

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE NATUREZA E CULTURA  
BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO**

**JOANA CRISTIE NOBRE FERNANDES DE SOUZA**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO EM REGIÕES  
DE FRONTEIRA: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE BENJAMIN CONSTANT,  
AM.**

**Benjamin Constant - AM  
2025**

**JOANA CRISTIE NOBRE FERNANDES DE SOUZA**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO EM REGIÕES  
DE FRONTEIRA: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE BENJAMIN CONSTANT,  
AM.**

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Administração pelo Instituto de Natureza e Cultura (INC) da Universidade Federal do Amazonas.

Orientador: Prof. Bruno Angulo Bittencourt.

JOANA CRISTIE NOBRE FERNANDES DE SOUZA

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO EM REGIÕES  
DE FRONTEIRA: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE BENJAMIN CONSTANT, AM.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Administração pelo Instituto de Natureza e Cultura (INC) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Aprovado em 09/12/2025

**BANCA EXAMINADORA**

Prof.º Bruno Angulo Bitencourt – Orientador/Presidente Universidade  
Federal do Amazonas - UFAM

Prof.º Esp. Rodrigo Noronha– Membro  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Prof.º Nataniel Gomes Marin – Membro  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

*A minha Avó Santana Rodrigues Nobre, in memoriam. Obrigada por todos os abraços e histórias, esta dedicatória é uma forma de dizer que, sim, deu tudo certo, e sim, você foi parte essencial disso.*

**Quem tanto pede o que lhe pertence, assim  
o mundo o convence.**

Walter Hugo Mãe

## AGRADECIMENTOS

*Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, que se mostrou criador, que foi criativo comigo nesta jornada. Seu fôlego de vida em mim me foi sustento e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades, por ser presente na hora da angústia.*

*À minha Mãe Maria Nobre, em especial a minha única e amada Irmã Vany, que trilhou este caminho junto a mim.*

*Agradeço também a minha companheira de sonhos e vida, Aline, que de forma especial e carinhosa me deu a grande força da coragem e bravura, me apoiando nos momentos de dificuldades.*

*Ao professor/orientador Bruno Bittencourt pela paciência e incentivo, que tornaram possível a conclusão desta monografia, coordenadores e professores do curso, pelo convívio, pelo apoio, pela compreensão e pela amizade, pois foram tão importantes na minha vida acadêmica.*

“Na Administração Moderna, a eficiência consiste em  
fazer o certo às coisas”

PETER DRUCKER

## RESUMO

O trabalho estuda a análise da eficiência do Tratamento de Água e Esgoto em regiões de fronteira, em que se apresenta o caso no Município de Benjamin Constant, na faixa de fronteira sanitária entre Benjamin Constant, e Islândia-Peru e comunidades ribeirinhas. Considerando que o saneamento básico é um direito universal, e constitucional, no Brasil, ele se insere em abastecimento e tratamento de água e esgoto, em que se promove direitos a melhoria e qualidade de vida. O saneamento em regiões de fronteira amazônica, enfrenta desafios bem específicos que vão além da combinação de infraestrutura, fatores geográficos, socioeconômico e institucionais, exigindo atenção a diversidade cultural, à mobilidade populacional, a vulnerabilidade social e aos impactos ambientais, que dificultam a oferta de serviços como água potável, tratamento de esgoto. O estudo traz a importância de abordar um tema que impacta a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento local. Através de órgãos responsáveis por ofertar e garantir este tipo de serviço, buscando eficiência na integração de diferentes níveis de governo para garantir serviços eficazes, ambientalmente sustentáveis e alinhados as práticas tradicionais. Buscando analisá-lo a partir das categorias população: dados demográficos, Cobertura e acesso aos serviços, Qualidade da Água e Satisfação, Percepção sobre políticas e melhoria, Gestões e profissionais: Perfil entrevistado, Cobertura e Operação, Qualidade e Eficiência Operacional, Políticas, Gestão e Desafios. Assim a investigação levanta o trabalho realizado em Benjamin e regiões de fronteira apresenta a necessidade de que existam esforços para a universalização e efetividade destes serviços, necessariamente integralmente pela implementação e ampliação dos investimentos em infraestrutura e pela construção de um modelo de gestão que considere especificidades de fronteira amazônica.

**Palavras-chave:** Tratamento de água; Fronteira Amazônica; Estudo; Saneamento; População; Infraestrutura.

## RESUMEN

Este trabajo estudia la eficiencia del tratamiento de agua y alcantarillado en regiones fronterizas, presentando el caso del municipio de Benjamin Constant, en la zona sanitaria fronteriza entre Benjamin Constant e Islândia-Perú, y las comunidades ribereñas. Considerando que el saneamiento básico es un derecho universal y constitucional en Brasil, abarca el suministro y tratamiento de agua y alcantarillado, promoviendo el derecho a una mejor calidad de vida. El saneamiento en las regiones fronterizas amazónicas enfrenta desafíos muy específicos que van más allá de la combinación de factores de infraestructura, geográficos, socioeconómicos e institucionales, y requiere atención a la diversidad cultural, la movilidad poblacional, la vulnerabilidad social y los impactos ambientales que dificultan la prestación de servicios como el agua potable y el tratamiento de aguas residuales. El estudio destaca la importancia de abordar un tema que impacta la salud pública, el medio ambiente y el desarrollo local. A través de los organismos responsables de ofrecer y garantizar este tipo de servicio, se busca la eficiencia en la integración de los diferentes niveles de gobierno para garantizar servicios eficaces y ambientalmente sostenibles, alineados con las prácticas tradicionales. Se busca analizarlo desde las categorías de población: datos demográficos, cobertura y acceso a servicios, calidad y satisfacción del agua, percepción de políticas y mejoras, gestión y profesionales: perfil del entrevistado, cobertura y operación, calidad y eficiencia operativa, políticas, gestión y desafíos. Así, la investigación analiza el trabajo realizado en las regiones de Benjamín y la frontera, presentando la necesidad de esfuerzos para la universalización y la eficacia de estos servicios, necesariamente mediante la implementación y expansión de inversiones en infraestructura y la construcción de un modelo de gestión que considere las especificidades de la frontera amazónica.

Palabras clave: Tratamiento de agua; Frontera amazónica; Estudio; Saneamiento; Población; Infraestructura.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Município de Benjamin Constant na região do trapézio Amazônico.....	14
Figura 2 – Sistema precário de esgotamento sanitário em comunidades ribeirinhas do Amazonas.....	16
Figura 3 – Fluxograma Conceitual do Sistema de tratamento de esgoto.....	24
Figura 4 – Local de Pesquisa.....	39
Figura 5 – Coleta imagens esgotamento sanitário.....	46
Figura 6 - Coleta imagens esgotamento sanitário: Bairro Bom Jardim.....	47
Figura – Projeto Bairro Limpo.....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Escala Likert Frequência.....	37
Quadro 2 – Escala e modelo .....	38
Quadro 3 – Parâmetros observados.....	48

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Perfil populacional e rural do município de Benjamin Constant - Am.....	17
Gráfico 2 – Situação Cobertura.....	44
Gráfico 3 – Situação Abastecimento.....	45

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>14</b>
1 Fundamentação Teórica.....	14
1.1 Contextualização geográfica e socioeconômica de Benjamin Constant - AM.....	14
1.1.1 Caracterização do município e da tríplice fronteira (Brasil – Peru – Colômbia) .....	14
1.1.2 Desafios de infraestrutura e serviço público em áreas de fronteiras .....	15
1.1.3 Perfil populacional e vulnerabilidade sociais .....	16
1.2 Conceitos fundamentais de saneamento básico .....	18
1.2.1 Fundamentos Legais e o Marco regulatório.....	18
1.2.2 Dimensões do saneamento básico.....	19
1.2.3 Relação com saúde pública e meio ambiente.....	19
1.2.4 Perspectivas e desafios.....	20
1.3 Sistema de tratamento de água.....	20
1.4 Sistema de tratamento de esgoto.....	22
1.5 Saúde pública e saneamento: interdependência e impacto.....	25
1.5.1 O saneamento como determinante social da saúde.....	25
1.5.2 Impacto econômico e sociais.....	26
1.5.3 Desafios no Brasil.....	26
1.5.4 Políticas públicas e sustentabilidade.....	26
1.6 Impactos ambientais do saneamento inadequados.....	27
1.7 Políticas públicas governança e regulação.....	29
1.8 Saneamento em regiões de fronteiras Amazônica.....	31
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>33</b>
2. PROCEDIMENTO METODOLOGICO .....	33
2.1 METODOLOGIA .....	33
2.2 NATUREZA DA PESQUISA .....	35
2.3 TIPO DA PESQUISA.....	35
2.4 TECNICAS DA PESQUISA.....	36
2.5 DIVULGAÇÃO E APLICAÇÃO.....	37
2.6 SUJEITO DA PESQUISA.....	38
2.7 LOCAL DA PESQUISA.....	38
2.8 ORGANIZAÇÃO DA ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	39
2.9 ASPECTOS ÉTICOS.....	40
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>41</b>
3 RESULTADOS.....	41
3.1 Introdução à análise da pesquisa.....	41
3.2 Perfil dos respondentes.....	41
3.2.1 População.....	41
3.2.2 Técnicos e gestores .....	42
3.3 Cobertura e acesso ao saneamento.....	44
3.3.1 Abastecimento de água .....	44
3.3.2 Esgotamento sanitário.....	46

3.3.3 Cobertura operacional da Cosama.....	47
3.3.4 Eficiência Operacional e Gestão.....	48
3.3.5 Pontos Positivos.....	49
3.5.1 Pontos Críticos.....	50
3.5.2 Percepção dos Gestores.....	50
3.5.3 Discussão Teórica.....	52
3.5.4 Relação com a Literatura.....	52
3.5.5 Conexão Com A Lei N° 11.445/2007 (Diretrizes Nacionais Do Saneamento Básico) .....	53
3.6 Conformidade Com A Portaria Gm/Ms 888/2021.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56
REFERÊNCIAS .....	57
APÊNDICE.....	60

## INTRODUÇÃO

O acesso universal e de qualidade aos serviços de saneamento básico constitui um dos pilares fundamentais para a promoção da saúde pública, da qualidade de vida e da sustentabilidade ambiental. De acordo com Heller e Castro (2007), o saneamento deve ser entendido não apenas como uma dimensão técnica, mas como um direito social diretamente vinculado ao bem-estar da coletividade. Apesar dos avanços institucionais proporcionados pelo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020), desigualdades persistem de forma significativas entre regiões, no que se refere à cobertura e à eficiência dos sistemas de abastecimento de água e de tratamento de esgoto. Esse cenário é ainda mais desafiador em localidades situadas em áreas remotas, como a Amazônia brasileira, e em especial em cidades de fronteira, onde a dinâmica socioeconômica, cultural e ambiental assume contornos complexos (Tucci, 2012).

A cidade de Benjamin Constant (AM), localizada no extremo oeste do Amazonas, na região conhecida como Alto Solimões, o município possui características únicas que influenciam diretamente a gestão de seus serviços públicos, presença de comunidades indígenas e ribeirinhas, as limitações de infraestrutura logística e o distanciamento em relação aos grandes centros urbanos configuram um contexto que dificulta a implementação e o monitoramento de políticas de saneamento. Nesse sentido, avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento de água e esgoto na região torna-se essencial para compreender os desafios e apontar caminhos de melhoria.

