Excel* ou Google Planilhas, permitindo a estruturação das informações em tabelas, cálculos de médias e proporções, além da elaboração de gráficos ilustrativos. Para o tratamento espacial e visualização geográfica dos dados, foi empregado o *software QGIS*, o qual possibilitou a realização da quarta etapa metodológica que é a produção de mapas temáticos baseados nas variáveis analisadas, especialmente aqueles relacionados à cobertura de atendimento e às áreas críticas do sistema. O uso de geotecnologias possibilitou a identificação espacial das desigualdades de acesso ao serviço de abastecimento de água e das regiões com maior índice de perdas ou interrupções.

Por fim, realizada a discussão dos resultados obtidos, com proposição de recomendações baseadas nas evidências levantadas. A avaliação da eficiência e abrangência do sistema foi pautada por indicadores de desempenho previamente definidos, os quais incluíram: cobertura de atendimento por bairro, índice de perdas na distribuição, consumo médio per capita, total de ligações com e sem hidrômetro, volume médio medido por ligação, principais causas dos desligamentos. A análise desses indicadores permitiu quantificar e localizar as principais deficiências do sistema, oferecendo uma base sólida para a elaboração de recomendações técnicas.

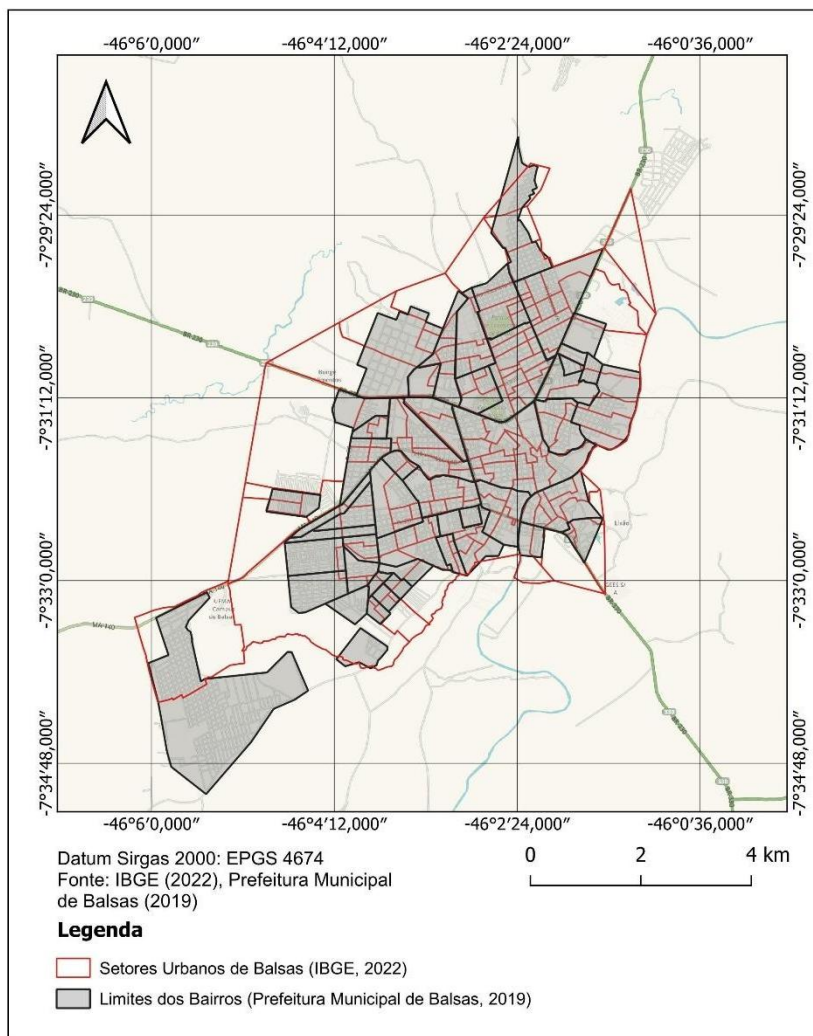
5.3 Consolidação das Bases de Dados e Cálculo dos Indicadores Quantitativos

A pesquisa sobre o sistema de abastecimento de água em Balsas-MA, teve como base a consolidação de dados primários e secundários. Sendo que as informações primárias foram obtidas junto ao SAAE, através de dados cadastrais e formulários de controle da Autarquia, no mês novembro 2024, contendo dados por bairro sobre ligações com e sem hidrômetro, desligamentos (por atraso, solicitação ou motivos técnicos), fraudes, ligações irregulares e imóveis não conectados.

Como complemento, utilizou-se dados do Censo Demográfico de 2022 (IBGE), especialmente o total de domicílios particulares ocupados (variável V007), agregados

e agrupados por setor censitário em seguida compatibilizados com os bairros oficiais que pode ser visualizado na Figura 4, que contém o mapa da divisão dos setores.

Figura 4 – Mapa divisão dos setores Balsas – MA



Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

Para a análise territorial do sistema de abastecimento de água em Balsas–MA, foram utilizados os setores censitários definidos pelo IBGE (Censo 2022) como base de referência geográfica. Como o IBGE não define oficialmente os limites dos bairros, foi feita a compatibilização entre os setores censitários e os bairros reconhecidos localmente, com apoio de dados da gestão municipal e do SAAE. Cada bairro foi composto por um ou mais setores, permitindo a consolidação dos dados demográficos e operacionais em uma única base. Isso possibilitou o cálculo de indicadores por bairro e a elaboração de mapas temáticos, facilitando a identificação de áreas com maior vulnerabilidade no abastecimento.

A comparação entre os dados do Censo Demográfico de 2022, elaborado pelo IBGE, e os registros do SAAE de Balsas–MA foi essencial para a análise da cobertura do sistema de abastecimento. Enquanto o Censo contabiliza apenas os domicílios particulares ocupados, os dados do SAAE englobam todas as ligações de água ativas, incluindo estabelecimentos residenciais, comerciais, industriais. Essa diferença de abrangência justifica as divergências numéricas identificadas entre as duas fontes.

Ainda assim, a comparação é válida e relevante, pois permite identificar padrões territoriais, possíveis falhas no cadastro e áreas com cobertura deficiente. A integração dessas informações possibilitou uma leitura mais precisa da realidade local e subsidiou a proposição de medidas voltadas à ampliação e à eficiência da gestão do sistema de abastecimento.

A integração dessas fontes de dados resultou em uma planilha consolidada, que se encontra no Anexo B deste trabalho. As informações foram organizadas por bairro e contemplam as seguintes variáveis: domicílios ocupados (TDO) (IBGE 2022) ligações com hidrômetro (CHD), sem hidrômetro (SHD), desligamentos (CTA, CTP, CTI) e o total de ligações registradas, dados amostrais do mês de novembro (SAAE, 2024). Com base nessa base de dados, foram calculados, no Excel, os seguintes indicadores:

- Cobertura por ligação (%) = $(\text{Total de ligações} / \text{TDO}) \times 100$
- Imóveis sem hidrômetro (%) = $(\text{SHD} / \text{TDO}) \times 100$
- Imóveis com hidrômetro (%) = $(\text{CHD} / \text{TDO}) \times 100$
- Taxa de desligamentos (%) = $[(\text{CTA} + \text{CTP} + \text{CTI}) / \text{TDO}] \times 100$

Também foram analisados os dados operacionais fornecidos pelo SAAE referentes à quantidade de vazamentos gerais, vazamentos na rede e fraudes ocorridas durante o ano de 2024. Para isso, considerou-se o somatório anual desses eventos, possibilitando uma avaliação global das falhas operacionais no sistema de distribuição de água. Essa consolidação de informações permitiu identificar os períodos de maior ocorrência e os bairros mais afetados, contribuindo para o diagnóstico das perdas reais e aparentes no sistema e subsidiando propostas de melhoria na manutenção e gestão da rede.

De modo, que através dessas informações foram gerados planilhas e gráficos para facilitar a visualização dos dados por bairro. Os resultados também foram espacializados em mapas temáticos, permitindo identificar as áreas com menor cobertura e maior vulnerabilidade ao desabastecimento.

6 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da análise do sistema de abastecimento de água de Balsas–MA, com base em dados primários e secundários levantados junto ao SAAE, SNIS e IBGE. Inicialmente, descreve-se a caracterização do sistema, contemplando sua estrutura física, operacional e administrativa. Em seguida, são explorados os principais indicadores técnicos, as análises setoriais por bairro e a avaliação da cobertura da rede de abastecimento. Por fim, são apresentadas propostas de melhoria fundamentadas nas evidências levantadas, visando contribuir para a eficiência da gestão e a ampliação do acesso à água potável no município.

6.1 Caracterização do Sistema

O sistema de abastecimento de água da cidade Balsas, atende uma população crescente, o que tem gerado desafios estruturais ao longo dos anos. Projetado para atender a população de 1990, com aproximadamente 42 mil habitantes, conforme dados do censo demográfico do IBGE (1991). Na época a cidade ainda era considerada de pequeno porte. Entretanto, nos últimos anos, Balsas se consolidou como um importante polo do agronegócio na região sul do Maranhão, o que impulsionou seu crescimento urbano e populacional (Terra, 2019).

Segundo dados do IBGE, (2022), a população atual da cidade de Balsas ultrapassa os 100 mil habitantes. O SAAE de Balsas, com sede administrativa na rua Tv. do Salim, no centro da Cidade de Balsas, próximo a prefeitura municipal, na Figura 5 é possível ver a imagem da sede da autarquia.

Figura 5 - Sede Administrativa SAAE de Balsas – MA



Fonte: Google Maps, 2025.

Desse modo, o sistema de abastecimento hídrico da cidade, não estava e continua despreparado para atender essa demanda, motivo pelos quais, conforme informações repassadas pelo setor administrativo do SAAE (2024), o município tem passado por diversos problemas como falhas, descontinuidade, e até rateios durante o abastecimento, problemas esses ocasionados justamente por essas defasagens, ausência de manutenção periódica na própria rede e pela crescente demanda por esse recurso vital e finito na cidade.

Além disso, A estação de tratamento da cidade também trabalha de forma improvisada visando atender a demanda. Na Figura 6, é possível ver imagens feitas na estação de tratamento da cidade, do funcionamento do sistema.

Figura 6 – Estação de tratamento de água de Balsas – MA



Fonte: Autora, 2024.

Sendo que a água é coletada no manancial superficial rio das Balsas, depois de captada é conduzida para câmaras de floculação, nesta fase são adicionados os coagulantes químicos que favorecem a floculação, em seguida passa pelo processo de decantação, sucessivamente essa água passa pelos filtros que utilizam camadas de areias e cascalhos para reterem as partículas ainda flutuantes, posteriormente a água é injetada na rede, não possuindo reservatório intermediário, sendo que essa característica de ausência de reservatório é um fator relevante quando se trata do controle de pressão. Na fase de tratamento é realizada a fluoretação da água, por meio da injeção de flúor gasoso no sistema (SAAE, 2024).

Na Figura 7, tem-se a imagem das bombas de pressurização na estação de tratamento de água do SAAE de Balsas – Ma. Esses equipamentos são responsáveis por manter a pressão adequada na rede de distribuição, garantindo que a água tratada

chegue de forma contínua e eficiente para os consumidores. Além disso, as bombas contribuem para melhorar o funcionamento da estação garantindo que a vazão atenda a demanda esperada.

Figura 7– Bombas de pressurização na estação de tratamento de água de Balsas – MA



Fonte: Autora, 2024.

Segundo informações coletadas junto ao setor administrativo do SAAE (2024), devido à crescente demanda com o passar dos anos, para sanar problemas de falhas no abastecimento, foi implantado os sistemas de poços artesianos que conta com 23 poços distribuídos na zona urbana que são ligados direto na rede de distribuição a fim de suprir a necessidade da população. Na Figura 8, tem-se uma imagem do poço artesiano localizado no bairro São Caetano na cidade de Balsas – MA. usado para captação de água subterrânea.