A problemática central deste estudo pode ser sintetizada na seguinte questão: Qual a eficiência dos sistemas de tratamento de água e esgoto na cidade de Benjamin Constant (AM), em relação às normativas técnicas e aos seus impactos na saúde pública e no meio ambiente, considerando as particularidades de uma região de fronteira? Os aspectos técnicos de operação e manutenção dos sistemas, mas também fatores sociais, econômicos e institucionais que influenciam a realidade local. De acordo com Philippi Jr. e Malheiros (2005), a ausência de serviços adequados de saneamento amplia os riscos de doenças de veiculação hídrica, impacta negativamente os indicadores de desenvolvimento humano e acentua desigualdades sociais. Em um município onde o acesso ao saneamento ainda é desigual e a vulnerabilidade social é elevada, compreender a qualidade da água distribuída e o destino dos efluentes sanitários é uma etapa fundamental para mensurar os riscos à saúde da população e os impactos ambientais decorrentes.

Para alcançar o propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos: 1. Avaliar a cobertura populacional do abastecimento de água e do tratamento de esgoto no município, identificando as áreas; 2. Caracterizar a qualidade da água tratada e do efluente dos sistemas de esgoto, conforme os padrões legais vigentes, analisando suas implicações para a saúde pública e para o meio ambiente; 3. Verificar a existência de políticas públicas, planos e instrumentos de gestão dos serviços de saneamento na cidade, a fim de compreender os desafios e as oportunidades de melhoria dos sistemas locais. O objetivo geral deste trabalho é analisar a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em Benjamin Constant (AM), com foco nos indicadores de cobertura, qualidade e impacto socioambiental, especialmente no contexto de uma região de fronteira.

A justificativa para a realização deste estudo reside na urgência de ampliar o debate acadêmico e técnico acerca da realidade sanitária das regiões de fronteira amazônicas. Segundo Heller (2018), a universalização do saneamento no Brasil não pode ser pensada de forma homogênea, mas deve considerar as especificidades territoriais, culturais e socioeconômicas de cada região. Ao contrário de grandes capitais e regiões metropolitanas, onde os investimentos em saneamento básico tendem a ser mais expressivos, municípios de pequeno e médio porte, afastados dos centros decisórios, enfrentam maiores dificuldades de implementação, fiscalização e financiamento de serviços (Silva, 2018). Além disso, em cidades fronteiriças, a circulação transnacional de pessoas e mercadorias amplia a vulnerabilidade epidemiológica e pressiona os serviços públicos locais, aumentando a necessidade de sistemas de água e esgoto eficientes e seguros.

No campo científico, este estudo contribui para a produção de conhecimento aplicado sobre saneamento em regiões de fronteira amazônicas, uma temática ainda pouco explorada pela literatura nacional (Machado & Heller, 2016). No campo social, a pesquisa oferece subsídios para gestores públicos e instituições locais na formulação de políticas mais eficazes e na priorização de investimentos em infraestrutura. Já no campo ambiental, ao analisar os impactos do lançamento de efluentes e a qualidade da água distribuída, o trabalho reforça a necessidade de compatibilizar o desenvolvimento regional com a preservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas amazônicos (ANA, 2021).

Portanto, a presente pesquisa pretende oferecer um retrato crítico da situação do saneamento em Benjamin Constant (AM), destacando suas especificidades fronteiriças e buscando contribuir para o fortalecimento da saúde pública, a proteção ambiental e a promoção da qualidade de vida da população amazônica.

## CAPÍTULO I

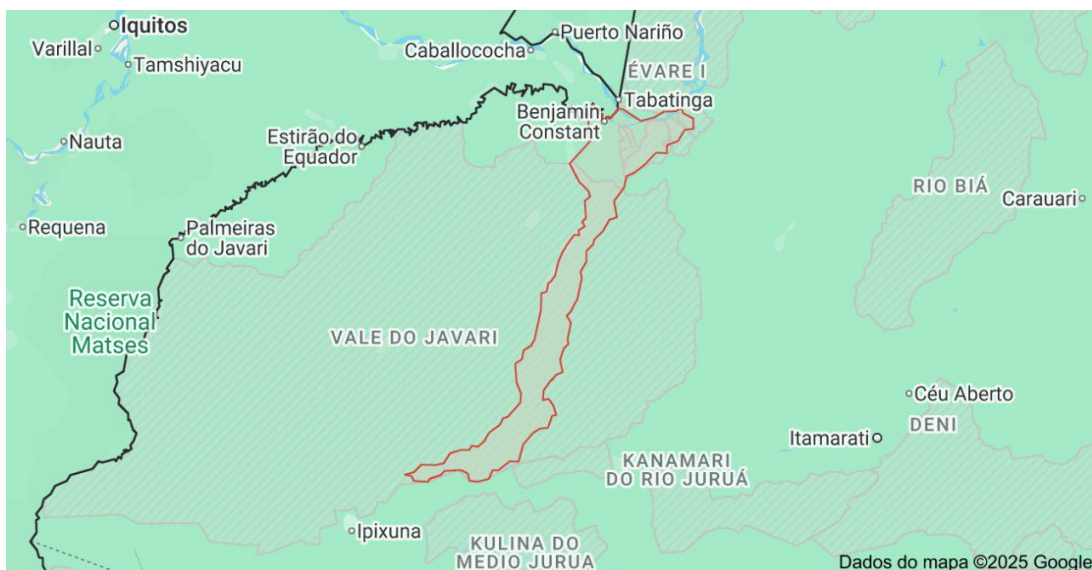
### 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 1.1 Contextualização geográfica e socioeconômica de Benjamin Constant (AM)

##### 1.1.1 Caracterização do município e da tríplice fronteira (Brasil–Peru–Colômbia)

O município de Benjamin Constant está localizado no extremo oeste do estado do Amazonas, integrando a mesorregião do Sudoeste Amazonense e a microrregião do Alto Solimões. Sua posição geográfica é singular, pois se insere na chamada região do Trapézio Amazônico, área estratégica formada pela confluência das fronteiras do Brasil, Peru e Colômbia. A área territorial do município é de aproximadamente 8.793 km<sup>2</sup>, caracterizada por relevo predominantemente plano, intercalado por várzeas férteis que sofrem inundações 18 periódicas em função do regime de cheias do rio Solimões. O clima é equatorial úmido, com temperaturas médias anuais em torno de 25 °C, e precipitação elevada, que condiciona o modo de vida das populações locais e o funcionamento das atividades econômicas (IBGE, 2012).

**Figura 1: Localização do município de Benjamin Constant na região do Trapézio Amazônico.**



Fonte: Google Maps

Essa configuração fronteira coloca o município em um contexto de intensa circulação de pessoas, mercadorias e culturas, influenciando diretamente sua dinâmica social, econômica e política (MONTEIRO, 2015).

A área territorial do município é de aproximadamente 8.793 km<sup>2</sup>, caracterizada por relevo predominantemente plano, intercalado por várzeas férteis que sofrem inundações periódicas em função do regime de cheias do rio Solimões. O clima é equatorial úmido, com temperaturas médias anuais em torno de 25 °C, e precipitação elevada, que condiciona o modo de vida das populações locais e o funcionamento das atividades econômicas (IBGE, 2012).

O acesso ao município se dá, majoritariamente, por via fluvial, com deslocamentos que podem durar até quatro dias a partir de Manaus. Essa condição geográfica evidencia um dos principais desafios logísticos enfrentados pela cidade: a distância e o isolamento em relação a grandes centros urbanos. Por outro lado, também reforça o papel do rio Solimões como “a principal via de integração física, econômica e cultural da região amazônica” (SILVA, 2018, p. 83).

Além do aspecto geográfico, Benjamin Constant assume relevância por estar situado em uma área de fronteira internacional, compartilhando dinâmicas socioeconômicas com os municípios vizinhos de Tabatinga (Brasil), Letícia (Colômbia) e Islândia (Peru). Essa interação transfronteiriça resulta em fluxos migratórios intensos e em relações comerciais e culturais que ultrapassam as barreiras nacionais, compondo uma identidade regional marcada pela diversidade (MONTEIRO, 2015).

### **1.1.2 Desafios de infraestrutura e serviços públicos em áreas de fronteira.**

A condição de município de fronteira, embora estratégica do ponto de vista geopolítico, impõe uma série de desafios estruturais a Benjamin Constant. A distância em relação à capital do estado e a limitação de acessos dificultam a oferta de serviços públicos de qualidade, em especial nas áreas de saúde, educação e saneamento básico. Conforme apontam Silva (2018) e Monteiro (2015), os municípios localizados no Trapézio Amazônico compartilham problemas comuns relacionados à ausência do Estado, à carência de investimentos e à dificuldade de integração com políticas públicas nacionais.

No campo da infraestrutura urbana, destaca-se a precariedade do sistema de abastecimento de água e tratamento de esgoto. Grande parte da população depende de soluções individuais ou coletivas rudimentares, como poços, fossas rudimentares e ligações irregulares, o que compromete a qualidade da água consumida e gera impactos negativos sobre a saúde pública. O lançamento de efluentes domésticos sem tratamento nos corpos hídricos locais agrava a contaminação do rio Solimões, que, paradoxalmente, é a principal fonte de abastecimento da população.

Outro ponto relevante diz respeito à fragilidade dos serviços de transporte e energia. O município ainda depende, em larga medida, de geradores termoelétricos para o fornecimento de energia, o que encarece o custo de vida e limita o desenvolvimento de atividades produtivas.

Além disso, a falta de infraestrutura adequada de transporte inviabiliza o escoamento eficiente da produção local, restringindo o potencial econômico da região (SILVA, 2018).

**Figura 2 – Sistema precário de esgotamento sanitário em comunidades ribeirinhas do Amazonas.**



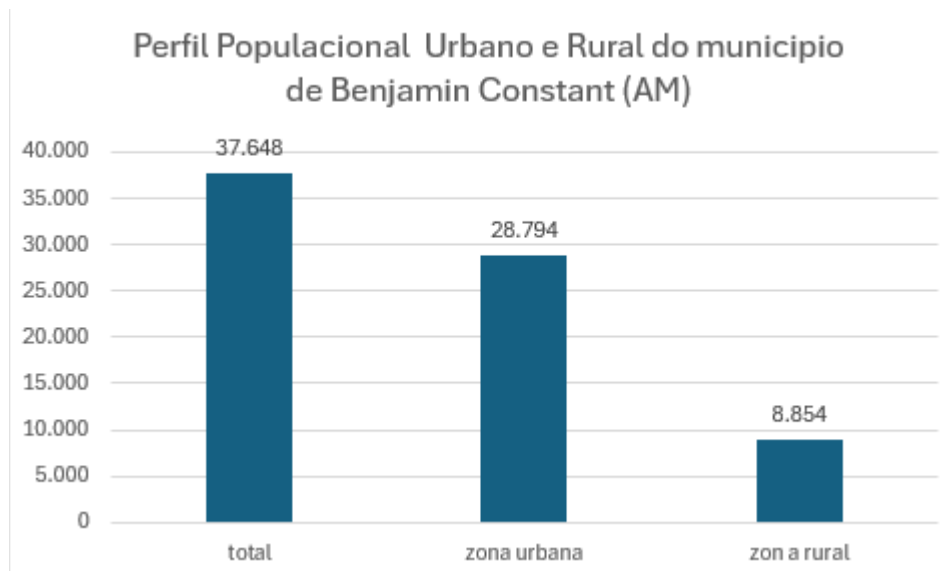
Fonte: Monteiro (2015)

Esses fatores se somam à complexidade da dinâmica de fronteira, onde questões como tráfico de drogas, contrabando e fluxos migratórios irregulares desafiam a atuação do poder público e intensificam os riscos sociais. Nesse contexto, a análise da eficiência dos serviços de saneamento básico em Benjamin Constant não pode ser dissociada da discussão mais ampla sobre as vulnerabilidades estruturais de municípios amazônicos de fronteira.