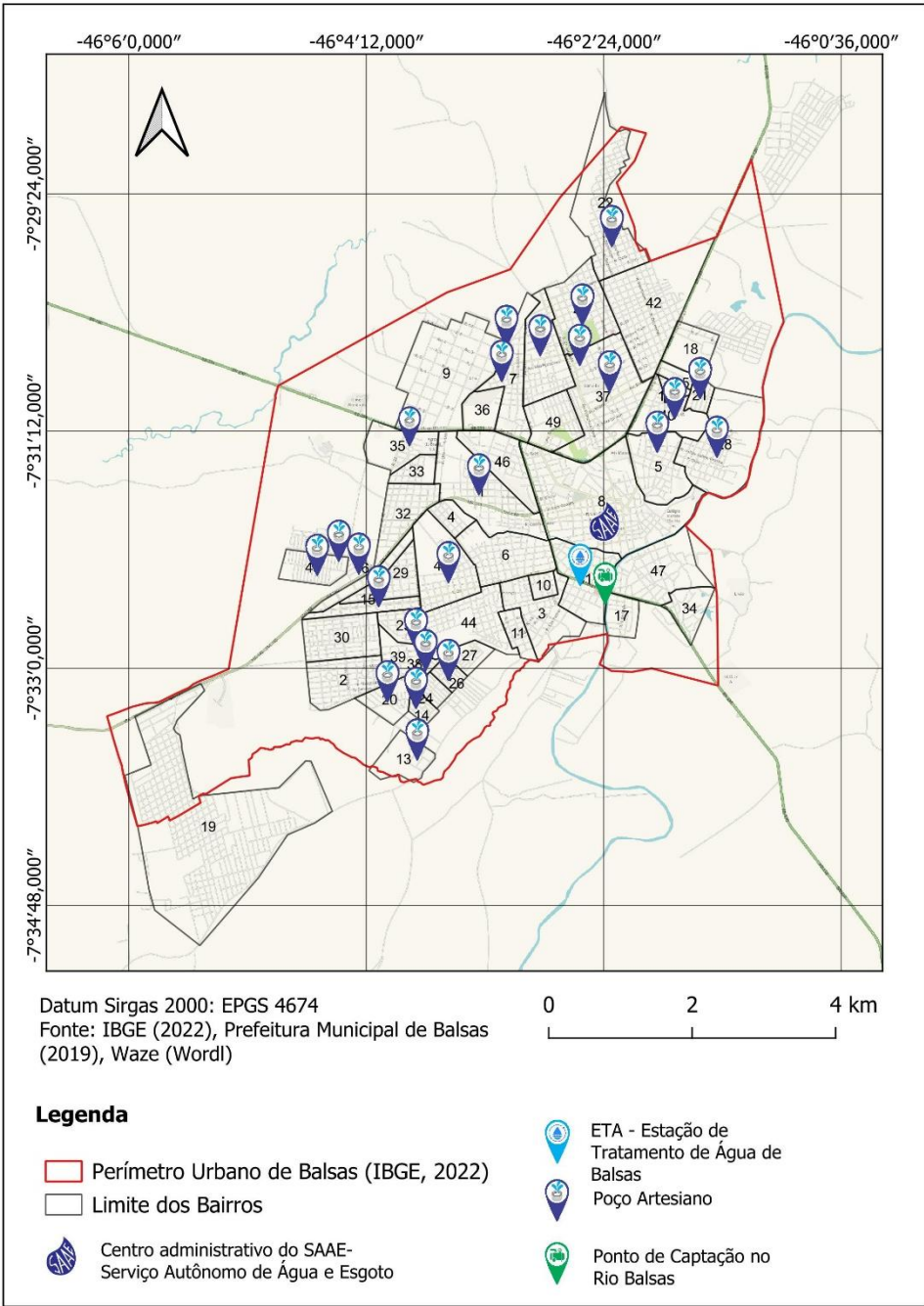
Figura 8 – Captação subterrânea através de poços em Balsas – MA



Fonte: Autora, 2025.

A Figura 9 apresenta a divisão espacial dos bairros e a localização dos poços tubulares inseridos no perímetro urbano do município de Balsas-MA, a Estação de Tratamento de Água, o ponto de captação superficial no Rio das Balsas, e a sede do centro administrativo, permitindo visualizar a distribuição dos pontos de captação de água subterrânea em relação às áreas atendidas. Os endereços dos poços foram fornecidos pelo SAAE, e são apresentados na Tabela 3 situada no Apêndice I.

Figura 9 - Localização dos poços e da ETA na zona urbana de Balsas - MA



Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

O abastecimento de água na zona urbana de Balsas-MA é realizado predominantemente por meio de captações superficiais, captadas no rio das Balsas, e subterrâneas, com múltiplos poços tubulares profundos distribuídos em diferentes bairros da cidade. De acordo com dados do SAAE, esses poços são responsáveis por injetar diretamente a água captada na rede de distribuição, sem a intermediação de reservatórios elevados, com o objetivo de suprir a demanda dos bairros mais periféricos.

Com o objetivo de compreender a dinâmica operacional, controle e os procedimentos de manutenção do sistema de abastecimento na cidade de Balsas, foi realizado um levantamento de informações através de um ofício que está no Anexo I, direcionado ao setor administrativo responsável pela gestão do sistema em dezembro de 2024.

- **Medição e Controle do Sistema de Abastecimento**

De acordo com as respostas obtidas, não há utilização de macromedidores para mensuração do volume total de água captado e distribuído, comprometendo o controle operacional do sistema. Visto que esse fator impossibilita a obtenção de indicadores precisos sobre a produção de água, e dificulta os cálculos das perdas reais e aparentes, pois são dados essenciais para controle e operação eficiente no sistema de distribuição de água (Costa Neto; Lima; Rolim, 2020).

Quanto aos micro medidores, também não existe manutenção periódicas, nem mesmo dados da quantidade de aparelhos funcionando de forma adequada atualmente, a baixa hidrometração de acordo com dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2023), evidência uma ampla ausência de medição nas unidades consumidoras, fato que dificulta a quantização de índices reais de consumo, sendo um fator limitante que compromete a tarifação adequada por consequência a apuração de receitas que poderiam ser investidas em melhorias no próprio sistema. Por outro lado, segundo o próprio SNIS, (2023) dados referentes ao ano de 2022, o índice de perdas 52,94% no setor de distribuição indica uma falha operacional, reflexo da baixa hidrometração e manutenção na rede.

A administração do sistema de abastecimento informou que não há uma cobertura total de micro medidores, nas ligações domiciliares, o que dificulta o controle, tanto quanto a tarifação, além do consumo sem limites, uma vez que não se

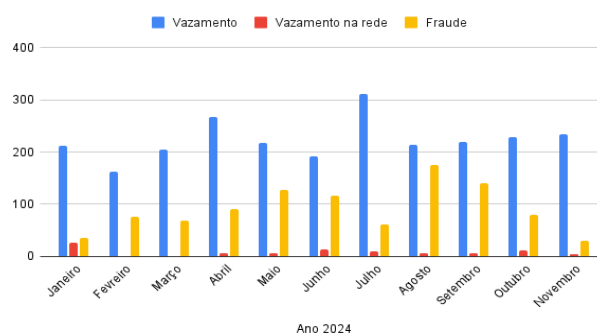
tem esse controle e tarifação adequada sobre o consumo. Segundo a ANA (2021) a micromedição é fundamental para garantir uma gestão adequada, bem como o uso eficiente desse recurso vital e uma tarifa justa para o consumo.

Através dos dados do SNIS (2022), considerando a população atendida pelo sistema de abastecimento de água de Balsas–MA, estimada em 87.936 habitantes, e um consumo per capita médio de 189,1 litros por dia, projeta-se um consumo total de aproximadamente 16.626,54 m³ por dia. No entanto, devido ao elevado índice de perdas do sistema, que corresponde a 52,94%, o volume total de água que precisa ser produzido e distribuído para garantir esse atendimento é de cerca de 35.332,79 m³ por dia. Isso significa que, diariamente, aproximadamente 18.706,25 m³ de água são perdidos no processo de distribuição, o que evidencia fragilidades na infraestrutura e reforça a necessidade de investimentos em controle de perdas e manutenção preventiva do sistema.

- **Manutenção e controle de vazamento**

As informações coletadas revelaram a inexistência de um plano sistemático de manutenção preventiva. As intervenções ocorrem de forma corretiva, ou seja, somente quando ocorre algum vazamento visível, ou quando ocorrem falhas de abastecimento, o que compromete a eficiência operacional da rede de distribuição e contribui para o aumento das perdas (Souza Junior; Vatauvuk, 2023). Na Figura 10 abaixo, são apresentados dados sobre o número de vazamentos, que refere-se aos vazamentos gerais que inclui vazamentos na estação de tratamento e na rede, vazamento na rede e fraudes na rede durante o ano de 2024.

Figura 10 – Vazamento gerais, Vazamento na Rede e Fraudes na Rede durante o ano de 2024



Fonte: Adaptado SAAE, 2024.

O controle de vazamentos acontece somente por meio de denúncia da população, ou inspeção visual esporádica. Embora não exista sistema de monitoramento ativo na rede, através das ocorrências de reparos foi possível fazer o levantamento da quantidade de vazamentos ocorridos e fraudes no ano de 2024. Onde pode-se verificar que no mês de julho ocorreu o maior número de vazamentos e em agosto o maior número de fraudes. Ainda, de acordo com informações repassadas pelo setor operacional da estação de tratamento SAAE, o bairro de Nazaré esteve à frente nas ocorrências de vazamentos na rede, possivelmente devido à maior proximidade da estação de tratamento que fica localizada nesse mesmo bairro, onde ocorre a pressurização na rede através das bombas. Desse modo, esses vazamentos contribuem para o alto índice de perdas, colocando Balsas – MA, muito acima da média nacional de 37% de perdas (SNIS, 2022).

6.2 Indicadores do SNIS

Quanto aos indicadores do SNIS, foi possível calculá-los a partir dos dados coletados da cidade de Balsas entre os anos de 2018 e 2022. Pela série histórica do SNIS, assim como pelo IBGE, foi possível encontrar os valores das informações utilizadas nos cálculos dos indicadores, representados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Série Histórica dos campos de informações do sistema de abastecimento de água de Balsas – MA

INFORMAÇÃO	2022	2021	2020	2019	2018	unidade
População total atendida com abastecimento de água	87.936	87.000	86.500	86.500	86.418	Habitantes
População total do município do ano de referência	101.767	98742	96850	94887	94162	Habitantes
Volume de água produzido	12960	15010,36	15008,37	14240,2	13943,82	m ³
Volume de água tratada importado	0	0	0	0	0	m ³
Volume de água consumido	6035,49	5767,65	5569,97	6210,12	5111,63	m ³
Volume de serviço	135	235	232	230,1	225,92	m ³
Volume de água tratada exportado	0	0	0	0	0	m ³
População total atendida com	87468	86750	86500	86459	85292,5	m ³

abastecimento de água (MA)						
Quantidade de ligações ativas de água	24906	23985	23478	22522	22241	m³
Volume micromedido	24445,5	23731,5	23000	22381,5	22008,5	Unidades
Quantidade de ligações	3787	3616	3613	3601	3228	Unidades
Quantidade de ligações ativas micromedidas	3701,5	3614,5	3607	3414,5	3178	Unidades

Fonte: SNIS e IBGE, 2022).

A população do município de Balsas dos anos de 2018 a 2021 são apenas estimativas fornecidas pelo IBGE, com base em projeções demográficas e dados administrativos.

Com os dados da Tabela 1, foi possível quantificar os indicadores técnicos de cobertura relacionados ao sistema de abastecimento de água em Balsas – MA. Dispondo da plataforma Microsoft Excel, os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Série histórica dos indicadores do sistema de abastecimento de água de Balsas – MA

INDICADOR	2022	2021	2020	2019	2018
IN055 Índice de atendimento total de água (%)	86,41	88,11	89,31	91,16	91,78
IN049 Índice de perdas na distribuição (%)	52,94	60,96	62,30	55,67	62,74
IN022 Consumo Per Capita L/ha/dia	189,05	182,15	176,42	196,79	164,19
IN011 Índice de macromedicação (%)	100	100	100	100	100
IN009 Índice de hidrometração (%)	15	15	16	15	14

Fonte: Autora, 2025.

Com base nos dados levantados e apresentados na Tabela 2, houve uma queda gradual no índice de cobertura de água, que passou de 91,78% em 2018 para 86,41% em 2022. Essa redução representa um retrocesso de aproximadamente 5 pontos percentuais em cinco anos. Tal comportamento é preocupante, pois indica que uma parcela crescente da população não está sendo atendida pelo sistema de abastecimento formal, possivelmente em decorrência da expansão urbana sem a devida ampliação da infraestrutura hídrica.

Já os valores nos índices de perdas permanecem elevados ao longo de todo o período, acima de 50%, significando que mais da metade da água distribuída não chega ao consumidor final ou não é faturada. Ainda que tenha ocorrido uma melhora relativa em 2022 com 52,94% nas perdas, os números ainda são muito superiores ao valor de referência recomendado pelo Ministério das Cidades, que indica um índice aceitável de até 25% para sistemas com uma boa gestão. Desse modo, evidencia-se uma deficiência significativa na detecção de vazamentos, falhas operacionais, falhas e defeitos, em equipamentos de medição, e falhas de gestão.

Por outro lado, com relação ao consumo médio per capita de água em Balsas os dados obtidos mostraram uma variação entre 164,19 e 196,79 litros por habitante/dia no período analisado, sendo que em 2022 teve 189,05 litros. Estes valores estão acima da média nacional, que segundo o SNIS (2022), varia em torno de 153 L/hab.dia. Esse resultado pode ser justificado pela ausência de micromedidores e por consequência, tarifação inadequada para o consumo, pelo desperdício por parte da população, por vazamentos internos nas residências ou ausência de políticas de uso racional da água. Sendo assim, demonstrando claramente a necessidade de campanhas educativas, programas de eficiência hídrica e tarifação adequada como estratégias de controle.

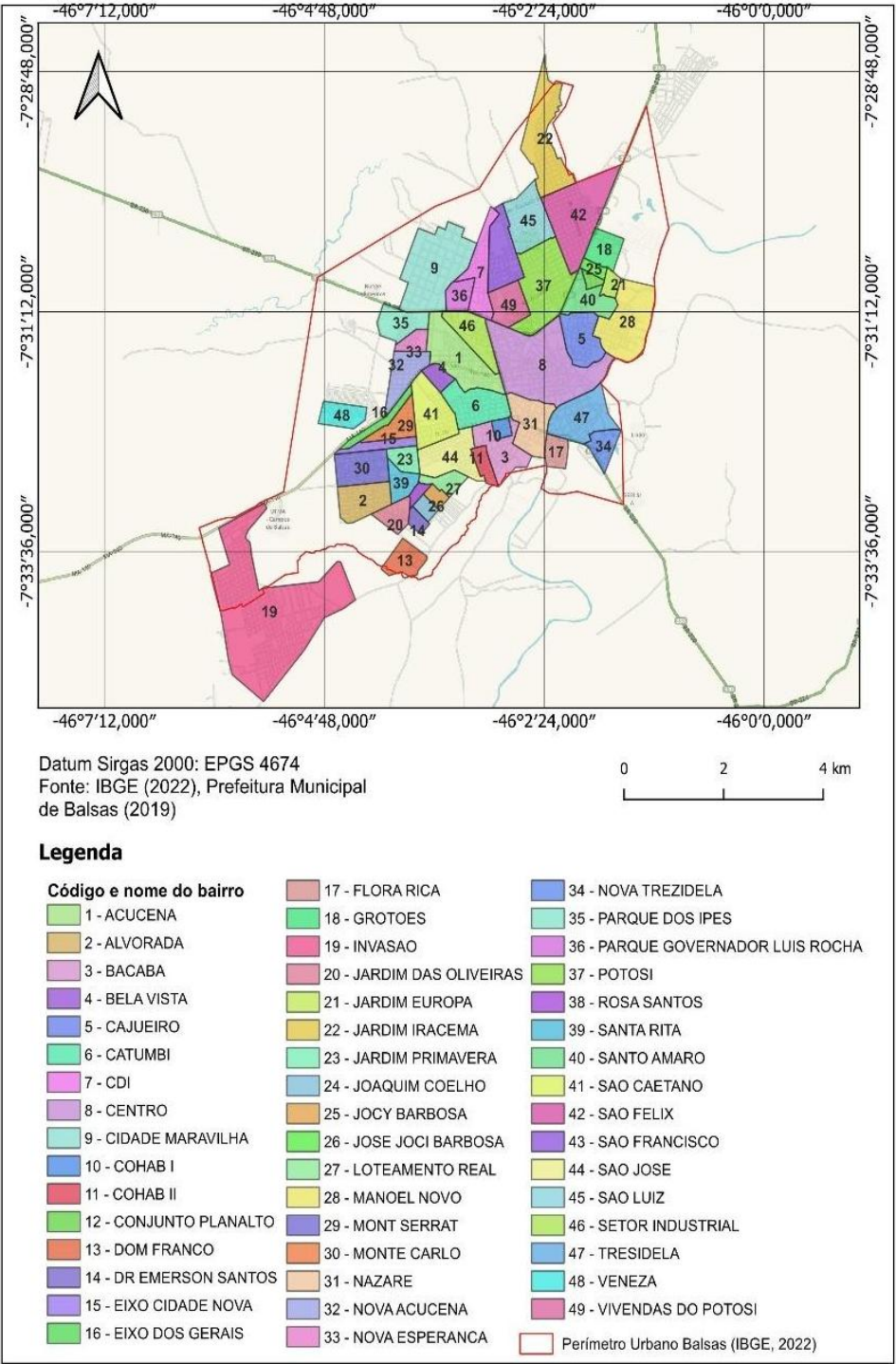
O índice de macromedição manteve-se em 100% durante todos os anos analisados, o que seria um indicativo de que todo o volume de água produzido e distribuído no sistema seria medido por hidrômetros nos pontos de controle operacional. No entanto, esse dado evidenciou uma divergência, o SNIS pode estar desatualizado ou incorretamente declarado pelo prestador, o que compromete o indicador e exige revisão cadastral por parte do SAAE, pois de acordo com informações do setor administrativo do SAAE (2024), o sistema não possui macromedidores, e ainda de acordo com dados do SNIS (2022), no município apenas 15,14% das unidades consumidoras possuem hidrômetros.

6.3 Análise por Bairros

A medição individualizada do consumo de água através de medidores é uma ferramenta indispensável para uma gestão eficiente do sistema de distribuição. Ela permite não apenas o monitoramento do consumo real, mas também a detecção de vazamentos, fraudes e desperdícios, além de possibilitar uma cobrança mais justa e

proporcional à quantidade de água efetivamente utilizada por cada usuário.

Figura 11 – Mapa Divisão Espacial dos Bairros de Balsas – MA



Fonte: Autora, Através do Software QGIS, 2025.

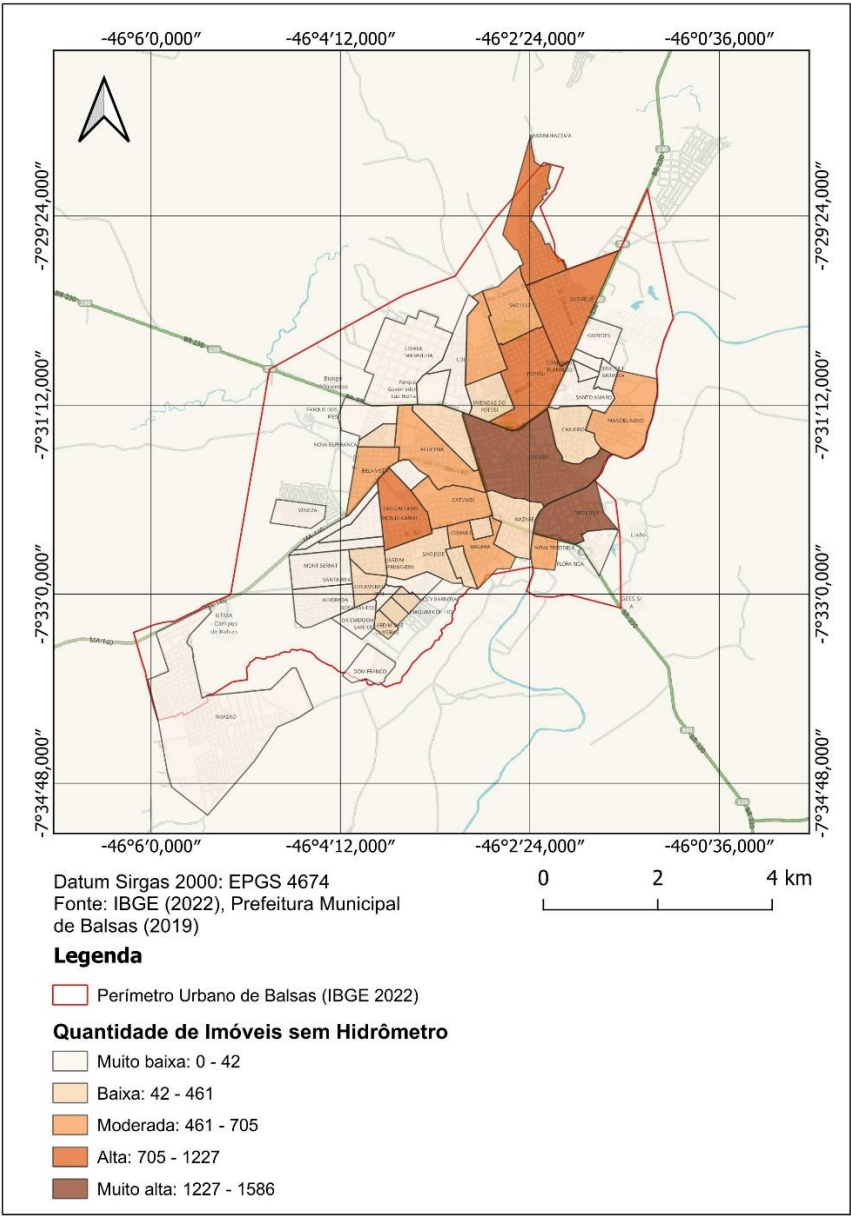
Em contextos urbanos, como no município de Balsas–MA, a micromedição torna-se ainda mais relevante diante da necessidade de ampliação da eficiência do sistema, para reduzir perdas e garantir a sustentabilidade financeira do serviço

prestado. Para melhor visualização na Figura 11, tem o mapa da divisão espacial dos bairros da cidade de Balsas -MA.

- **Ligações sem hidrômetros**

Através dos dados analisados fornecidos pelo SAAE (2024), e do IBGE (2022), construiu-se o mapa representado na Figura 12, que demonstra a quantidade de domicílios ocupados (TDO) e ligações sem hidrômetros (SHD), nos diferentes bairros da cidade de Balsas–MA.

Figura 12 – Mapa Total Ligações sem Hidrômetros



Fonte: Autora, Através do Software QGIS, 2025.

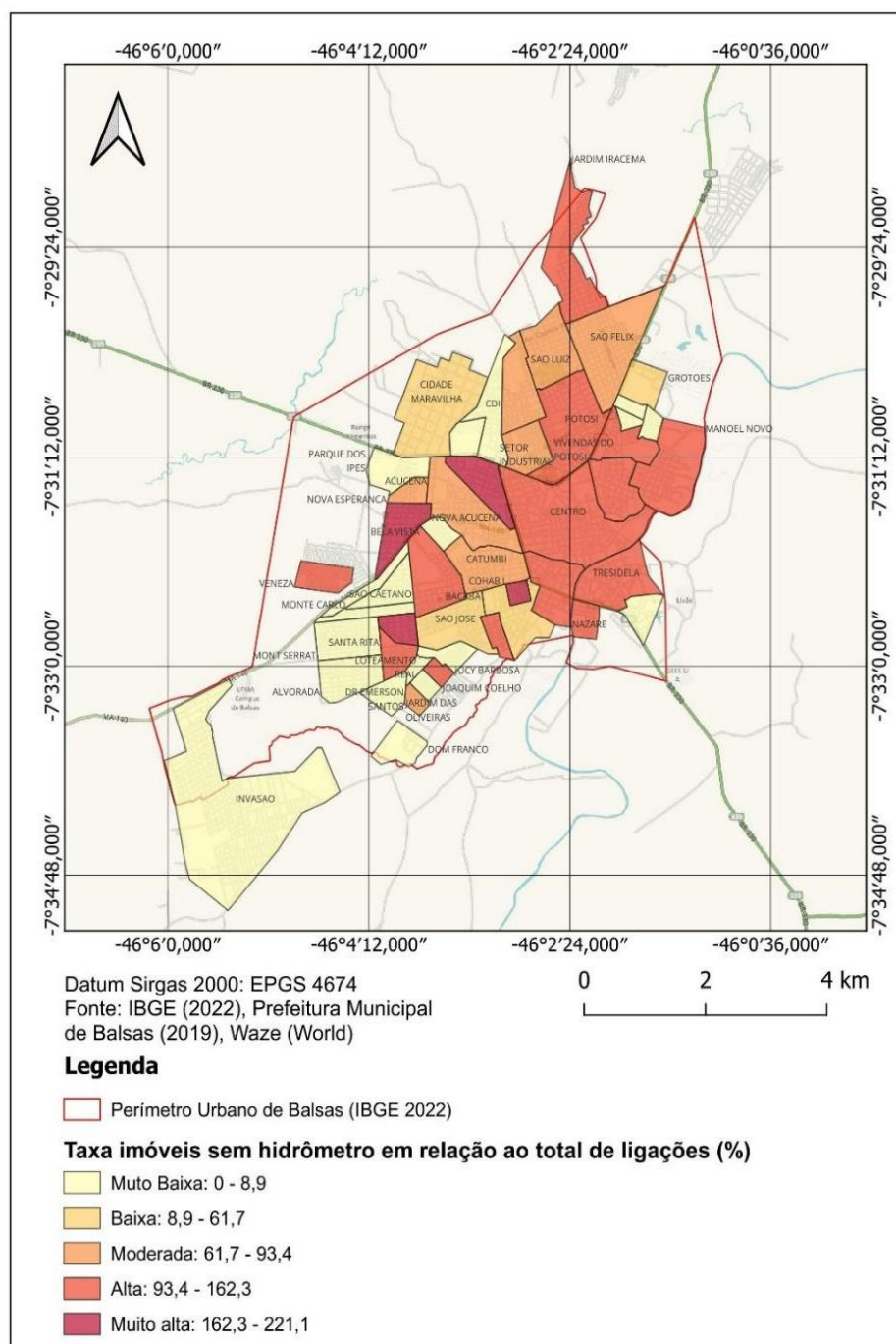
Neste mapa da Figura 12, observa-se que alguns bairros apresentam uma discrepância significativa entre o número de domicílios ocupados e o número de ligações sem hidrômetro, o que evidencia falhas no abastecimento, através dos dados tanto do SNIS (2022), como por dados do SAAE (2024), referentes a cobertura de micromedição.