### 1.1.3 Perfil populacional e vulnerabilidades sociais.

De acordo com o Censo Demográfico de 2022, Benjamin Constant possuía uma população de 37.648 habitantes, sendo 28.794 residentes na zona urbana e 8.854 na zona rural (IBGE, 2012) como mostra a figura 3 onde são os dados mais recentes disponíveis encontrados. A população é marcada pela diversidade cultural, resultado da presença de diferentes etnias indígenas, entre as quais se destacam os Ticuna, além de comunidades ribeirinhas tradicionais e migrantes de países vizinhos como Peru, Colômbia e até mesmo Haiti. Essa composição heterogênea imprime ao município uma identidade multicultural, mas também gera desafios relacionados à inclusão social e à gestão de políticas públicas.

**Gráfico 1 – Perfil populacional urbano e rural do município de Benjamin Constant (AM)**



Fonte: IBGE (2022)

A presença de imigrantes em situação irregular, muitas vezes vivendo em condições precárias e inseridos em atividades informais, amplia as vulnerabilidades sociais locais. Monteiro (2015) observa que Benjamin Constant compartilha com Tabatinga um papel de “cidade de passagem”, acolhendo fluxos migratórios constantes e convivendo com práticas sociais que refletem tanto a integração cultural quanto a fragilidade institucional típica das fronteiras amazônicas.

Do ponto de vista socioeconômico, a região apresenta altos índices de pobreza e desigualdade, com significativa parcela da população carecendo de acesso adequado a saúde, educação e saneamento. Silva (2018) argumenta que as fronteiras amazônicas são caracterizadas por uma “ausência relativa do Estado”, o que se traduz na precariedade dos serviços básicos e na vulnerabilidade das populações locais frente a doenças de veiculação hídrica, violência e marginalização.

Essas condições estruturais e sociais reforçam a necessidade de estudos sobre a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto no município. A ausência de serviços adequados de saneamento não apenas compromete a saúde coletiva, mas também perpetua um ciclo de exclusão social e degradação ambiental, reforçando desigualdades históricas na região amazônica.

## **1.2 Conceitos fundamentais de saneamento básico**

O saneamento básico é um dos principais instrumentos de promoção da saúde pública, da qualidade de vida e da preservação ambiental. No Brasil, a noção de saneamento evoluiu significativamente nas últimas décadas, deixando de ser compreendida apenas como abastecimento de água ou coleta de resíduos sólidos e passando a ser entendida como um sistema integrado de serviços públicos essenciais. Esse avanço conceitual se consolidou especialmente com a Lei nº 11.445/2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o setor, e posteriormente com a Lei nº 14.026/2020, que atualizou o marco regulatório do saneamento básico.

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, o saneamento básico é constituído por quatro componentes: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). Essa definição demonstra que o setor não se restringe a serviços técnicos isolados, mas envolve um conjunto interdependente de ações que devem ser planejadas de forma integrada, a fim de atender tanto às demandas sociais quanto às necessidades ambientais.

Philippi Jr. e Malheiros (2005, p. 41) reforçam esse entendimento ao afirmarem que “o saneamento não pode ser visto apenas como uma atividade operacional, mas sim como uma política pública estratégica, diretamente ligada às condições de saúde coletiva e ao equilíbrio dos ecossistemas urbanos e rurais”. Tal perspectiva ressalta o papel do saneamento como vetor do desenvolvimento sustentável e da cidadania.

### **1.2.1 Fundamentos legais e o marco regulatório**

A aprovação da Lei nº 11.445/2007 representou um marco para o setor, uma vez que consolidou princípios fundamentais, como a universalização do acesso, a integralidade das ações e a transparência na gestão. Essa lei atribuiu aos municípios a responsabilidade de elaborar planos de saneamento básico, definindo metas, indicadores de qualidade e estratégias de financiamento.

Com a atualização trazida pela Lei nº 14.026/2020, o chamado Marco Legal do Saneamento estabeleceu metas ambiciosas: até 2033, 99% da população deverá ter acesso à água potável e 90% deverá ter coleta e tratamento de esgoto (BRASIL, 2020). Além disso, a legislação ampliou a participação da iniciativa privada, promoveu a regionalização dos serviços e buscou fortalecer os mecanismos de regulação, por meio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Esses dispositivos legais refletem a tentativa de superar o déficit histórico do setor. Ainda hoje, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), milhões de brasileiros não têm acesso a serviços adequados, o que perpetua desigualdades sociais e regionais.

Para Philippi Jr. e Malheiros (2005), esse cenário demonstra que o saneamento deve ser compreendido como direito humano fundamental, cuja efetivação depende de planejamento, financiamento e gestão articulada entre Estado, sociedade civil e iniciativa privada.

### 1.2.2 Dimensões do saneamento básico

Os quatro componentes definidos pela legislação brasileira apresentam especificidades que, somadas, permitem compreender a abrangência do conceito (BRASIL, 2020):

- **Abastecimento de água potável:** envolve atividades, instalações e infraestruturas que garantem a produção, a adução e a distribuição de água em condições seguras para o consumo humano. Além de atender à necessidade vital da população, o acesso à água potável é elemento estruturante para a dignidade humana.

- **Esgotamento sanitário:** refere-se à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequada dos esgotos domésticos. Sua ausência está diretamente ligada à proliferação de doenças de veiculação hídrica e à contaminação de solos e recursos hídricos.

- **Manejo de resíduos sólidos:** abrange o conjunto de ações destinadas à coleta, transporte, tratamento e destinação adequada de resíduos urbanos. Para Philippi Jr. e Malheiros (2005), a gestão dos resíduos deve priorizar práticas sustentáveis como a redução, a reutilização e a reciclagem, de modo a diminuir a pressão sobre os aterros e reduzir os impactos ambientais.

- **Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas:** envolve medidas voltadas ao controle de alagamentos e enchentes, além da mitigação de impactos relacionados à urbanização desordenada. Esse componente assume crescente relevância frente às mudanças climáticas, que aumentam a frequência e intensidade de eventos extremos.

Assim, o saneamento básico deve ser compreendido como um sistema integrado, no qual a eficácia de um componente depende do funcionamento adequado dos demais.

### 1.2.3 Relação com saúde pública e meio ambiente

Diversos estudos demonstram a relação direta entre saneamento, saúde pública e preservação ambiental. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que cada dólar investido em saneamento básico pode gerar até quatro dólares em economia para os sistemas de saúde, devido à redução de internações e tratamentos de doenças evitáveis.

No Brasil, essa relação é evidente em áreas onde os serviços são precários ou inexistentes. Para Philippi Jr. e Malheiros (2005, p. 63), “a carência de saneamento está associada à perpetuação de ciclos de pobreza, já que compromete a saúde, a produtividade econômica e a qualidade ambiental das comunidades”. A ausência de esgotamento sanitário, por exemplo, resulta na

contaminação dos rios e mananciais, reduzindo a disponibilidade de água de qualidade e agravando os impactos ambientais.

Além da dimensão sanitária, o saneamento é também questão de justiça social e territorial. A falta de cobertura em áreas periféricas e rurais reforça desigualdades, colocando populações vulneráveis em condições de risco constante. Nesse sentido, os marcos legais nacionais destacam a importância da universalização como princípio orientador das políticas públicas.

#### **1.2.4 Perspectivas e desafios**

Apesar dos avanços normativos, os desafios permanecem expressivos. O cumprimento das metas estabelecidas pelo Marco Legal de 2020 depende de investimentos robustos, de maior integração entre as políticas públicas e de estratégias eficazes de gestão nos municípios de pequeno e médio porte, onde as dificuldades logísticas e financeiras são maiores.

Philippi Jr. e Malheiros (2005) apontam que o saneamento deve ser considerado um instrumento de promoção da cidadania, pois sua ausência compromete direitos fundamentais, como saúde, educação e moradia digna. Nesse sentido, a efetividade das políticas de saneamento requer uma abordagem interdisciplinar, que una ciência, tecnologia, gestão pública e participação social.

O conceito de saneamento básico, ao longo do tempo, deixou de ser restrito a serviços pontuais para assumir uma perspectiva sistêmica, legalmente consolidada no Brasil pelas Leis nº 11.445/2007 e nº 14.026/2020. A articulação entre abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos e drenagem urbana configura um conjunto essencial para a promoção da saúde, a preservação ambiental e a justiça social.

No entanto, a distância entre a legislação e a realidade ainda é significativa, sobretudo em regiões periféricas e de fronteira. Assim, compreender os fundamentos do saneamento básico é essencial para avaliar a eficiência dos sistemas existentes e propor soluções que visem à universalização do acesso, em consonância com os princípios da equidade, da sustentabilidade e da cidadania.

### **1.3 Sistemas de tratamento de água.**

O acesso à água potável constitui um dos pilares essenciais para a saúde pública e a qualidade de vida da população. Nesse contexto, os sistemas de tratamento de água desempenham um papel fundamental, garantindo que a água captada de rios, lagos ou reservatórios seja adequada ao consumo humano, atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos por órgãos de

regulação. Segundo Heller e Castro (2007), o tratamento de água “não se limita a processos tecnológicos, mas integra princípios de saúde pública e gestão ambiental” (p. 102).

O tratamento de água envolve uma série de processos físicos, químicos e biológicos que visam a remoção de impurezas, microrganismos patogênicos e substâncias químicas indesejáveis. De acordo com Mara e Horan (2003), “os sistemas de tratamento convencionais buscam reduzir a turbidez, eliminar microrganismos patogênicos e controlar a presença de contaminantes químicos, de forma a tornar a água segura para o consumo humano”.

Entre os principais processos do tratamento de água, destacam-se a coagulação e floculação, a decantação, a filtração e a desinfecção. A coagulação consiste na adição de substâncias químicas, como sais de alumínio ou ferro, que promovem a aglomeração de partículas suspensas na água, formando flocos maiores que podem ser facilmente removidos posteriormente. Conforme Metcalf & Eddy (2014), “a floculação é um processo lento e controlado de agitação, que favorece a formação de flocos maiores e mais densos, facilitando a sedimentação subsequente”.

Após a formação dos flocos, a água segue para a etapa de decantação, onde os sólidos suspensos se depositam no fundo de tanques sedimentadores. Este processo físico permite reduzir significativamente a turbidez da água, diminuindo a carga de matéria particulada antes da filtração. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), “a sedimentação é um processo essencial no tratamento de água, pois reduz a carga de partículas e organismos que podem comprometer a eficiência da filtração e desinfecção subsequente”.

A filtração constitui a etapa seguinte, sendo responsável pela remoção de partículas remanescentes que não sedimentaram nos tanques. Normalmente, utilizam-se filtros de areia ou carvão ativado, que permitem a retenção de partículas finas, microrganismos e alguns compostos químicos dissolvidos. De acordo com Heller e Castro (2007), “a filtração não apenas melhora a qualidade física da água, mas também reduz o risco microbiológico, atuando como barreira complementar à desinfecção”.

A desinfecção é o último estágio do tratamento, destinado à eliminação de microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários. O cloro é o agente desinfetante mais utilizado, devido à sua eficácia e custo relativamente baixo. Segundo Mara e Horan (2003), “a cloração da água representa uma das medidas mais eficazes para prevenção de doenças de veiculação hídrica, incluindo cólera, disenteria e hepatite A”. Além do cloro, técnicas como ozonização e radiação ultravioleta têm sido empregadas para complementar a desinfecção, especialmente em sistemas de maior complexidade tecnológica.