Como no bairro Trezidela, por exemplo, possui cerca 1700 número de domicílios ocupados, sendo que deste em torno de 1500 não têm medidores. Esse padrão é verificado nos bairros Bacaba, com total de domicílios ocupados entre 1500 a 705 unidades sem hidrômetros. Ademais, São Félix, São Caetano, Jardim Iracema, Catumbi, São Luiz, Vivendas do Potosi, entre outros que embora apresentem alta densidade de ocupação, mantêm índices preocupantes de ausência de micromedidores.

A avaliação percentual dos imóveis sem hidrômetros revelou que diversos bairros apresentaram valores superiores a 100% em relação ao total de domicílios ocupados, segundo os dados censitários do IBGE (2022). Essa distorção pode estar relacionada a inconsistências cadastrais ou falhas na classificação das ligações das unidades consumidoras. Além disso, a própria delimitação dos setores censitários e a setorização adotada para a compatibilização com os bairros oficiais podem ter influenciado esses resultados. Em alguns casos, setores que abrangem áreas mistas ou fronteiriças entre bairros podem ter gerado sobreposição ou duplicidade de registros, resultando em taxas acima do esperado.

Esses padrões são visíveis na Figura 13, que apresenta a taxa de distribuição espacial dos imóveis sem hidrômetro no município, evidenciando a necessidade de revisão cadastral e aprimoramento na integração das bases de dados.

Figura 13 – Taxa de Domicílios sem Hidrômetros em Relação Total de Domicílios

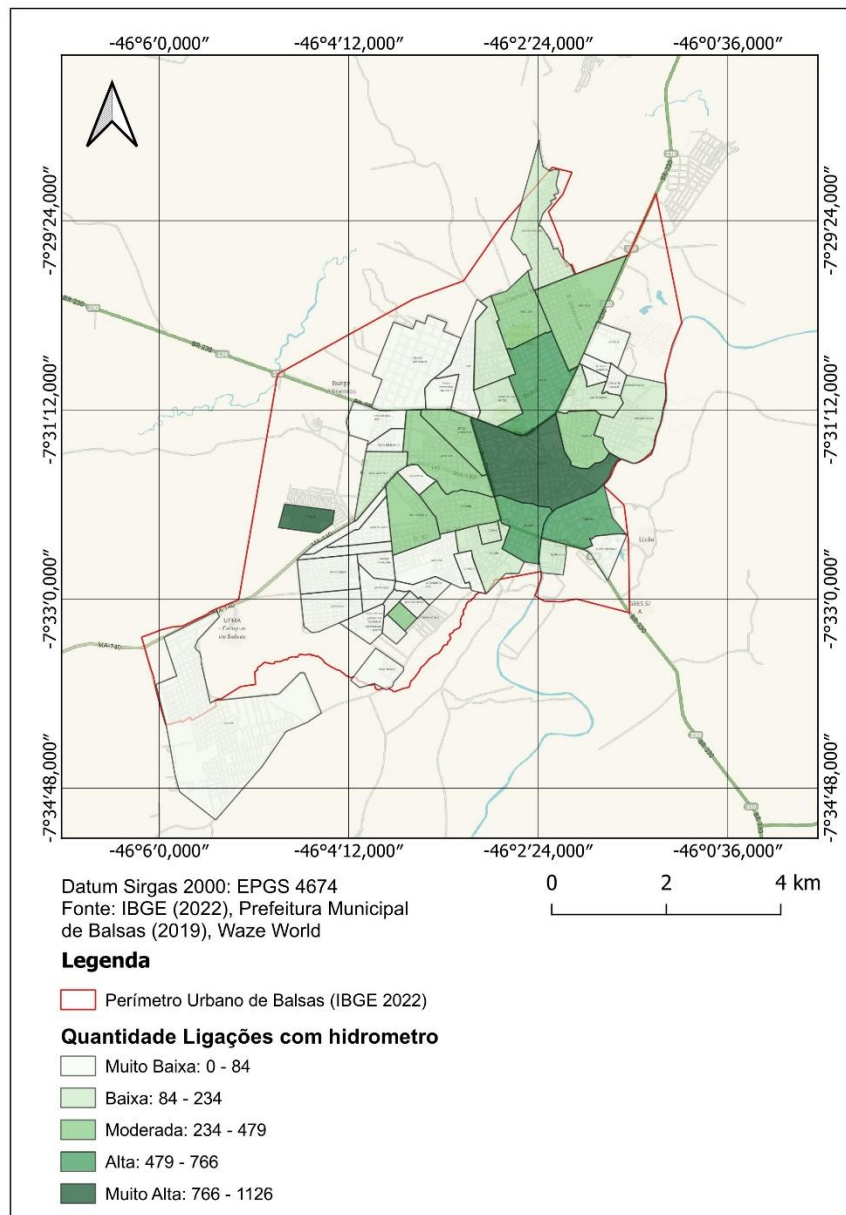


Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

- **Ligações com hidrômetros**

Para ligações com hidrômetros através dos dados obtidos pelas mesmas fontes foi possível elaborar o mapa abaixo na Figura 14, que demonstra a quantidade de ligações com hidrômetro (CHD), em relação com a quantidade de domicílios ocupados em alguns bairros da cidade de Balsas – MA.

Figura 14 – Total de Ligações com Hidrômetro

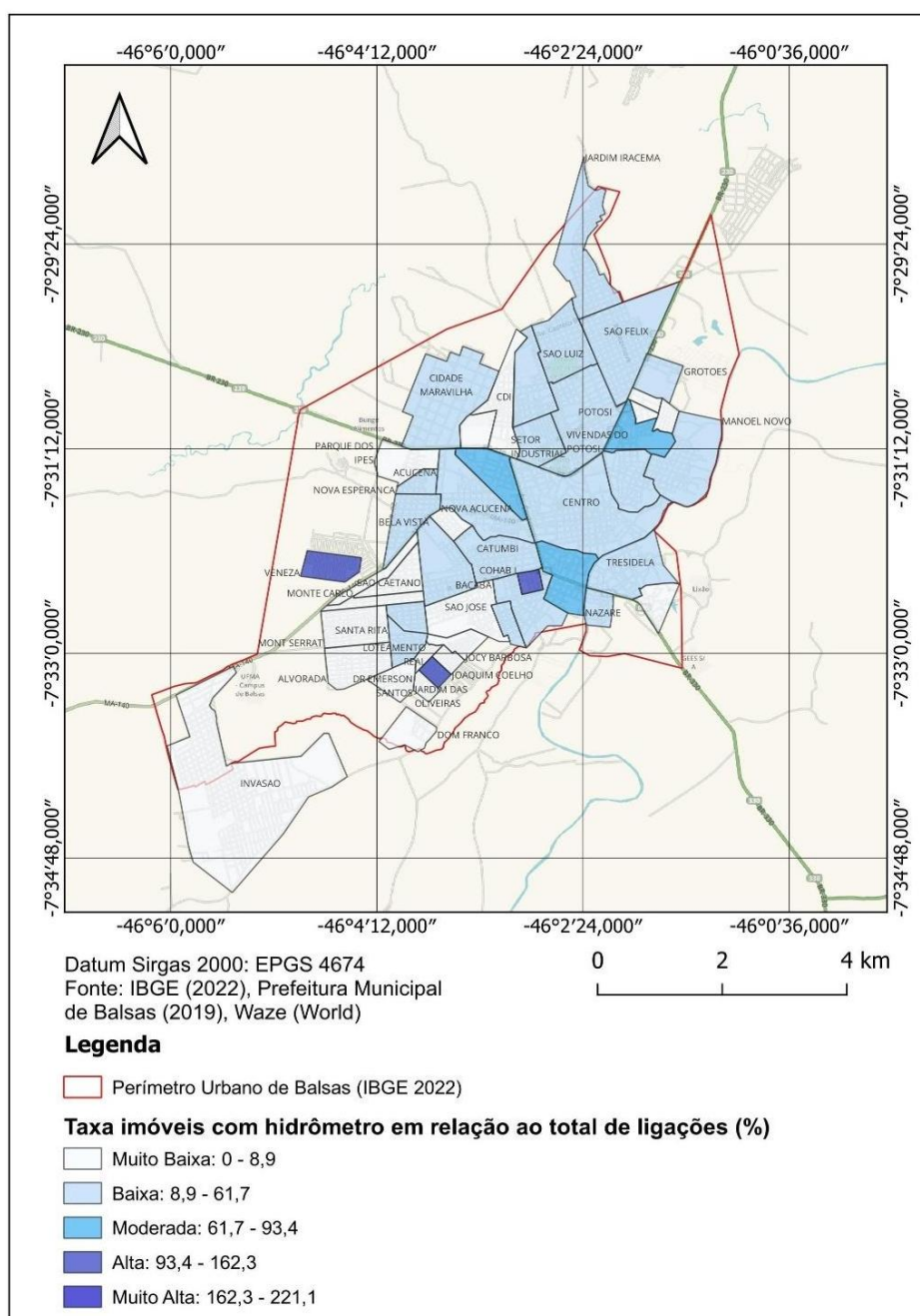


Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

A as informações do mapa da Figura 14, evidencia uma grande variação na cobertura da micromedicação entre os bairros da cidade de Balsas - MA, revelando desigualdade na distribuição de hidrômetros pelo município. Enquanto bairros como Centro, Veneza, Nazaré, e Potosi, apresentaram os maiores índices para ligações com hidrômetros, outros bairros, Jocy Barbosa, Jardim das Oliveiras, Emerson Santos, Parque dos Ipês, Cohab II, Santa Rita, registram os menores números para ligações com hidrômetros, evidenciando a ausência expressiva de aparelhos de medição dispositivos essenciais para gerenciamento e controle desse recurso finito.

No estudo espacial apresentado na Figura 15, é possível ver grandes disparidades na taxa de imóveis com hidrômetros nos bairros de Balsas–MA. Em algumas regiões, como Jardim Primavera, Nova Açucena e Joaquim Coelho, os percentuais ultrapassam 100%, indicando inconsistências cadastrais ou falhas na classificação das ligações ou até mesmo devido a divisão setorial censitária. Por outro lado, bairros como Trizidela, Centro, Manoel Novo e Flora Rica apresentam baixas taxas de micromedição.

Figura 15 – Taxa de Imóveis com Hidrômetros em relação Total de Domicílios



Fonte: Autora, Através do Software QGIS, 2025.

Essas variações comprometem a eficiência da gestão do sistema, dificultando o controle do consumo, a detecção de perdas e a tarifação proporcional. A ausência ou insuficiência de hidrômetros impede a obtenção de indicadores precisos e afeta diretamente a sustentabilidade operacional. Nesse cenário, reforça-se a importância da ampliação da micromedição e da revisão cadastral como medidas prioritárias para melhorar o desempenho do abastecimento de água no município.

Estudos recentes demonstram que intervenções direcionadas na infraestrutura de medição podem gerar melhorias significativas na gestão hídrica. Em seu trabalho, Bassani (2024), analisou o efeito da substituição de hidrômetros velocimétricos por volumétricos em 606 ligações de água do município de Pedrinhas Paulista/SP, durante um intervalo de 19 meses (janeiro/2022 a julho/2023). O resultado evidenciou uma redução expressiva das perdas aparentes, evidenciando que o papel importante dos hidrômetros e o quanto a precisão desses dispositivos geram aumentos no volume faturado e melhoram os indicadores operacionais.