Nos últimos anos, o conceito de tratamento integrado de água vem ganhando destaque, incorporando práticas de sustentabilidade e eficiência no uso de recursos. Conforme Metcalf &

Eddy (2014), “os sistemas modernos de tratamento buscam não apenas a potabilidade da água, mas também a redução do consumo de energia, a reutilização de subprodutos e a minimização de resíduos químicos”. Essa abordagem é especialmente relevante em regiões com escassez hídrica, onde a otimização dos processos é crucial para garantir a disponibilidade contínua de água segura.

Outro aspecto relevante é a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade da água tratada. A Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (2017) estabelece parâmetros físico-químicos e microbiológicos que devem ser constantemente avaliados para assegurar a potabilidade da água distribuída à população. Heller e Castro (2007) destacam que “a eficiência do tratamento de água depende não apenas da tecnologia empregada, mas também de sistemas de gestão que monitorem continuamente os parâmetros de qualidade, prevenindo riscos à saúde pública”.

Em síntese, os sistemas de tratamento de água constituem uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos cuidadosamente integrados para remover contaminantes e microrganismos, garantindo que a água fornecida à população seja segura. A evolução tecnológica, aliada à preocupação com sustentabilidade e gestão eficiente, tem permitido avanços significativos na qualidade e na confiabilidade desses sistemas, reafirmando o papel do saneamento básico como instrumento de promoção da saúde pública e da qualidade de vida (Mara & Horan, 2003; Metcalf & Eddy, 2014; OMS, 2017).

#### **1.4 Sistemas de tratamento de esgoto**

O tratamento de esgoto é um componente essencial do saneamento básico, sendo fundamental para a preservação da saúde pública, a proteção ambiental e a sustentabilidade dos recursos hídricos. Conforme Heller e Castro (2007), “o esgoto doméstico e industrial, quando lançado sem tratamento nos corpos hídricos, representa um dos maiores riscos para a saúde da população e para a integridade dos ecossistemas, podendo gerar epidemias e contaminação ambiental severa”.

Os sistemas de tratamento de esgoto são compostos por uma sequência de processos físicos, químicos e biológicos, que visam remover sólidos, matéria orgânica, nutrientes e microrganismos patogênicos presentes no efluente. De acordo com Mara e Horan (2003), “o tratamento de esgoto não se limita à remoção de poluentes, mas também deve considerar a recuperação de recursos, como a energia e os nutrientes, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a economia circular”.

Um sistema típico de tratamento de esgoto inicia-se com a gradeamento e desarenação, processos físicos que removem sólidos grosseiros e areia presentes no esgoto bruto. Isso evita danos e obstruções aos equipamentos subsequentes, garantindo a eficiência do sistema.

Segundo Metcalf & Eddy (2014), “a remoção inicial de sólidos grandes e areia é fundamental para proteger bombas, tubulações e tanques de sedimentação, reduzindo custos operacionais e evitando falhas mecânicas”.

Após essa etapa, o esgoto segue para os tanques de sedimentação primária, onde ocorre a separação de sólidos suspensos por decantação. Esse processo físico permite reduzir a carga de matéria orgânica antes do tratamento biológico. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) afirma que:

“A sedimentação primária é um passo essencial no tratamento de esgoto, pois permite a remoção significativa de sólidos suspensos e parte da matéria orgânica, diminuindo a carga sobre os processos biológicos subsequentes. Sem essa etapa, a eficiência do tratamento biológico seria comprometida, aumentando o risco de poluição dos corpos d’água receptores”.

A fase de tratamento biológico é o coração do sistema, sendo responsável pela degradação da matéria orgânica dissolvida no esgoto. Normalmente, utiliza-se o processo de lodos ativados, em que microrganismos consomem a matéria orgânica, convertendo-a em biomassa e gás carbônico. Segundo Heller e Castro (2007), “os sistemas biológicos representam a etapa mais crítica do tratamento de esgoto, pois garantem a redução de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), um indicador direto da poluição orgânica da água”.

Em algumas unidades, o tratamento biológico é seguido por processos de remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que podem provocar eutrofização nos corpos hídricos.

Conforme Metcalf & Eddy (2014), “a remoção de nitrogênio e fósforo em sistemas de esgoto é crucial para prevenir o crescimento excessivo de algas e a degradação da qualidade da água em rios, lagos e reservatórios”.

Após a fase biológica, o esgoto passa por sedimentação secundária, que separa os lodos biológicos formados no processo anterior. Uma parte desses lodos é reciclada para o sistema de lodos ativados, enquanto o excesso é destinado ao tratamento e disposição final. De acordo com Mara e Horan (2003), “o manejo adequado dos lodos gerados é tão importante quanto o tratamento do líquido, sendo necessária a estabilização, desidratação e disposição ambientalmente segura para evitar riscos à saúde e ao ambiente”.

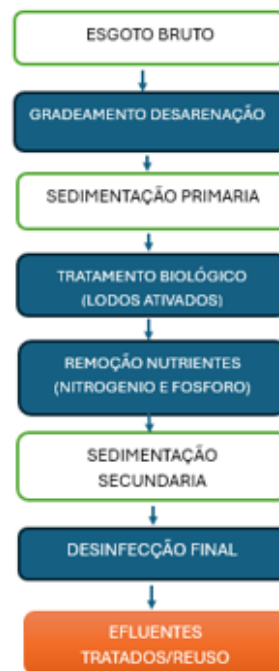
A desinfecção final representa a última etapa do tratamento de esgoto antes do lançamento no meio ambiente ou da reutilização. Este processo visa eliminar patógenos remanescentes, sendo o cloro, o ozônio e a radiação ultravioleta os agentes mais utilizados. A OMS (2017) destaca:

“A desinfecção final do esgoto tratado é fundamental para garantir a segurança sanitária, prevenindo a disseminação de doenças transmitidas por água. A escolha do agente desinfetante deve considerar a eficiência, o custo e a minimização de subprodutos tóxicos, assegurando que o efluente atenda aos padrões legais de qualidade ambiental”.

Nos últimos anos, os sistemas de tratamento de esgoto têm incorporado princípios de sustentabilidade e economia circular, incluindo a geração de biogás a partir da digestão anaeróbia de lodos, a recuperação de nutrientes e a reutilização de água tratada em atividades agrícolas ou industriais. Conforme Heller e Castro (2007), “os sistemas modernos de tratamento de esgoto devem ir além da remoção de poluentes, promovendo a recuperação de recursos e a minimização de impactos ambientais, contribuindo para um modelo de saneamento mais eficiente e sustentável”.

**Figura 3: Fluxograma Conceitual do Sistema de Tratamento de Esgoto**

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO



Fonte: Autora, 2025

Em resumo, os sistemas de tratamento de esgoto são estruturas complexas e integradas, compostas por etapas físicas, biológicas e químicas, que visam proteger a saúde pública e o meio ambiente. A evolução tecnológica, a regulamentação ambiental e o monitoramento contínuo são fundamentais para garantir a eficiência desses sistemas, reforçando o papel do saneamento básico

como instrumento de promoção da qualidade de vida e sustentabilidade ambiental (Mara & Horan, 2003; Metcalf & Eddy, 2014; OMS, 2017; Heller & Castro, 2007).

## **1.5 Saúde pública e saneamento: Interdependência e Impactos**

A interdependência entre saúde pública e saneamento básico é um tema central nas políticas públicas de saúde, especialmente em países em desenvolvimento. O saneamento básico, que inclui o abastecimento de água potável, o tratamento de esgoto e a gestão de resíduos sólidos, é essencial para a prevenção de doenças, promoção da saúde e melhoria da qualidade de vida. De acordo com Heller e Castro (2007), o saneamento deve ser entendido não apenas como uma dimensão técnica, mas também como um direito social diretamente vinculado ao bem-estar da coletividade, sendo um fator determinante na redução das desigualdades sociais e na promoção da equidade em saúde.

### **1.5.1 O Saneamento como Determinante Social da Saúde**

O acesso inadequado a serviços de saneamento básico está diretamente relacionado ao aumento de doenças infecciosas, como diarreia, cólera, febre tifoide e hepatite A. Além dos impactos imediatos sobre a saúde, a ausência de saneamento adequado influencia a produtividade, a escolaridade e a qualidade de vida das comunidades. Segundo Soares (2002),

"A compreensão das relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente revela-se um pressuposto fundamental para o planejamento de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Os programas de saneamento devem considerar não apenas a infraestrutura física, mas também a educação da população e a integração com políticas de saúde, visando à promoção de ambientes saudáveis e à prevenção de doenças evitáveis" (Soares, 2002).

Essa afirmação evidencia que o saneamento não é apenas uma questão de engenharia ou logística, mas sim uma política estratégica de saúde pública que impacta múltiplos determinantes sociais.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019) destaca que cada US\$ 1 investido em saneamento resulta em uma economia de aproximadamente US\$ 5,5 em custos com saúde e produtividade, reforçando a importância de políticas preventivas que integrem saneamento e saúde pública.

### **1.5.2 Impactos Econômicos e Sociais.**

Investimentos em saneamento básico não apenas melhoram a saúde da população, mas também geram benefícios econômicos e sociais de longo prazo. Salla (2019) afirma que

"Os custos com tratamentos de doenças relacionadas à falta de saneamento são elevados e poderiam ser significativamente reduzidos com a implementação de políticas eficazes de saneamento básico. Além disso, a prevenção de doenças contribui para a melhoria da produtividade das comunidades, diminuição do absenteísmo escolar e maior inclusão social, tornando o saneamento um componente essencial do desenvolvimento sustentável" (Salla, 2019).

Os impactos econômicos não se restringem ao setor de saúde; comunidades com melhor infraestrutura de saneamento apresentam maior qualidade de vida, valorização imobiliária e redução de desigualdades sociais. Nesse sentido, o saneamento contribui diretamente para o desenvolvimento humano, sendo um pilar do desenvolvimento sustentável.

### **1.5.3 Desafios no Brasil.**

Apesar dos avanços legais e institucionais, a situação do saneamento básico no Brasil ainda é preocupante. Massa (2020) afirmam que

"As capitais brasileiras apresentam desigualdades significativas no acesso aos serviços de saneamento, refletindo em disparidades na saúde autoavaliada da população. Enquanto áreas centrais possuem cobertura de água e esgoto acima de 90%, regiões periféricas e rurais apresentam índices inferiores a 50%, evidenciando a necessidade urgente de políticas públicas direcionadas à universalização desses serviços" (Massa, 2020).

Essa desigualdade evidencia a urgência de políticas de saneamento integradas à saúde pública, que considerem as condições sociais e econômicas locais. Sem medidas efetivas, persistem os riscos de epidemias, agravamento da mortalidade infantil e aumento da vulnerabilidade social.

A urbanização acelerada, a expansão irregular de cidades e a escassez de investimentos históricos contribuem para que milhões de brasileiros ainda vivam sem acesso a água potável e esgotamento sanitário adequado, comprometendo a saúde pública e dificultando o desenvolvimento socioeconômico.

### **1.5.4 Políticas Públicas e Sustentabilidade**

A implementação de políticas públicas eficazes e sustentáveis é crucial para a melhoria do saneamento básico. Borja (2014) observa que:

"A política de saneamento no Brasil vem experimentando um novo ciclo com o marco legal, regulatório e institucional, bem como a retomada dos investimentos. No entanto, para que tais políticas sejam efetivas, é necessário que se garantam recursos financeiros, governança local e educação da população, além de medidas que considerem a preservação ambiental e o uso racional dos recursos hídricos" (Borja, 2014).

Essa abordagem integrada mostra que o saneamento deve ser tratado como uma política estratégica de saúde pública, capaz de reduzir desigualdades e promover desenvolvimento sustentável.

A relação entre saúde pública e saneamento básico é indiscutível. Investimentos em infraestrutura de saneamento são fundamentais para a promoção da saúde, prevenção de doenças, melhoria da qualidade de vida e redução das desigualdades sociais. A literatura aponta que políticas integradas, sustentáveis e adaptadas à realidade local são essenciais para alcançar resultados efetivos. É imperativo que governos, sociedade civil e setor privado trabalhem juntos para garantir o acesso universal e equitativo a serviços de saneamento, consolidando-o como um direito fundamental e como ferramenta estratégica de promoção da saúde pública.

O Governo do Estado do Amazonas, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SDS, os Municípios do Estado do Amazonas, através da Associação Amazonense de Municípios – AAM conceberam o Programa de Apoio à Elaboração dos Planos Municipais de Saneamento e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios do Estado do Amazonas – PLAMSAN. Desde o ano 2000, um processo de devolução, aos municípios do interior, dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, até então a cargo da Companhia de Saneamento do Amazonas – COSAMA.

Em relação aos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos, no Estado do Amazonas, as Prefeituras Municipais são, predominantemente, responsáveis por sua administração e operação. A partir da promulgação da Lei no 11.445/07, de 5 de janeiro de 2007, que institui a Política Nacional de Saneamento Básico, regulamentada pelo Decreto no 7.217/10 de 21 de junho de 2010 e da Lei no 12.305/10, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada pelo Decreto no 7.404/10, de 23 de dezembro de 2010, os titulares dos serviços de saneamento se obrigam a elaborar os Planos Municipais de Saneamento Básico e os Planos Municipais de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos.

## **1.6 Impactos ambientais do saneamento inadequado.**

O saneamento inadequado constitui um dos principais fatores de degradação ambiental e apresenta impactos significativos sobre a qualidade da água, do solo, da biodiversidade e da saúde

pública. A ausência de sistemas eficientes de coleta e tratamento de esgoto, associada à má gestão de resíduos sólidos e à escassez de água potável, provoca poluição de rios, lagos e aquíferos, comprometendo a sustentabilidade dos ecossistemas e a disponibilidade de recursos naturais para as populações humanas.

Segundo Souza e Oliveira (2018), "a descarga de esgoto sem tratamento em rios e lagos resulta em alterações significativas na qualidade da água, aumento da concentração de nutrientes e de patógenos, comprometendo o equilíbrio ecológico e a capacidade de uso desses recursos para abastecimento humano, irrigação e recreação. Além disso, a contaminação do solo por resíduos líquidos e sólidos afeta a fertilidade e a capacidade de suporte dos ecossistemas terrestres" (Souza & Oliveira, 2018). Dessa forma, os impactos do saneamento inadequado não se limitam à poluição química, mas incluem a introdução de microrganismos patogênicos que afetam diretamente a saúde das populações e a integridade dos ecossistemas.

A degradação ambiental provocada pelo saneamento precário afeta também a biodiversidade. Ribeiro (2020) afirmam que "a contaminação de áreas naturais por esgoto doméstico e industrial provoca alterações na composição química e biológica dos ecossistemas, resultando em perda de espécies sensíveis, alterações na cadeia alimentar e desequilíbrios ecológicos que podem persistir por décadas. As consequências incluem não apenas a redução da biodiversidade, mas também a diminuição da capacidade dos ecossistemas de fornecer serviços ambientais essenciais" (Ribeiro et al., 2020). Isso evidencia que a poluição causada pelo saneamento inadequado compromete diretamente a resiliência ecológica, dificultando a recuperação de habitats naturais e ameaçando espécies nativas.

Além dos impactos na água e na biodiversidade, o saneamento inadequado contribui para a poluição atmosférica. A decomposição de resíduos sólidos e líquidos em condições inadequadas gera emissões de gases de efeito estufa, odores e microrganismos patogênicos transportados pelo ar.

Lima e Santos (2017) destacam que "a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e a ausência de tratamento de efluentes líquidos contribuem para a emissão de gases como metano e dióxido de carbono, além da propagação de patógenos que podem ser transportados pelo ar, aumentando o risco de doenças respiratórias e de infecções gastrointestinais, evidenciando o vínculo entre saneamento e qualidade ambiental" (Lima & Santos, 2017). Esse efeito mostra que o saneamento precário não compromete apenas os recursos naturais, mas também atua de forma indireta na saúde humana, ampliando a vulnerabilidade das comunidades a doenças relacionadas ao meio ambiente.

As consequências socioambientais do saneamento inadequado são igualmente relevantes. Comunidades que vivem próximas a rios e áreas contaminadas enfrentam maior incidência de

doenças, limitações econômicas e redução da qualidade de vida. Salla (2019) indica que "em regiões onde o saneamento é precário, observa-se aumento da mortalidade infantil, propagação de doenças infecciosas e diminuição da produtividade econômica, refletindo a estreita relação entre degradação ambiental e vulnerabilidade social" (Salla, 2019). Esse cenário evidencia a importância de políticas integradas que combinem infraestrutura, educação ambiental e gestão eficiente de recursos, visando reduzir desigualdades e proteger tanto o meio ambiente quanto a saúde pública.

A adoção de políticas públicas eficazes é essencial para mitigar os impactos ambientais do saneamento inadequado. Borja (2014) afirma que "a política de saneamento deve contemplar estratégias de sustentabilidade ambiental, incluindo o tratamento adequado de esgoto, a gestão eficiente de resíduos sólidos e a preservação de corpos hídricos, garantindo não apenas a saúde pública, mas também a proteção dos recursos naturais para as gerações futuras" (Borja, 2014). Assim, o planejamento de saneamento precisa ser integrado às estratégias ambientais, promovendo o uso racional da água, a recuperação de ecossistemas degradados e a prevenção da poluição.

Portanto, os impactos ambientais do saneamento inadequado são profundos e multifacetados, afetando diretamente a água, o solo, a biodiversidade, a atmosfera e as condições socioeconômicas das populações. A literatura evidencia que a degradação causada por sistemas precários compromete a capacidade dos ecossistemas de fornecer serviços essenciais e coloca em risco a saúde humana. Investimentos em saneamento adequado, aliados a políticas de educação ambiental e sustentabilidade, são fundamentais para mitigar esses impactos e promover a integração entre saúde pública e preservação ambiental, garantindo o desenvolvimento sustentável e a equidade social.

### **1.7 Políticas públicas, governança e regulação**

As políticas públicas, a governança e a regulação constituem elementos fundamentais para o desenvolvimento sustentável e eficiente dos serviços de saneamento básico, da saúde pública e da proteção ambiental. A formulação de políticas públicas eficazes permite definir prioridades, direcionar recursos e implementar estratégias que garantam o acesso universal e de qualidade aos serviços essenciais. Além disso, uma governança sólida assegura a participação de diferentes atores sociais, transparência nas decisões e eficiência na gestão dos recursos públicos. Segundo Borja (2014),

"A efetividade das políticas públicas em saneamento depende não apenas do estabelecimento de normas e investimentos em infraestrutura, mas também da capacidade institucional de governança, da coordenação entre diferentes níveis de governo e da participação da sociedade civil na definição e no monitoramento de metas. A regulação e o controle social são componentes essenciais para garantir que os serviços sejam prestados de forma adequada, segura e equitativa" (Borja, 2014).

Dessa forma, políticas públicas, governança e regulação não são processos isolados, mas sim partes de um sistema integrado que visa assegurar o cumprimento dos direitos fundamentais à saúde e ao saneamento.

A governança no setor de saneamento envolve múltiplos níveis de atuação, incluindo governos federal, estadual e municipal, empresas públicas e privadas, organizações não governamentais e a sociedade civil organizada. A integração entre esses atores permite a definição de estratégias que considerem as especificidades locais, promovendo soluções mais eficientes e sustentáveis. De acordo com Heller e Castro (2007),

"A governança em saneamento deve ser entendida como um processo dinâmico e participativo, no qual a articulação entre governos, setor privado e sociedade civil possibilita a implementação de políticas públicas mais eficazes, o monitoramento contínuo dos serviços prestados e a accountability em relação à utilização dos recursos. Sem mecanismos claros de governança, os investimentos em infraestrutura podem se tornar ineficazes, comprometendo tanto a saúde pública quanto a sustentabilidade ambiental" (Heller & Castro, 2007).

A regulação, por sua vez, é um instrumento essencial para garantir que os serviços prestados atendam a padrões mínimos de qualidade, eficiência e sustentabilidade. A função regulatória inclui a definição de normas técnicas, fiscalização do cumprimento das obrigações e aplicação de penalidades em casos de não conformidade. Conforme destaca Salla (2019),

"A regulação no setor de saneamento deve assegurar a universalização dos serviços, a transparência na gestão financeira, a sustentabilidade econômica das prestadoras e a proteção dos direitos dos usuários. Uma regulação efetiva contribui para a redução de desigualdades, melhora a qualidade do serviço e promove a confiança da população nas instituições responsáveis" (Salla, 2019).

No contexto brasileiro, a Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, representa um marco fundamental na política pública do setor, definindo responsabilidades dos diferentes níveis de governo e estabelecendo princípios de regulação, planejamento e financiamento. O Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) veio reforçar essa estrutura, promovendo a universalização do saneamento, a competitividade entre prestadoras e maior segurança jurídica para investidores e usuários. Massa et al. (2020) destacam que

"A implementação do Novo Marco Legal representa uma oportunidade histórica para melhorar a governança do saneamento no Brasil, ampliando a regulação, fortalecendo os mecanismos de fiscalização e incentivando investimentos privados em regiões historicamente desassistidas. O desafio consiste em articular políticas públicas de forma que garantam o acesso universal, a eficiência dos serviços e a proteção ambiental" (Massa et al., 2020).

Além de estabelecer normas e diretrizes, a regulação deve promover mecanismos de controle social, permitindo que a população participe ativamente do monitoramento da qualidade dos serviços. Isso fortalece a accountability, reduz irregularidades e aumenta a confiança da sociedade nas instituições públicas. Segundo Borja (2014),

"O engajamento da sociedade civil na regulação é essencial para que as políticas públicas cumpram seus objetivos. A participação popular não apenas permite identificar falhas e oportunidades de melhoria, como também promove a transparência e legitima as decisões governamentais, fortalecendo a governança e garantindo que os investimentos resultem em benefícios reais para a população" (Borja, 2014).

Portanto, políticas públicas, governança e regulação são elementos indissociáveis para o desenvolvimento sustentável dos serviços de saneamento e para a promoção da saúde pública. A eficiência desses instrumentos depende da integração entre diferentes níveis de governo, da participação ativa da sociedade civil e da aplicação de normas técnicas que assegurem a qualidade, a equidade e a sustentabilidade dos serviços.

A literatura evidencia que países e regiões que conseguem articular de forma efetiva esses três elementos apresentam mais bem resultados na cobertura de saneamento, na saúde da população e na preservação ambiental.

Dessa forma, investir em governança, regulamentação eficiente e formulação de políticas públicas bem estruturadas é crucial para enfrentar os desafios do setor, promover a universalização dos serviços e assegurar que os recursos públicos sejam aplicados de forma eficaz e sustentável.