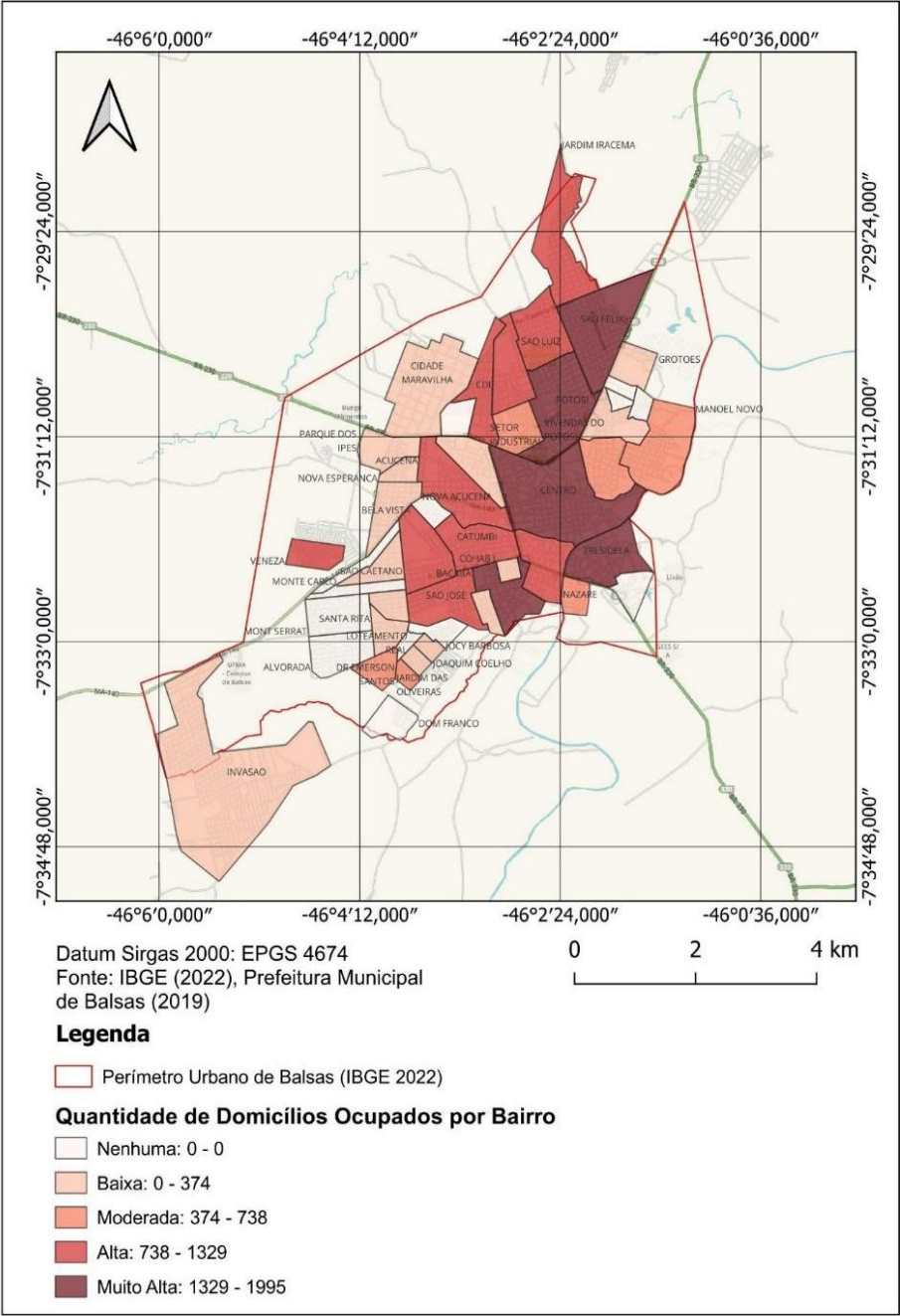
6.4 Cobertura da rede de abastecimento

O estudo dos dados coletados sobre a rede de distribuição mostrou que a cobertura do serviço público de abastecimento de água em Balsas-MA apresenta indicador como perdas na distribuição superior à média nacional, como também consumo médio per capita, embora diversos problemas estruturais. De acordo com dados do SNIS (2022), 86,41 % da população municipal tem acesso a água tratada por rede geral administrada pelo SAAE, perante uma média nacional de 84,24 %, ainda assim, aproximadamente 13,6 % da população vive sem abastecimento público dependendo de outras fontes, como abastecimento através de poços rasos, cacimbas, entre outras fontes.

Para melhor visualização e entendimento do estudo, na Figura 16 logo abaixo, tem -se a quantidade de domicílios ocupados por bairro, com a densidade demográfica. Esse mapa de distribuição dos domicílios ocupados por bairro permite uma visualização clara da densidade habitacional na área urbana da cidade. Essa informação é essencial para o planejamento e a gestão dos serviços públicos, especialmente no que diz respeito ao abastecimento de água. A análise espacial desses dados revela concentrações maiores de domicílios em bairros mais centrais, o que pode indicar maior demanda por infraestrutura e recursos. Além disso, a

comparação com outros indicadores, como o número de ligações ativas ou os desligamentos, contribui para uma compreensão mais completa sobre a cobertura e a eficiência do sistema de abastecimento (JESUS; MONTEIRO; TOMASELLA, 2023)

Figura 16– Mapa Quantidade de Domicílios Ocupados por Bairro

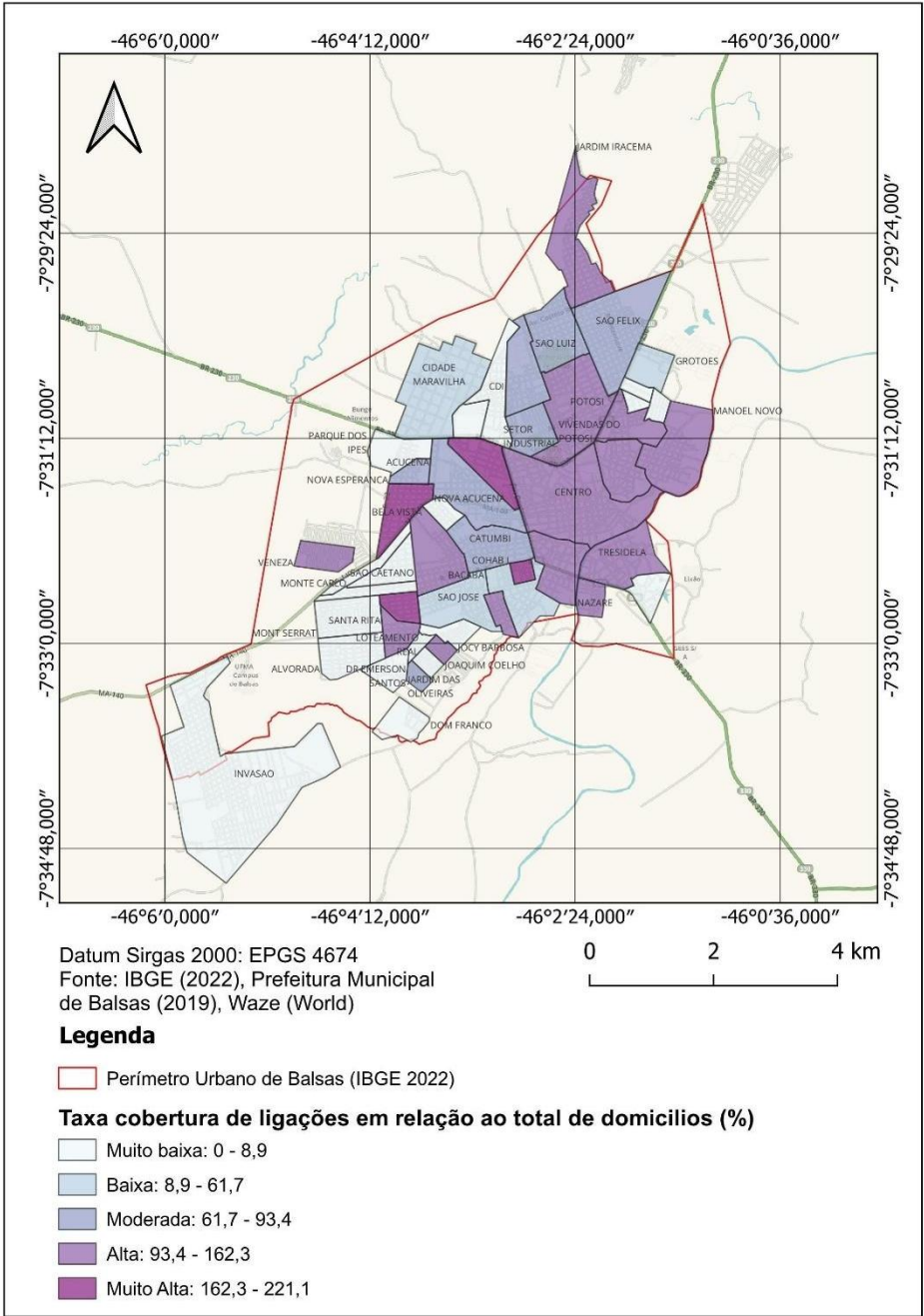


Fonte: Autora, Através do Software QGIS, 2025.

A Figura 17, apresenta a taxa de cobertura de ligações de água em relação ao total de domicílios por bairro no município de Balsas–MA, com base nos dados do SAAE (novembro de 2024) e do IBGE (Censo 2022). A comparação entre essas fontes permite avaliar a extensão da rede de abastecimento na área urbana. Observa-se que

bairros como Centro e Catumbi apresentam cobertura elevada, enquanto Monte Carmelo, Santa Rita e Invasão registram baixos índices, indicando a necessidade de expansão da infraestrutura hídrica nessas regiões.

Figura 17 – Taxa de Cobertura de Ligações de Água em Relação ao Total de Domicílios



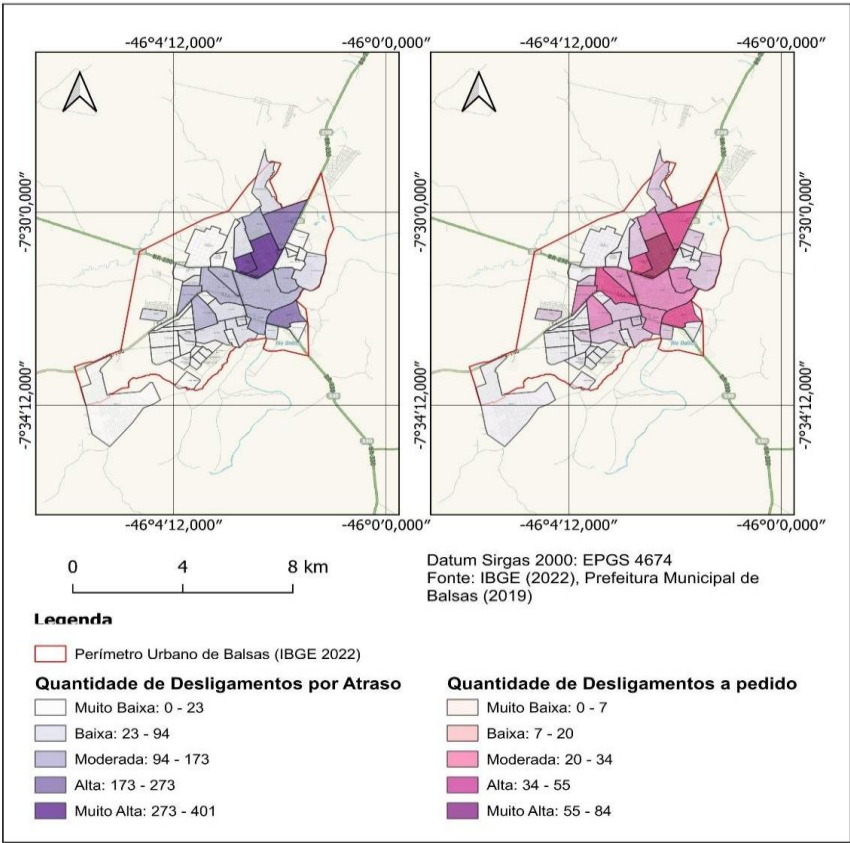
Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

Observando as informações através do mapa, verifica-se que bairros como São José, Joaquim Coelho, Grotões, Parque dos Ipês, além de outros aparecem com baixa

cobertura, índice que pode indicar falhas cadastrais, já que registraram cobertura abaixo do esperado, visto que as informações têm dado divergências com a quantidade de ligações com e sem hidrômetros, como houve consolidação de setores censitários agrupados por bairro, que pode justificar essas divergências pontuais. No entanto, sabendo que o crescimento urbano desordenado ou limitações de investimento público podem ser fatores chave para esses altos índices (Bezerril, 2016)..

Por outro lado, observou-se que bairros centrais, como o Centro, Cajueiro, Catumbi e Açucena e Nazaré, apresentam os maiores índices de cobertura de domicílios ocupados, já o bairro Veneza, embora localizado na região periférica, também apresentou alto índice de cobertura. Quando se trata de índices de desligamentos aqui classificados como desligamento por atraso e desligamento a pedido. Esses dados revelam desigualdades significativas na prestação do serviço de abastecimento de água entre os diferentes bairros da cidade atendida para o mês de novembro de 2024, Figura 18.