## **1.8 Saneamento em regiões de fronteira amazônica**

O saneamento em regiões de fronteira amazônica apresenta desafios singulares, decorrentes da combinação de fatores geográficos, sociais, econômicos e institucionais. A vastidão territorial, a dispersão populacional, a limitada infraestrutura de transporte e comunicação, bem como a diversidade cultural e étnica das comunidades, tornam a prestação de serviços de saneamento uma tarefa complexa. Nessas áreas, a ausência de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, e manejo adequado de resíduos sólidos compromete não apenas a saúde da população, mas também a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico local. Segundo Heller e Castro (2007),

"O desafio do saneamento em regiões amazônicas não se limita à construção de infraestrutura. É necessário considerar a heterogeneidade cultural, a mobilidade populacional, a vulnerabilidade social e os impactos ambientais. As políticas de saneamento devem integrar soluções tecnológicas apropriadas às condições locais, promover a participação comunitária e articular diferentes níveis de governo, de modo a assegurar que os serviços atendam efetivamente às necessidades das populações, respeitando o meio ambiente e as práticas tradicionais" (Heller & Castro, 2007).

Essa realidade evidencia que o saneamento na fronteira amazônica não pode ser tratado como um simples problema técnico, mas requer abordagens integradas que considerem fatores sociais, ambientais e institucionais.

A precariedade do saneamento nessas regiões está diretamente relacionada à incidência de doenças de veiculação hídrica, como diarreia, malária e hepatite A, que afetam principalmente crianças e populações indígenas. Souza e Oliveira (2018) afirmam que:

"A falta de infraestrutura básica em áreas remotas da Amazônia resulta em contaminação generalizada de rios e igarapés utilizados para consumo doméstico e pesca, aumentando a vulnerabilidade das comunidades a doenças infecciosas e comprometendo a segurança alimentar e hídrica. A ausência de sistemas adequados de coleta e tratamento de esgoto e de gestão de resíduos sólidos agrava os riscos à saúde e à preservação ambiental, tornando indispensável a implementação de políticas públicas adaptadas à realidade local" (Souza & Oliveira, 2018).

Portanto, os impactos do saneamento inadequado nessas áreas são simultaneamente sanitários, ambientais e sociais, exigindo respostas integradas e coordenadas. A governança e a regulação são elementos essenciais para enfrentar os desafios do saneamento na fronteira amazônica. A dispersão geográfica e a limitada presença institucional dificultam a fiscalização e a implementação de políticas públicas eficazes. Massa et al. (2020) destacam que

"Em regiões de fronteira e de difícil acesso na Amazônia, a governança do saneamento enfrenta desafios logísticos, financeiros e institucionais, exigindo a articulação entre diferentes níveis de governo, organizações não governamentais e comunidades locais. A participação comunitária é crucial para a identificação de prioridades, a adaptação de tecnologias apropriadas e o monitoramento dos serviços, garantindo que as políticas públicas tenham eficácia e sustentabilidade" (Massa et al., 2020).

Nesse contexto, a integração entre políticas públicas, financiamento adequado, regulação e engajamento social se mostra imprescindível para superar a precariedade histórica e alcançar a universalização dos serviços de saneamento.

A implementação de tecnologias apropriadas, muitas vezes diferentes daquelas utilizadas em centros urbanos, é outra questão relevante. O uso de soluções descentralizadas, como sistemas de tratamento de água simplificados, fossas sépticas adaptadas e compostagem de resíduos, tem se mostrado eficiente em comunidades isoladas. Salla (2019) observa que

"As soluções tecnológicas para o saneamento em regiões remotas devem levar em consideração a logística, os recursos disponíveis e o contexto socioambiental. Sistemas descentralizados de tratamento de água e esgoto podem oferecer benefícios significativos, promovendo saúde pública, preservação ambiental e sustentabilidade financeira, especialmente em localidades onde a infraestrutura tradicional é inviável ou de difícil manutenção" (Salla, 2019).

Além disso, a preservação ambiental é uma preocupação central, uma vez que os ecossistemas amazônicos desempenham papel crucial na regulação climática global, na manutenção da biodiversidade e na provisão de serviços ecossistêmicos essenciais. A contaminação de rios e solos não compromete apenas a saúde humana, mas também a integridade dos ecossistemas, evidenciando a necessidade de políticas integradas de saneamento e conservação ambiental. Ribeiro (2020) destacam que

"A implementação de serviços de saneamento inadequados em áreas ecologicamente sensíveis da Amazônia leva a impactos prolongados sobre a biodiversidade, a qualidade da água e os serviços ecossistêmicos. A integração de políticas de saneamento com estratégias de proteção ambiental é essencial para minimizar os danos e garantir a sustentabilidade das comunidades que dependem diretamente desses recursos" (Ribeiro, 2020).

Em suma, o saneamento em regiões de fronteira amazônica requer políticas públicas específicas, governança articulada e regulação eficiente, apoiadas por tecnologias apropriadas e participação comunitária. A complexidade territorial, social e ambiental dessas áreas demanda abordagens inovadoras e integradas, capazes de atender às necessidades das populações, preservar os ecossistemas e promover desenvolvimento sustentável.

A literatura demonstra que investimentos em infraestrutura adaptada, educação ambiental e governança participativa são fundamentais para reduzir os impactos de um saneamento inadequado e garantir a melhoria contínua das condições de vida nas regiões de fronteira amazônica.

## **CAPÍTULO II 2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

### **2.1 Metodologia**

Este estudo de caso adotou uma abordagem exploratória e descritiva para analisar a eficiência dos sistemas de água e esgoto em Benjamin Constant, AM. Segundo Gil (2010, p. 43), "As pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e permitindo o desenvolvimento de hipóteses, sendo indicadas quando se busca compreender fenômenos pouco estudados ou complexos."

Foram utilizados dados secundários, provenientes de relatórios oficiais, normas técnicas e documentos legais, além de entrevistas semiestruturadas com gestores e líderes comunitários, e visitas técnicas às estações de tratamento, pela COSAMA (companhia de saneamento do Amazonas) e SEMAS (secretaria de meio ambiente) Yin (2015, p. 36) ressalta que "O estudo de caso é uma estratégia metodológica adequada para investigar fenômenos contemporâneos dentro

de seu contexto real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas, permitindo uma análise detalhada e profunda."

A cobertura populacional foi avaliada a partir de dados do IBGE e da Secretaria Municipal de Saúde, enquanto a qualidade da água e do efluente foi analisada conforme os parâmetros legais vigentes, considerando os impactos na saúde pública e no meio ambiente. De acordo com Heller e Castro (2007),

"A avaliação da eficiência dos serviços de saneamento deve contemplar tanto aspectos técnicos quanto socioambientais, garantindo que os padrões legais e sanitários sejam atendidos e que os efeitos sobre a população e o meio ambiente sejam minimizados."

Além disso, foram examinadas políticas públicas e mecanismos de governança para identificar desafios e oportunidades de melhoria dos serviços. Lakatos e Marconi (2010, p. 198) afirmam que "A análise descritiva permite mapear e organizar dados de forma sistemática, facilitando a compreensão das características e relações entre os elementos estudados, sem a interferência direta do pesquisador sobre os objetos de estudo."

Os dados coletados foram tratados por meio de análise descritiva e qualitativa, integrando aspectos técnicos, socioambientais e institucionais dos serviços de saneamento, de modo a oferecer uma visão abrangente sobre a eficiência dos sistemas de água e esgoto na cidade de Benjamin Constant, Segundo Gil (2010, p. 43),

"As pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e permitindo o desenvolvimento de hipóteses, sendo indicadas quando se busca compreender fenômenos pouco estudados ou complexos."

A cobertura populacional foi avaliada a partir de dados do IBGE e da Secretaria Municipal de Saúde, enquanto a qualidade da água e do efluente foi analisada conforme os parâmetros legais vigentes, considerando os impactos na saúde pública e no meio ambiente. De acordo com Heller e Castro (2007),

"A avaliação da eficiência dos serviços de saneamento deve contemplar tanto aspectos técnicos quanto socioambientais, garantindo que os padrões legais e sanitários sejam atendidos e que os efeitos sobre a população e o meio ambiente sejam minimizados."

## 2.2 Natureza Da Pesquisa

O enfoque aplicado se justifica pelo objetivo de gerar conhecimento que possa ser utilizado na melhoria prática dos serviços de saneamento, promovendo maior cobertura, qualidade da água e do efluente, além de reduzir os impactos negativos na saúde pública e no meio ambiente.

Além disso, a natureza descritiva da pesquisa possibilita mapear a situação atual dos serviços, avaliando indicadores de cobertura populacional, qualidade da água e dos efluentes, e identificando lacunas em políticas públicas e na gestão do saneamento local.

Dessa forma, o estudo contribui tanto para o conhecimento acadêmico, ao sistematizar informações sobre saneamento em regiões de fronteira, quanto para o planejamento e aprimoramento de estratégias que promovam sustentabilidade ambiental e saúde pública em Benjamin Constant, AM.

## 2.3 Tipo Da Pesquisa

A pesquisa desenvolvida caracteriza-se como um estudo de caso, de natureza exploratória e descritiva, voltado à análise da eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em Benjamin Constant, AM. Conforme Yin (2015, p. 37),

"O estudo de caso é apropriado quando se pretende compreender fenômenos complexos em seu contexto real, permitindo investigar tanto os processos quanto os resultados de forma detalhada e aprofundada."

O estudo combina abordagem qualitativa e quantitativa, integrando a análise de dados técnicos, socioambientais e institucionais. A dimensão qualitativa envolve entrevistas semiestruturadas com gestores e representantes comunitários, bem como a análise de políticas públicas e mecanismos de governança, possibilitando compreender desafios, lacunas e oportunidades na prestação dos serviços de saneamento. Já a dimensão quantitativa contempla a análise de indicadores de cobertura populacional, qualidade da água e do efluente, conforme parâmetros legais, permitindo verificar a eficiência operacional dos sistemas de saneamento em relação às normativas técnicas e aos impactos sobre a saúde pública e o meio ambiente. Segundo Gil (2010, p. 43),

"As pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema estudado, permitindo a identificação de variáveis relevantes e o desenvolvimento de soluções ou melhorias aplicáveis à realidade."

Dessa forma, a pesquisa não apenas descreve a situação atual dos sistemas de saneamento em Benjamin Constant, mas também contribui para a proposição de melhorias práticas e políticas, integrando aspectos técnicos, socioambientais e institucionais, especialmente no contexto desafiador de uma região de fronteira amazônica.

## **2.4 Técnicas Da Pesquisa**

Para a realização deste estudo, foram adotadas diversas técnicas de pesquisa que possibilitam uma análise integrada da eficiência dos sistemas de água e esgoto em Benjamin Constant, AM. Inicialmente, utilizou-se a pesquisa documental, por meio da análise de relatórios oficiais, normas técnicas, legislações vigentes e publicações científicas, permitindo identificar parâmetros de cobertura, qualidade e impacto socioambiental dos serviços de saneamento (Gil, 2010).

Complementarmente, aplicou-se a pesquisa de campo, elaborada a partir da carência sanitária visivelmente explícita que a população vive esperando pelo saneamento. Se há abastecimento de água diário, esgotamento sanitário e/ou prestação destes serviços,

Também foram realizadas visitas técnicas às estações de tratamento de água e esgoto, com o objetivo de observar diretamente os processos operacionais, métodos de tratamento e monitoramento da qualidade da água e dos efluentes, permitindo avaliar a eficiência dos sistemas em relação aos padrões legais e normativos (Heller & Castro, 2007).

Os dados coletados foram organizados e tratados por meio de análise descritiva, para avaliação de indicadores de cobertura e qualidade, e análise qualitativa de conteúdo, aplicada às entrevistas e documentos oficiais, possibilitando identificar problemas, desafios, oportunidades e boas práticas na gestão do saneamento municipal (Lakatos & Marconi, 2010).

Dessa forma, a combinação de técnicas documentais, entrevistas e observação direta garantiu uma abordagem abrangente, integrando informações técnicas, socioambientais e institucionais, essenciais para avaliar a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em uma região de fronteira, como Benjamin Constant, AM, fronteira.

a) Apresentou-se um questionário para a população em escala Likert - Benjamin Constant, AM composto por 14 questões: A elaboração do instrumento e seleção de pesquisa deu-se para o contexto a seguinte sequência: Seção 1: Dados demográficos, Seção 2: Cobertura e acesso aos serviços, Seção 3: qualidade da água e satisfação, Seção 4: percepção sobre políticas e melhorias.

b) entrevista semiestruturada- gestores e profissionais: Seção 1: Perfil Entrevistado, Seção 2: Cobertura e Operação, Seção 3: Qualidade e Eficiência Operacional, Seção 4: Políticas e Gestão e desafios, (2 gestores, com formação na Universidade do Amazonas- Geografia-UEA) e

Engenharia civil (UFAM) 2 técnicos de laboratório-CETAM, técnicos administrativos), todos com mais de 10 anos de serviço.

c) a entrevista com as 15 dimensões e suas descrições foram entregues na forma de questionário para que, analisadas cada dimensão, notas dispostas na forma de uma escala de fossem atribuídas para cada uma, de acordo com as percepções dos entrevistados acerca da contribuição e clareza comum que poderiam ser aplicadas para mensurar a eficiência e qualidade da água na captação e abastecimento.

d) as notas de cada dimensão foram tabuladas e as 4 dimensões com maiores medias foram escolhidas para compor o instrumento final da coleta. O objetivo desta etapa foi definir as dimensões de captação de água e tratamento na rede de esgoto, comporiam o instrumento final de pesquisa e que mais se aplicavam ao contexto de aplicação.

### **Quadro 01 – Escala e modelo para preenchimento das respostas**

#### **Escala Likert frequência 3**

<b>Pontuação</b>	<b>Frequência</b>
<b>1</b>	Raramente
<b>2</b>	Intermitente
<b>3</b>	Diariamente

Fonte: Adaptado de Likert (1932)

## **2.5 Divulgação e aplicação da pesquisa**

O período utilizado para a entrega e recebimento dos questionários de validação das dimensões foi de 8/10/2025 até 18/10/2025 e 23/10/2025 até 18/11/2025 (última data) para o questionário final, e apresentou, em ambos os casos, um meio retorno (60%), evidenciando o interesse e participação dos avaliados na pesquisa, gratificando desta forma pesquisadores, mas ainda assim enfrentando obstáculos para obter mais informações dos órgãos responsáveis, foi possível obter o resultado esperado.

Foram selecionados como respondentes da pesquisa os usuários da rede de abastecimento e saneamento básico, técnicos usuários e Gestores das respectivas secções envolvidas diretamente no processo de produção de resultados, ao total de 143 entrevistados, dentre os 10 bairros, Coimbra (15 entrevistados) Centro (18 entrevistados) Cohaban (10 entrevistados) , Umarizal (6 entrevistados) , Cidade nova (50 entrevistados 10 de cada rua) , Bom jardim (16 entrevistados),

Colônia (10 entrevistados) , Filadélfia (6 entrevistados), Santo Antônio (6 entrevistados ), Porto cordeirinho (6 entrevistados ).

## 2.6 Sujeito Da Pesquisa

O sujeito da pesquisa consiste na população usuários e não usuários do sistema de abastecimento, de baixa renda, acima dos 25 anos, bairros menos assistidos pelos órgãos responsáveis pelo saneamento, incluindo tanto os usuários dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto quanto os gestores e profissionais responsáveis pela operação e planejamento dos serviços de saneamento COSAMA E SEMAS. Essa escolha se justifica pela necessidade de compreender a eficiência dos sistemas de saneamento a partir de múltiplas perspectivas: técnica, institucional e social (Gil, 2010).

Foram considerados também representantes comunitários, líderes locais e técnicos das estações de tratamento de água e esgoto, de modo a identificar desafios na prestação dos serviços, lacunas na cobertura e percepções sobre a qualidade da água e do efluente. Segundo Yin (2015), "O estudo de caso permite explorar detalhadamente fenômenos complexos em contextos reais, considerando os diferentes atores envolvidos e suas interações com o objeto de estudo."

Dessa forma, os sujeitos eleitos da pesquisa foram representantes de bairros e pessoas mais antigas a residirem nos bairros, fornecerem informações essenciais para avaliar os indicadores de cobertura populacional, a qualidade da água e dos efluentes, e a eficiência da gestão e das políticas públicas relacionadas ao saneamento, a partir da problemática vivida por eles contribuindo para compreender os impactos socioambientais e sanitários em uma região de fronteira.

### Quadro 02 – escala e modelo para preenchimento das respostas

Satisfatório	Regular	Insatisfatório
--------------	---------	----------------

Fonte: Dados do trabalho

## 2.6 Local Da Pesquisa

O estudo será realizado na cidade de Benjamin Constant, localizada no estado do Amazonas, na região de fronteira com o Peru, nos bairros do Bom Jardim, Centro, Cohaban-Eduardo Braga, Cidade Nova, Coimbra, Colônia, Filadelfia, Santo Antônio, Umarizal e Porto Cordeirinho. Benjamin Constant apresenta uma população distribuída entre áreas urbanas e rurais, com desafios históricos na cobertura do abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, o

que torna o município um caso adequado para analisar a eficiência dos sistemas de saneamento em regiões amazônicas e de fronteira.

**Figura 4: Local da Pesquisa: Bairro Eduardo Braga**



Fonte: A autora, 2025.

## 2.7 Organização Da Análise Dos Resultados

A análise dos resultados deste estudo será estruturada de forma a permitir uma avaliação detalhada da eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em Benjamin Constant, AM, considerando os indicadores de cobertura, qualidade e impacto socioambiental. Os resultados serão organizados em três blocos principais, correspondentes aos objetivos específicos da pesquisa:

1. **Cobertura populacional dos serviços de saneamento:** Nesta etapa, serão apresentados os dados relativos ao acesso da população ao abastecimento de água e ao tratamento de esgoto, identificando áreas e grupos mais desassistidos. Serão comparados indicadores municipais com padrões legais e metas de cobertura, permitindo a visualização das desigualdades territoriais e sociais no acesso aos serviços.

2. **Qualidade da água e do efluente:** Serão analisados os resultados das coletas de dados e visitas técnicas, comparando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água tratada e do efluente com as normas legais vigentes. Esta análise permitirá identificar potenciais riscos à saúde pública e impactos ambientais, evidenciando a eficiência operacional das estações de tratamento.

3. **Políticas públicas, gestão e governança do saneamento:** Neste bloco, serão apresentados os achados sobre políticas, planos e mecanismos de gestão dos serviços de saneamento no município. A análise buscará compreender como as decisões administrativas, os

recursos disponíveis e a articulação institucional influenciam a prestação dos serviços, destacando desafios e oportunidades de melhoria, especialmente em uma região de fronteira.

Os dados coletados serão tratados por meio de análise quantitativa descritiva, para avaliação de cobertura e qualidade, e análise qualitativa de conteúdo, para interpretação das entrevistas e dos documentos oficiais. Essa organização permitirá integrar os aspectos técnicos, socioambientais e institucionais, oferecendo uma visão abrangente da eficiência dos sistemas de saneamento em Benjamin Constant, AM, e subsidiando recomendações para aprimoramento dos serviços. Segundo Likert (1932), a escala permite mensurar atitudes por meio de graus de concordância.

## **2.9 Aspectos Éticos**

A condução desta pesquisa respeitou os princípios éticos aplicáveis à investigação científica, especialmente no que se refere à proteção e privacidade dos participantes, à honestidade na coleta e análise de dados e à transparência na divulgação dos resultados. A pesquisa envolveu entrevistas com gestores, profissionais e representantes comunitários, sendo garantido o consentimento informado, a confidencialidade das informações pessoais e o direito de os participantes se retirarem do estudo a qualquer momento, sem prejuízos.

Além disso, os dados coletados a partir de documentos oficiais, relatórios e normas técnicas foram utilizados de forma responsável e respeitando a propriedade intelectual das fontes consultadas. Segundo Beauchamp e Childress (2013),

"O respeito à autonomia, à privacidade e à integridade dos participantes é fundamental em toda pesquisa científica, devendo o pesquisador assegurar que a participação seja voluntária e que as informações fornecidas sejam protegidas contra uso inadequado."

A pesquisa também considerou os impactos sociais e ambientais relacionados à análise dos sistemas de saneamento, evitando interpretações que pudessem comprometer a imagem da comunidade ou dos órgãos gestores. Todas as práticas foram orientadas pelos princípios éticos da Pesquisa com Seres Humanos, conforme a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, garantindo que o estudo contribuísse para o conhecimento científico sem causar prejuízos aos sujeitos ou à comunidade envolvida.

## **CAPÍTULO III**

### **3. Resultados**

#### **3.1 Introdução À Análise Da Pesquisa**

Presente seção tem como propósito introduzir e contextualizar a análise dos resultados obtidos por meio dos diferentes instrumentos metodológicos empregados na pesquisa, cujo foco é investigar a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto na cidade de Benjamin Constant (AM), inserida em uma região de fronteira com características socioambientais e logísticas particulares. A análise configura-se como etapa central deste estudo, uma vez que possibilita compreender a realidade do saneamento básico municipal a partir da perspectiva da população usuária, da visão técnica de gestores e operadores dos sistemas e dos indicadores institucionais fornecidos pela Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA).

#### **3.2 Perfil Dos Respondentes**

A caracterização dos respondentes constitui uma etapa fundamental na análise dos resultados, pois permite compreender o contexto social, técnico e institucional no qual o saneamento básico é percebido, operado e avaliado no município de Benjamin Constant (AM). A construção do perfil dos participantes envolve dois grupos distintos e complementares: a população usuária dos serviços e os profissionais responsáveis pela gestão, operação e monitoramento dos sistemas de água e esgoto. Essa divisão possibilita uma leitura abrangente do cenário, articulando percepções subjetivas, vivências cotidianas e dados técnicos relacionados à prestação dos serviços.

A seguir, são apresentados os perfis da população respondente e da equipe técnica que participou das entrevistas e questionários, estruturando informações essenciais para a contextualização dos resultados discutidos nos capítulos posteriores.

##### **3.2.1 População**

Os respondentes da população representam moradores dos bairros da zona urbana e rural de Benjamin Constant, como: Coimbra, Centro, Cohaban-Eduardo Braga, Umarizal, Cidade Nova, Bom jardim Colônia, Filadélfia, Santo Antônio, Porto cordeirinho, com tempo de residência variando entre 25 e 62 anos, conforme os dados coletados no instrumento aplicado. Esse aspecto é especialmente relevante, pois indica que os participantes possuem conhecimento profundo e contínuo das condições de saneamento local, experimentando ao longo de décadas as mudanças,

avanços, retrocessos e desafios inerentes ao abastecimento de água e à ausência de esgotamento sanitário.

O longo período de residência é um indicador significativo para estudos relacionados ao saneamento básico. Tal como destacam Heller e Nascimento (2020), a percepção da população tende a ser mais consistente quando baseada em vivências prolongadas, permitindo comparar diferentes fases operacionais, intervenções estruturais e padrões de qualidade da água ao longo do tempo. Em regiões de fronteira, como Benjamin Constant, essa característica ganha ainda mais relevância, devido às constantes mudanças demográficas, sazonais e logísticas que afetam o abastecimento de água e os sistemas de esgoto.