Figura 18 – Quantidade de Desligamentos por Atraso e a Quantidade de Desligamento a Pedido

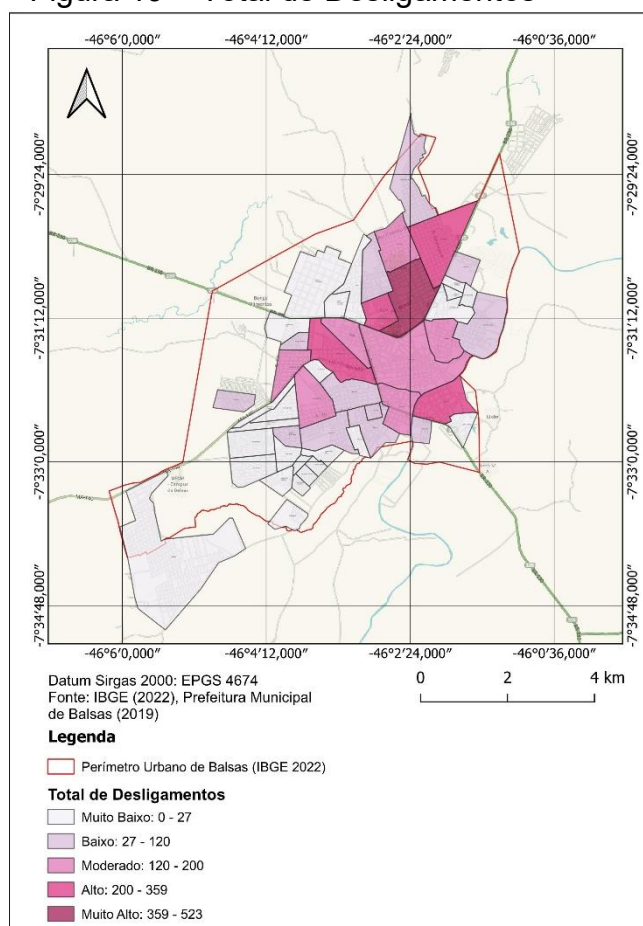


Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

Enquanto alguns bairros apresentam altos índices de desligamento por atraso, indicando possíveis dificuldades no pagamento ou na regularização, outros registram desligamentos a pedido, refletindo demandas específicas dos consumidores. Essa variação mostrada na Figura 18, evidencia a necessidade de estratégias diferenciadas para melhorar a eficiência e a equidade do serviço em toda a área atendida

Ainda de acordo com o mapa os bairros com maior incidência foram Potosi, São Félix e Trezidela, o que pode ser reflexo de fatores socioeconômicos como desemprego, informalidade ou falta de adesão a programas de tarifa social. Esses indicadores evidenciam a necessidade de uma política mais sensível às desigualdades locais, reforçando a importância da integração entre planejamento técnico-operacional e políticas sociais (Brito; Rezende, 2017). Na Figura 19, tem-se a representação do total de desligamento por bairro no mapa.

Figura 19 – Total de Desligamentos



Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

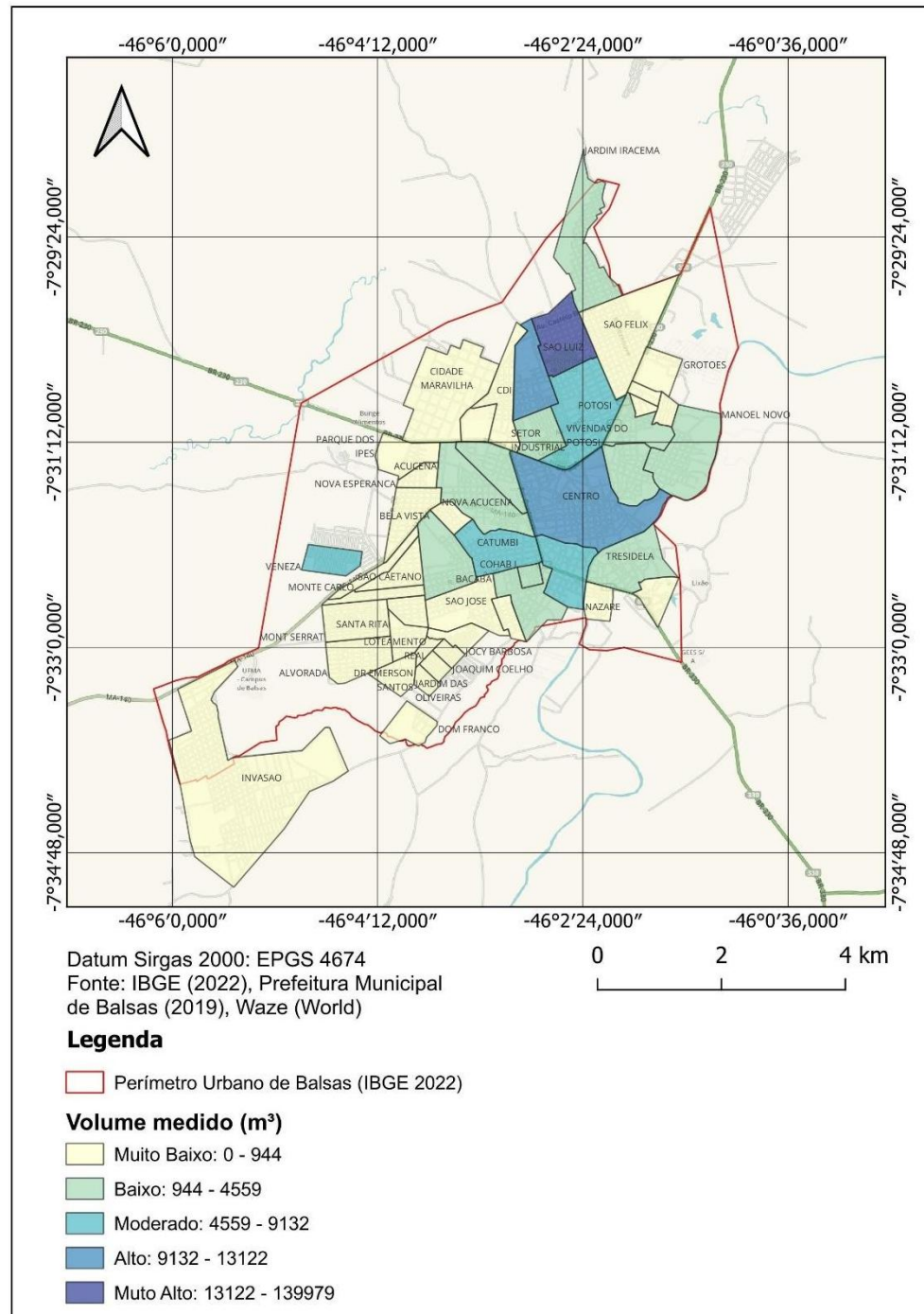
A distribuição dos desligamentos por bairro, apresentadas na Figura 19, tanto por atraso quanto a pedido, oferece subsídios importantes para a compreensão da dinâmica do abastecimento de água na cidade.

Altos índices de desligamento por inadimplência podem estar associados a fatores socioeconômicos, como baixa renda familiar, e à precariedade na relação contratual entre o usuário e a prestadora de serviços. Já os desligamentos a pedido podem refletir mobilidade residencial, insatisfação com o serviço prestado ou mudanças no perfil de ocupação dos imóveis. A análise espacial desses dados permite identificar áreas mais vulneráveis, contribuindo para o planejamento de ações específicas, como campanhas de renegociação de débitos, ampliação da cobertura e melhoria no atendimento ao consumidor, visando à redução das desigualdades no acesso e à promoção de um serviço mais eficiente e equitativo (HELLER; CASTRO, 2007).

- **Análise espacial do consumo de água**

No presente estudo, com através do mapa que apresenta na Figura 20, o volume de água consumido por bairro é possível identificar padrões de uso e possíveis desigualdades no acesso ao serviço. Bairros com maior consumo, como o bairro São Luiz e Centro, apresentam maior consumo, e tendem a concentrar maior número de domicílios, mas também podem indicar usos não residenciais significativos, como comércios e instituições. Por outro lado, bairros com baixo consumo como os bairros mais periféricos como São José, Grotões, Santa Rita, e entre outros podem refletir menor cobertura da rede, irregularidades no fornecimento, ou até dificuldades econômicas da população. Esses dados são fundamentais para orientar ações de planejamento e melhoria da distribuição de água, garantindo maior eficiência e equidade no sistema (Nery; Oliveira, 2017).

Figura 20– Volume de Água medido

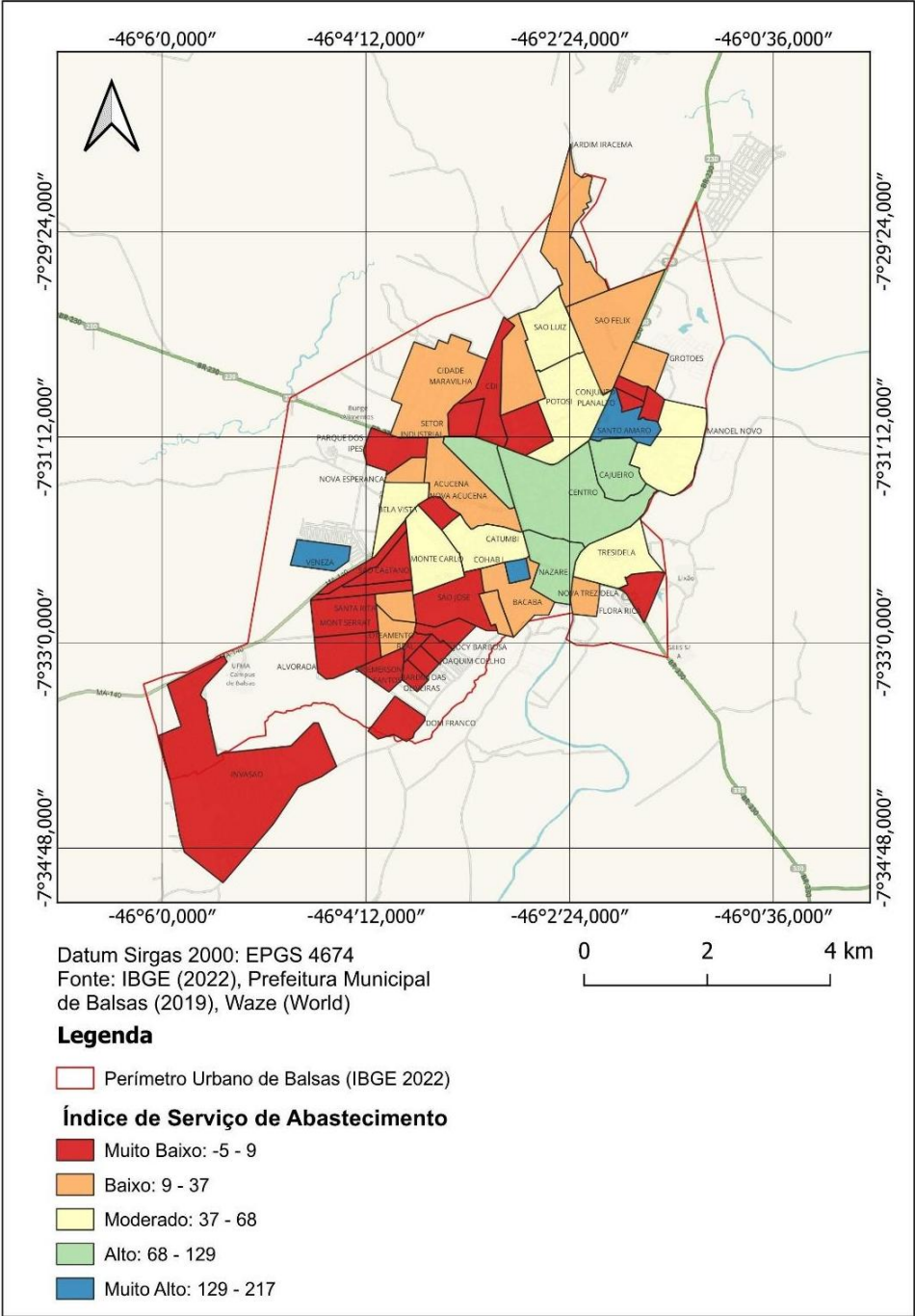


Fonte: Autora, Através do *Software QGIS*, 2025.

Com base na análise do mapa na Figura 21, de Índice de Serviço de Abastecimento (ISA) do município de Balsas – MA, pode-se observar uma significativa heterogeneidade na qualidade do serviço de abastecimento de água entre os bairros da zona urbana. O índice ISA foi construído a partir do somatório de quatro variáveis: cobertura por ligação, imóveis com hidrômetro, imóveis sem hidrômetro e taxa de

desligamentos (por inadimplência e a pedido). Essa métrica permite uma avaliação integrada da eficiência, regularidade e abrangência do sistema de distribuição de água.

Figura 21 - Índice de Serviços de Abastecimento (ISA)



Fonte: Autora, Através do Software, 2025.

O mapa do Índice de Serviço de Abastecimento (ISA) do município de Balsas-MA, evidencia desigualdades significativas na prestação do serviço de água entre os bairros. O ISA foi calculado com base em quatro variáveis: cobertura por ligação,

número de imóveis com hidrômetro, imóveis sem hidrômetro e taxa de desligamentos. A análise espacial revela que os bairros centrais, como Centro, Cohab, Catumbi e Bacaba, apresentam os melhores índices, refletindo maior cobertura e controle do consumo. Por outro lado, bairros periféricos como Invasão, Monte Carlo, CDI e Cidade Maravilha concentram os piores resultados, com baixa cobertura, alto número de imóveis sem hidrômetro e elevada incidência de desligamentos.

Essas informações reforçam a necessidade de intervenções específicas e planejadas, sobretudo nas áreas mais vulneráveis. O ISA se apresenta como uma ferramenta estratégica para orientar investimentos, ampliar a equidade no acesso ao serviço e melhorar a eficiência operacional do sistema de abastecimento de água no município. A atualização contínua dos cadastros e a consolidação de um sistema georreferenciado de dados são fundamentais para garantir uma análise completa e uma gestão eficaz do sistema de abastecimento (OKWORI, 2024).

6.5 Propostas de Melhoria

- **Micromedicação e Combate às Perdas Aparentes**

Através da análise realizada dos dados operacionais do Serviço de Água e Esgoto (SAAE), de Balsas - MA, verifica-se a necessidade da implementação de ações estratégicas para redução de perdas, aumento da arrecadação, bem como controle de vazamentos e melhoria da continuidade no fornecimento. Diminuir as perdas no abastecimento de água é uma estratégia essencial para diminuir os impactos negativos com relação à crise hídrica, tratando de melhoria e eficiência do sistema operacional (Costa Neto, Lima, Rolim, 2021).

Logo, para combater as perdas tanto físicas como aparentes é fundamental a adoção de práticas de monitoramento de vazamento, controle de pressões na rede, manutenção preventiva, além disso é de fundamental importância uma gestão comercial efetiva e eficiente que identifique falhas e as solucione de forma rápida e precisa (Sousa, 2025).

- **Macromedicação, Micromedicação e Setorização (DMC)**

Como proposta de melhoria, dos pontos críticos identificados pelo alto número de imóveis sem hidrômetro (SHD) e desligados por inadimplência ou a pedido (CTA, CTI, CTP), fatores prejudiciais tanto ao controle das perdas quanto à arrecadação da

autarquia. Nesse sentido, estudos recentes, destacam que a instalação de hidrômetros individuais contribui significativamente para a redução do consumo de água (Carilo; Contreras; Scartascini, 2023).

Além disso, a implantação de sistemas de macromedicação e a setorização da rede em Distritos de Medição e Controle (DMC) divisão que permitirá isolar áreas para detecção mais rápida e precisa de perdas físicas. Como nos estudos de Souza Júnior & Vatauvuk (2023), que relataram em seus estudos um caso de sucesso utilizando esse método, realizado em Bragança Paulista.

- **Tecnologias de Monitoramento**

Para solucionar problemas operacionais como vazamentos, seria indicado o uso de tecnologias como sensores acústicos (*data loggers*), geofonamento e mapeamento georreferenciado da rede para monitoramento de vazamento, e pressão, pois esses equipamentos possibilitam a detecção e o monitoramento contínuo em grande escala nas redes de abastecimento, permitindo a identificação antecipada de vazamentos ocultos, contribuindo para a redução de perdas reais, bem como respostas mais ágeis e redução no tempo de interrupção do abastecimento (Sousa, 2025).

- **Gestão Comercial e Arrecadação**

Se tratando da gestão comercial e arrecadação, a adoção de ações que garantam a sustentabilidade financeira tanto quanto a sustentabilidade hídrica, além dos mais, possibilite o aumento dos investimentos em melhorias no próprio sistema. Nesse sentido, Santi, Marques e Sampaio (2021) destacam que a instalação de medidores e a adoção de sistemas integrados de gestão, contribui significativamente para a melhoria da receita operacional e da eficiência dos sistemas de abastecimento.

Desse modo, traçar um plano de metas para implantação de medidores em todas, as unidades consumidoras, poderia impactar significativamente nessas perdas, tanto quanto aumentar o faturamento do SAAE, o que possibilitaria um investimento melhor desses recursos em melhorias na própria rede, visto que Balsas está em crescimento acelerado nos últimos anos de acordo com o IBGE (2022).

- **Estação de Tratamento de Água**

A utilização de filtros provisórios com uso de caixas d'água na estação de tratamento tem se mostrado insuficiente diante da alta demanda, uma vez que esses dispositivos apresentam eficiência reduzida, maior suscetibilidade a falhas operacionais. Diante disso, recomenda-se a substituição por unidades de filtração definitivas, como filtros de areia de alta taxa (*rapid gravity filters*) ou filtros ascendentes (*up-flow filters*), devidamente dimensionados para atender tanto à demanda atual quanto à futura, considerando ao menos uma década de crescimento populacional (BRASIL, 2018).

Ademais, Tubulações antigas provocam perdas por vazamentos, rompimentos frequentes e comprometem a eficiência do sistema. A substituição por materiais modernos, como PVC-O e PEAD, com diâmetro adequado à vazão projetada, aliada à implantação da setorização hidráulica, facilita a manutenção e a identificação de perdas. Essa medida aumenta a durabilidade da rede, reduz as perdas físicas e melhora o controle de pressão e vazão (Silva; Pereira; Oliveira, 2019).

Por fim, devido à limitação de recursos financeiros, é fundamental a elaboração de um Plano Diretor de Água que estabeleça prioridades claras para ações de curto, médio e longo prazo. Esse planejamento estratégico permite a execução organizada e eficiente das intervenções necessárias, além de facilitar a captação de recursos junto a órgãos públicos e programas governamentais, como FUNASA, PAC e BNDES, garantindo a sustentabilidade e a melhoria contínua do sistema de abastecimento (BRASIL, 2018).

- **Distribuição ao longo do tempo das propostas de medidas e recomendações técnicas**

Com o objetivo de tornar as propostas mais claras, organizou-se o Quadro 03 a seguir, que apresenta as metas sugeridas para melhorias no sistema de abastecimento público da cidade, distribuídas conforme o prazo de execução e sua respectiva finalidade.

Quadro 4 – Propostas de Melhoria para o Sistema de Abastecimento de Balsas – MA

Prazo	Dimensão	Propostas de Melhoria
Curto (0-5 anos)	Gestão e Planejamento	- Plano de Redução de Perdas com metas anuais; - Atualização cadastral; - Sistema integrado de informações operacionais.
	Educação e Conscientização	- Campanhas educativas sobre uso racional da água; - Programa de regularização de ligações clandestinas.
	Monitoramento e Controle	- Instalação de macromedidores; - Setorização piloto (DMC) em bairros críticos.
	Operacional	- Equipe emergencial para vazamentos; - Otimização de pressão e rotas de abastecimento.
Médio (5-10 anos)	Gestão e Planejamento	- Implementação do Plano de Segurança da Água; - Revisão quadrienal do Plano Municipal de Saneamento.
	Educação e Conscientização	- Programa de eficiência hídrica para grandes consumidores; - Parcerias com universidades para monitoramento comunitário.
	Monitoramento e Controle	- Expansão da setorização em pelo menos 70% da cidade; - Instalação de sensores acústicos e de pressão.
	Operacional	- Substituição progressiva das redes antigas; - Manutenção preventiva programada.
	Estrutural	- Instalação de reservatórios intermediários e elevados para melhor gestão de pressão.
Longo (>10 anos)	Gestão e Planejamento	- Consolidação de modelo de gestão autossustentável; - Participação em consórcios regionais.
	Educação e Conscientização	- Cidade modelo em participação social na gestão da água; - Programas contínuos de valorização dos recursos hídricos.
	Monitoramento e Controle	- Micromedição universal (100%); - Sistema inteligente (smart grid) de monitoramento em tempo real.

	Operacional e Estrutural	- Modernização total da rede; - Novos poços com tecnologias sustentáveis; - Hidrômetros inteligentes integrados ao sistema comercial.
--	---------------------------------	---

Fonte: Autora, 2025.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de abastecimento de água de Balsas–MA, de acordo com o que foi analisado, encontra-se em um estado de estagnação, pois não acompanhou o ritmo acelerado de crescimento urbano e populacional do município. Projetado para atender a uma população significativamente menor, sua capacidade atual é insuficiente para suprir de forma adequada as demandas contemporâneas. Esse descompasso foi evidenciado por dados oficiais do SNIS, IBGE e por informações obtidas diretamente junto ao setor administrativo do SAAE, que revelaram a ausência de componentes fundamentais para a eficiência do sistema, como macromedidores, além de um baixo índice de micromedição, elevados índices de perdas na distribuição e a inexistência de um plano regular de manutenções preventivas. Esses fatores revelam fragilidades que expõem a população a interrupções e instabilidades no fornecimento, comprometendo a qualidade do serviço prestado.

A caracterização do sistema de abastecimento, sua infraestrutura e forma de gestão mostrou que a rede atual, a estação de tratamento e os sistemas de captação não estão dimensionados para a realidade demográfica e geográfica da cidade. A ausência de equipamentos de monitoramento adequados e a gestão predominantemente reativa, que atua apenas diante de falhas evidentes, agravam as dificuldades operacionais. Essa constatação reforça a necessidade urgente de modernização da infraestrutura e de adoção de um modelo de gestão proativa, com base em dados confiáveis e no uso de tecnologias que permitam o acompanhamento em tempo real das condições da rede.

A avaliação dos indicadores de desempenho, com base nos dados do SNIS (2024), evidenciou que, embora a cobertura do serviço esteja relativamente próxima à média nacional, o índice de perdas na distribuição é alarmante, superando 50% em todos os anos analisados. Esse resultado indica que metade da água produzida não chega ao consumidor final ou não é contabilizada para faturamento, implicando

desperdício de recursos, aumento de custos e sobrecarga sobre as fontes de captação. Tal cenário aponta para a urgência de medidas de controle de vazamentos, substituição de trechos críticos da rede e ampliação da micromedição como formas de reduzir desperdícios e aumentar a eficiência do sistema.

A investigação da distribuição do serviço por bairros revelou desigualdades significativas no acesso à água, especialmente em áreas periféricas, onde a ausência de hidrômetros e a intermitência no abastecimento são mais recorrentes. Esses dados mostram que a cobertura formal não garante, necessariamente, a regularidade e a qualidade do serviço prestado, e que a vulnerabilidade social e sanitária é maior nas regiões com menor infraestrutura. Esse mapeamento territorial permite direcionar investimentos e ações prioritárias para os locais onde o impacto positivo das intervenções será mais relevante.

Por fim, as propostas de melhoria elaboradas a partir das evidências levantadas indicam um conjunto de ações integradas, de curto, médio e longo prazo, abrangendo desde a instalação de macromedidores e ampliação da micromedição até a setorização da rede, construção de reservatórios intermediários, implementação de manutenção preventiva e adoção de tecnologias inteligentes de monitoramento. Também se destacam medidas de caráter educativo e regulatório, voltadas à conscientização da população para o uso racional da água e à consolidação de uma gestão mais participativa e sustentável. A implementação dessas ações, articulada com políticas públicas consistentes, pode promover a redução de perdas, a ampliação da cobertura e a melhoria da qualidade do abastecimento, garantindo o direito universal à água de forma eficiente, equitativa e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Demográfico 1991: População Residente por Municípios – Resultados Definidos. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Manual de planejamento e gestão de sistemas de abastecimento de água*. Brasília: MS, 2018. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_planejamento_gestao_sistemas_abastecimento_agua.pdf. Acesso em: 19 jul. 2025.

HELLER, L; CASTRO, C. **Abastecimento de água para consumo humano**. In: PHILIPPI JR., Arlindo (Org.). Meio ambiente e saúde pública: fundamentos e experiências. Barueri, SP: Manole, 2007. p. 425–442. ISBN: 9788520419154

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) 2022: acesso à água e saneamento. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2025.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 16 jun. 2025.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil (1991–2020) – Estação: Balsas/MA. Brasília, DF: INMET, 2023. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

JESUS, F.S. M.; MONTEIRO, A.M. V.; TOMASELLA, J. Spatial Inequalities in Access to Safe Drinking Water in an Upper-Middle-Income Country: A Multi-Scale Analysis of Brazil. **Water**, v. 15, p. 1620, 2023. DOI: 10.3390/w15081620

JESUS, A.L. FILHO. ROMA, J.C. Contribuições para o fortalecimento da gestão de águas no Brasil: trajetórias de três pesquisas desenvolvidas em parceria com a agência nacional de águas e saneamento básico. Boletim regional, urbano e ambiental, IPEA. Dezembro, 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.38116/brua30art4>.

LEITE, C. H. P; MOITA NETO, J. M.; BEZERRA, A.K. L. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 27, n. 1, p. 1–15, 2022. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/publicacoes/artigo/i/12904>. Acesso em: 16 jun. 2025.

LOBO FERREIRA, J. P. C. et al. Proteção das origens superficiais e subterrâneas nos sistemas de abastecimento de água. 2010.

MADEIRA, G.S; PENA, M.M. Metodologia da IWA aplicada ao diagnóstico de perdas do sistema de abastecimento de água da Cidade Universitária: abordagem top-down no DMC da Vila Residencial da UFRJ. vol.01 Fortaleza - CE, 2020.

MELO, V. R.A. Geotecnologias: Uma valiosa ferramenta para gestão de perdas. ABES, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2024/03/6-GEOTECNOLOGIAS-UMA-VALIOSA-FERRAMENTA-PARA-A-GESTAO-DE-2.pdf>. Acesso em 10 maio 2025.

MIRANDA, D. M. Metodologia de redução de perdas reais de água em sistemas de reduzida dimensão. 2018.

NERY, João Carlos; OLIVEIRA, Maria Aparecida Silva. Saneamento básico e desigualdades sociais: desafios para o abastecimento de água em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 123-134, 2017.

OLIVEIRA, Regina Maria Mendes; SANTOS, Ezequiel Vieira dos; LIMA, Kalyl Chaves. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 523–529, maio/junho. 2017.

OKWORI, Christian I.; et al. GIS-Based Model Parameter Enhancement for Urban Water Utility Networks. **Urban Science**, v. 8, n. 2, p. 35, 2024.

PEREIRA, F. Dimensionamento e operação de sistemas de captação de água. *Revista Engenharia Sanitária*, v. 2, pág. 45-52, 2009.

PEREIRA, S.F, TINÔCA, J.D. Avaliação das perdas de água em sistema de abastecimento de água: estudo no setor Parque das Nações Parnamirim/RN. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*. v. 9, n. 3, p. 33-45, setembro de 2021.

PINTO, A. M.; RIBAS, L. M. Novo marco legal do Saneamento Básico: uma contribuição para a efetividade do direito à água potável e ao Saneamento no Brasil. **Revista do Tribunal Regional Federal da 2ª Região**, v. 26, n. 55, p. 84–119, junho 2022. DOI:10.30749/2177-8337.v26n55p84-119.

PULLIDO, M. et al. Utilização de filtros na remoção de nanoplasticos e aplicabilidade na realidade brasileira. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 28, n. 2, p. 139-153, 2023.

RIBEIRO, V.O. **Geotecnologias aplicadas ao saneamento básico**. Trabalho de conclusão de Pós- Graduação. Universidade Federal de Mato Grosso. Campo Grande - MS, 2011.

SABESP. Framework para Finanças Sustentáveis. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br> (Acesso em: 13 jun. 2025)

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 356 p. ISBN 978-85-7035-849-5.

e SANTI, A. C. R.; MARQUES, R. de M.; SAMPAIO, P. C. F. (2021). *Key Drivers of Non-Revenue Water in Developing Countries: Insights from a Multilevel Study in Brazil*.

SIGNORETI, R. O. S.; RIBEIRO, L.C., L.C. L. J. Estudo das válvulas redutoras de

pressão (VRPs) nas redes de abastecimento de água. XXIV Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP, 2016.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE BALSAS (SAAE). Questionário aplicado ao setor administrativo sobre o sistema de abastecimento de água. Balsas, MA: SAAE, 2024.

SILVA, L.D. P. **Redução de perdas aparentes no sistema de distribuição de água de Buritirana/Palmas** – TO. 2022. 90f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022.

SILVA, N.R. Estudo de metodologias para avaliação de submedição de hidrômetros domiciliares em sistemas de água. Dissertação, Universidade de Brasília, 2008.

SILVA, M. R.; PEREIRA, F.; OLIVEIRA, A. L. de. Renovação de redes de água potável: impactos na eficiência operacional e redução de perdas. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 5, p. 905-914, 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019002400015.

SOBRINHO, A.B, P.C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 783–795, Salvador, 2016.

SODEK, D.B. **Impacto da redução de pressão em redes de abastecimento de água no perfil de consumo**. 2019. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

SOUSA, L. F. S. Medidas para redução de perdas de água em sistemas de abastecimento de água. 2025. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa, 2025.

SOUZA JÚNIOR, José do Carmo; VATAVUK, Paulo. Distritos de medição e controle como ferramenta de gestão de perdas em redes de distribuição de água. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, Curitiba, v. 16, n. 42, p. 445–470, abr. 2023. DOI: 10.55905/rdelosv16.n42-029.

TERRA, A. A disputa pelo território: agricultura camponesa versus agronegócio no município de Balsas, Maranhão. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 37, n. 3, p. 170–187, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i3.43625>. Disponível em: <https://revistas.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/43625>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ZORZO, S.C. **Diagnóstico e proposta de melhorias dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município de Canela/RS**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, agosto de 2024.

ANEXOS

ANEXO I



OFÍCIO N.º 001/2024

Balsas, 10/10/2024

Ao Diretor do SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Balsas

Assunto: Solicitação de dados para elaboração de pesquisa sobre perdas de água no sistema de abastecimento de Balsas.

Prezado Senhor Lucas Daniel Rodrigues de Araújo,

A discente Taiane Carolyne Carneiro, do curso de Engenharia Civil – UFMA, Balsas, sob orientação da Profa. Dra. Carla Caroline Alves Carvalho, estão desenvolvendo um estudo sobre as perdas de água no sistema de abastecimento de Balsas que constituirá o trabalho de conclusão de curso da referida aluna. O estudo tem como objetivo identificar e analisar as principais causas das perdas de água, tanto reais quanto aparentes, no sistema de abastecimento. A partir desse diagnóstico, busca-se propor medidas que promovam a eficiência operacional do sistema, minimizando o desperdício de recursos hídricos e contribuindo uma gestão sustentável do abastecimento de água.

Para a realização dessa pesquisa, solicitamos a gentileza de fornecer as seguintes informações detalhadas, que são essenciais para a análise e desenvolvimento de propostas de otimização do sistema de abastecimento:

1. Volume de água captada e tratada:

- Quantidade mensal de água captada e tratada pelo SAAE nos últimos 12 meses.
- Diferenciação entre a captação de águas superficiais e subterrâneas (se aplicável).
- Detalhes sobre os mananciais utilizados e sua capacidade atual.
- Volume de água distribuída e faturada:

2. Quantidade de água distribuída pelo sistema, separada por áreas atendidas, nos últimos 12 meses.

- Volume de água faturada, discriminado por categorias (residencial, comercial, industrial, etc.).
- Dados sobre as economias ativas (ligações com medição de consumo) e inativas.

3. Perdas reais e aparentes:

- Índices de perdas reais (vazamentos, extravasamentos) e aparentes (fraudes, submedição, ligações clandestinas) no sistema de abastecimento.
- Métodos utilizados para o cálculo desses índices e sua periodicidade.
- Relatório de ações de controle de perdas já implementadas ou em andamento.

4. Setorização e cobertura do sistema de distribuição:

- Mapa ou esquema detalhado das áreas atendidas pelo sistema de distribuição de água, indicando setorização (se houver) e as principais áreas de consumo.



- Descrição das características dessas áreas (residencial, comercial, rural, etc.) e densidade de ocupação.

5. Medição e controle:

- Detalhes sobre os sistemas de macromedição e micromedição em operação, incluindo:
- Quantidade e localização dos macromedidores (medição em pontos principais do sistema).
- Percentual de micromedição (quantidade de consumidores com hidrômetro instalado).
- Procedimentos de manutenção e calibração dos medidores.
- Substituição de hidrômetros (frequência e critérios de troca).

6. Manutenção e controle de vazamentos:

- Procedimentos adotados para a detecção e controle de vazamentos no sistema de distribuição.
- Relatórios sobre ocorrências de vazamentos, tempo médio de resposta para reparos e metodologia para localização de falhas nas redes de distribuição.
- Informações sobre o programa de renovação de tubulações, se existente, incluindo o material das tubulações usadas e áreas priorizadas para substituição.

7. Fraudes e irregularidades:

- Histórico de fraudes detectadas, ações de fiscalização e combate a ligações clandestinas nos últimos 12 meses.
- Percentual de fraudes em relação ao total de ligações e o impacto financeiro estimado.

8. Qualidade da água e monitoramento:

- Relatórios sobre o controle de qualidade da água tratada e distribuída, indicando parâmetros de qualidade monitorados (pH, turbidez, cloro residual, etc.).
- Frequência das análises de qualidade e os locais de amostragem.

Essas informações serão utilizadas para o diagnóstico técnico do sistema de abastecimento e contribuirão para a formulação de medidas que visem reduzir as perdas de água e aumentar a eficiência operacional do SAAE, beneficiando diretamente a população de Balsas.

Agradecemos antecipadamente pela colaboração e nos colocamos à disposição para eventuais esclarecimentos ou reuniões que se façam necessárias.

Atenciosamente,

Carla Caroline Alves Carvalho

Prof.^a Carla Caroline Alves Carvalho

Docente do Curso de Engenharia Civil
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Telefone: 84 996535620
E-mail: cca.carvalho@ufma.br

ANEXO II

Quadro 5: Localização de poços em zona urbana

POÇOS ZONA URBANA		
	LOCALIZAÇÃO BAIRRO	ENDEREÇO
1	Açucena	Rua 08, s/n, Bairro Açucena, Balsas - Ma
2	CDI	Rua das Condessas, s/n, Bairro CDI, Balsas - Ma
3	Cidade Nova	Rua 01, s/n, Bairro Cidade Nova, Balsas - Ma
4	Dom Franco	Rua Maranhão, s/n, Q.14, Bairro Dom Franco, Balsas - Ma
5	Emerson Santos	Rua 18, s/n, Bairro Emerson Santos, Balsas - MA
6	Jardim das Oliveiras	Rua projetada 06 qda 09 nº 11, Bairro Jardim das Oliveiras, Balsas - MA
7	Jardim do Sol	Rua Maravilha, s/n, Bairro Jardim do Sol, Balsas - MA
8	Jardim Europa	Rua 05, nº 1, Bairro Jardim Europa, Balsas - MA
9	Jardim Iracema	Rua 03, s/n, Bairro Jardim Iracema, Balsas - MA
10	Jocy Barbosa	Rua Porto Alegre, s/n, Bairro Jocy Barbosa, Balsas - MA
11	Manoel Novo	Rua 12, s/n, Bairro Manoel Novo, Balsas - MA
12	Parque dos Ipês	Rua 22, s/n, Bairro Parque dos Ipês, Balsas - MA
13	Potosi	Rua Dr. Didácio Santos, s/n, Bairro Potosi, Balsas - MA
14	Rosa Santos	Rua B, s/n, Bairro Rosa Santos, Balsas - MA
15	São Caetano	Rua 20, s/n, Bairro São Caetano, Balsas - MA
16	São Francisco (I)	Rua 22, s/n, Bairro São Francisco, Balsas - MA
17	São Francisco (II-Novo)	Rua condessa, s/n Bairro São Francisco, Balsas - MA
18	São Luís	Rua 07, s/n Bairro São Luís, Balsas - MA
19	Veneza I	Rua 01, s/n Bairro Veneza, Balsas - MA
20	Veneza II	Rua projetada 03, s/n Bairro Veneza, Balsas - MA
21	Versalhes	Ao lado do condomínio Conjunto Versalhes, Balsas - MA
22	Florença	Residencial Florença, Balsas - MA
23	São Luís (exposição)	Rua Dr. Bairro Jamildo São Luís, Balsas - MA

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 3 - Consolidação de dados por bairro

NOME DO BAIRRO	TDO	SH D	DESL.A TRASO (CTA)	DESL. A PEDIDO(CTP)	DESL .S JUST. (CTI)	TOTAL DESL.	L.C/ HIDR ÔMETRO	TOTAL LIGAÇ ÕES	VOL. MED
ACUCENA	1226	689	173	48	35	256	351	1040	1875
BACABA	1523	705	94	12	14	120	234	939	2585
CAJUEIRO	672	341	120	41	3	164	353	839	2901
CATUMBI	1329	701	92	24	2	118	479	1180	9132
CDI	1071	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO	1995	1586	129	34	33	196	1126	2712	12043
CIDADE MARAVILHA	152	42	19	7	1	27	41	83	283
COHAB	200	211	41	11	4	56	200	411	1484
COHAB II	249	293	16	2	6	24	40	333	469
DR EMERSON SANTOS	463	349	15	0	4	19	22	370	12
FLORA RICA	738	649	87	20	-	107	159	808	944
GROTÕES	249	1	17	84	7	108	45	129	592
INVASÃO	194	-	-	-	-	0	-	-	-
JARDIM IRACEMA	1056	1106	73	13	22	108	156	1226	1262
JARDIM PRIMAVERA	239	435	57	6	16	79	84	519	97
JOAQUIM COELHO	261	406	9	1	3	13	420	14	0
JOCY BARBOSA	281	403	6	6	5	17	16	419	31
MANOEL NOVO	695	583	81	17	22	120	204	787	1912
MONTE CARLO	333	-	-	-	-	0	-	-	
JARD.OLI.MONS.ALV	677	-		-	-	0	3	60	0
NAZARÉ	963	461	137	31	17	185	716	1177	9006
NOVA AÇUCENA	374	629	115	28	28	171	198	827	726
NOVA ESPERANÇA	280	174	39	10	9	58	62	234	32
PARQUE DOS IPÊS	352	11	2	3	0	5	19	30	340
POTOSI	1478	113	401	80	42	523	766	1899	7753

		3							
SANTA RITA	268	380	23	2	2	27	55	435	667
SANTO AMARO	190	-	-	-	-	0	154	258	3053
SÃO CAETANO	910	1079	154	20	26	200	316	1395	2138
SÃO FÉLIX	1795	1227	273	52	34	359	449	1676	35
SÃO FRANCISCO	1069	537	66	19	-	85	216	753	13122
SÃO JOSÉ	1207	374	57	4	2	63	76	450	294
SÃO LUIZ	1201	635	129	34	33	196	377	1012	139979
SETOR INDUSTRIAL	309	287	135	55	-	190	282	569	2827
TREZIDELA	1708	1527	232	54	-	286	544	2071	4559
ENEZA	924	18	37	1	15	53	984	1002	7579
VIVENDAS DO POTOSI	602	341	350	9	0	359	163	504	2103