Além disso, os bairros mencionados pelos respondentes — como Centro e Bom Jardim — refletem áreas urbanas com características socioeconômicas diversas, proporcionando uma visão territorialmente abrangente da realidade do município. O fato de ambos os respondentes residirem há mais de uma década nos mesmos locais indica exposição prolongada às práticas de abastecimento, distribuição, manutenção e formas de descarte, como fossas rudimentares ou valas a céu aberto, mencionadas nos questionários.

Outro ponto relevante no perfil dos moradores é a familiaridade com episódios de contaminação da água e problemas de saúde relacionados, conforme declarado nas respostas. Esses relatos reforçam a importância de incluir moradores com longa vivência no território, pois somente esses indivíduos conseguem identificar padrões de risco, intermitências recorrentes no fornecimento e comportamentos inadequados relacionados ao descarte de efluentes domésticos. A participação desse grupo contribui diretamente para a compreensão dos impactos socioambientais decorrentes da insuficiência dos serviços públicos de saneamento.

Além disso, o perfil da população demonstra heterogeneidade de gênero e diversidade de acesso, permitindo a observação de múltiplas experiências dentro do mesmo sistema de abastecimento. A análise dessas diferentes percepções contribui para uma avaliação mais completa da eficiência do sistema, uma vez que amplia a compreensão sobre os desafios enfrentados por grupos sociais distintos.

Assim, o grupo populacional participante desta pesquisa é caracterizado por experiência acumulada, exposição contínua às condições de saneamento e conhecimento empírico da realidade local, o que fortalece a consistência dos dados coletados e a confiabilidade da análise desenvolvida.

### **3.2.2 Técnicos E Gestores**

O segundo grupo de respondentes é composto por profissionais que atuam diretamente na operação e gestão do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Este grupo é

formado por 2 gestores — um com formação em Geografia (UEA) e outro em Engenharia Civil (UFAM) — e 6 técnicos, entre laboratoristas e técnicos administrativos, formados pelo CETAM. Todos possuem experiência superior a 10 anos nas funções desempenhadas.

A composição da amostra técnica demonstra um conjunto de profissionais altamente experientes, o que confere profundidade e precisão às informações coletadas por meio das entrevistas semiestruturadas. Conforme destacam Costa e Galvão (2010), a experiência acumulada em saneamento básico é essencial para a identificação de falhas estruturais, limitações operacionais e necessidades de intervenção, sendo um elemento crucial na construção de diagnósticos precisos sobre a eficiência dos sistemas.

O tempo prolongado de atuação em Benjamin Constant também reflete um conhecimento aprofundado sobre os desafios específicos da cidade, que incluem: limitações logísticas devido à distância dos grandes centros; dependência fluvial para transporte de insumos; oscilações significativas do nível do rio durante o ciclo da cheia e da seca; e restrições orçamentárias típicas de municípios de pequeno porte. Profissionais com mais de uma década de atuação conseguem identificar com clareza quais questões são estruturais, quais são sazonais e quais resultam de falhas administrativas ou de planejamento.

Outro ponto relevante é a existência de diferentes áreas de formação dentro da equipe técnica. Gestores com formação em Geografia e Engenharia Civil contribuem com perspectivas complementares: enquanto a Engenharia Civil fornece base técnica para estruturas, tubulações, tratamento e operação, a Geografia oferece um olhar territorial e ambiental, essencial para cidades amazônicas influenciadas por variáveis hidrográficas e ecossistêmicas. Já os técnicos de laboratório representam a principal fonte de dados sobre monitoramento da água, sendo responsáveis por testes de turbidez, pH, cloro residual e presença de coliformes — todos parâmetros fundamentais para avaliar o cumprimento da Portaria GM/MS 888/2021.

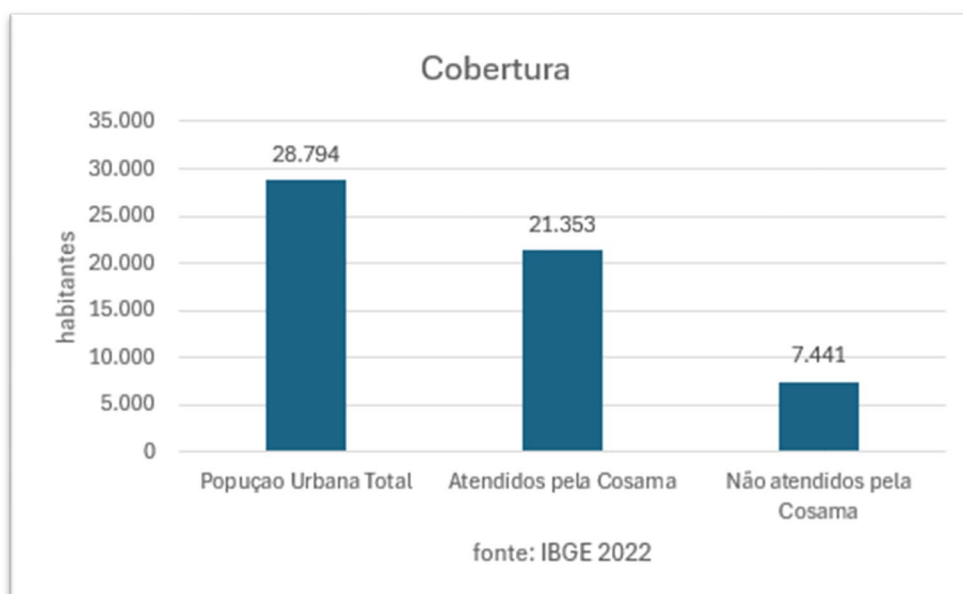
A presença de técnicos administrativos também é relevante, pois esses profissionais lidam com processos de faturamento, acompanhamento de ligações, reclamações de usuários e relatórios operacionais. Essas atribuições permitem compreender os aspectos gerenciais relacionados aos indicadores de cobertura, perdas e eficiência operacional.

A combinação entre gestores e técnicos torna a amostra equilibrada, garantindo a integração de relatos estratégicos e operacionais. Essa característica reforça a robustez da pesquisa, uma vez que permite cruzar informações e verificar convergências e divergências entre níveis hierárquicos diferentes, ampliando a confiabilidade dos resultados.

### 3.3 Cobertura a Acesso ao Saneamento

A avaliação da cobertura e do acesso aos serviços de saneamento básico em Benjamin Constant (AM) constitui etapa fundamental para compreender a eficiência do sistema e sua capacidade de atender à população local. Conforme previsto nos objetivos deste estudo, esta análise busca integrar dados provenientes dos questionários aplicados aos moradores, das entrevistas com gestores e técnicos, e dos indicadores operacionais fornecidos pela Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA). A partir dessas fontes, torna-se possível identificar avanços, limitações e desigualdades no acesso à água tratada e aos sistemas de esgotamento sanitário, aspectos essenciais para avaliar o impacto do saneamento na saúde pública e no meio ambiente.

**Gráfico 2 – Situação Cobertura**



Fonte: Dados do trabalho

#### 3.3.1 Abastecimento De Água

Os dados obtidos por meio dos questionários indicam que todas as residências participantes possuem acesso à água encanada, o que demonstra uma cobertura significativa do sistema de abastecimento no perímetro urbano. No entanto, a presença de água na residência não implica, necessariamente, regularidade ou qualidade no fornecimento. De acordo com as respostas analisadas, a regularidade do abastecimento é desigual, apresentando distinções entre os moradores: índices baixos de satisfação no que se refere ao gosto da água. Isso significa que 50%

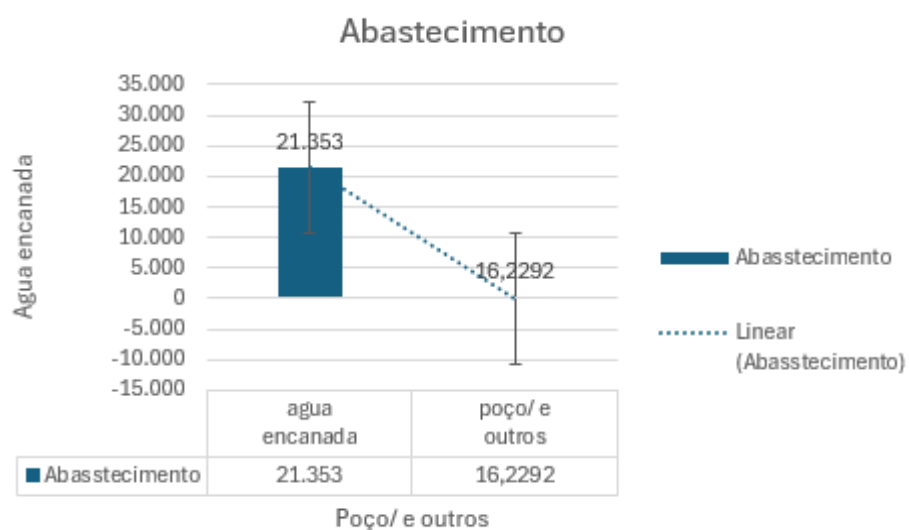
dos entrevistados não estão satisfeitos, um deles relatou receber água diariamente, enquanto o outro informou que o fornecimento ocorre de forma intermitente, com períodos de interrupção ao longo da semana.

Essa diferença revela fragilidades no serviço, especialmente considerando o contexto amazônico, onde a captação é diretamente influenciada pelas variações sazonais do nível dos rios, pela disponibilidade energética e pelo estado das infraestruturas de bombeamento e distribuição. As entrevistas com técnicos e gestores reforçam essa percepção ao apontar problemas como perdas elevadas na rede, equipamentos antigos e manutenção insuficiente, fatores que contribuem para a instabilidade no abastecimento.

Além disso, o caráter intermitente do fornecimento pode acarretar riscos adicionais à saúde da população. Em sistemas onde a pressão da água oscila, há maior probabilidade de entrada de contaminantes através de rachaduras e conexões clandestinas, situação particularmente preocupante em localidades onde o solo e as águas superficiais apresentam riscos de contaminação. Assim, embora o acesso à água encanada seja universal entre os participantes, a qualidade e regularidade do serviço se mostram desiguais, indicando que a cobertura nominal não corresponde plenamente à cobertura real e efetiva.

O consumo médio de água por cidade no Brasil varia significativamente, com médias de aproximadamente 102 litro/hab./dia, podendo chegar a 213 litro/hab./dia em algumas localidades. Essas variações refletem diferenças regionais, culturais e socioeconômicas que influenciam diretamente o consumo de água (Ghisi e Ferreira, 2007).

### Gráfico 3 – Situação Abastecimento



Fonte: Dados do trabalho

### 3.3.2 Esgotamento Sanitário

No que diz respeito ao esgotamento sanitário, os resultados mostram uma realidade muito mais preocupante. Nenhum dos respondentes afirmou possuir acesso à rede pública de esgoto, o que significa que a cobertura desse serviço é virtualmente inexistente entre os moradores que participaram da pesquisa. Essa condição é comum na região amazônica, onde muitos municípios apresentam índices reduzidos de coleta e tratamento de esgoto, seja por limitação técnica, seja por falta de investimentos em infraestrutura.

As formas de descarte relatadas pelos participantes — fossa séptica rudimentar e vala a céu aberto que deságua no quintal do vizinho — indicam práticas que não asseguram o adequado tratamento dos efluentes gerados. O uso de fossas rudimentares pode provocar infiltração de material contaminante no solo, afetando o lençol freático e, conseqüentemente, a qualidade da água consumida pela população. Já o despejo de esgoto em valas representa risco sanitário imediato, pois facilita a contaminação de áreas de circulação humana, atrai vetores e contribui para a degradação do ambiente local.

**Figura 5: Coleta imagens esgotamento sanitário**



Fonte: A autora, 2025

Essa situação confirma a vulnerabilidade sanitária significativa enfrentada pelo município, especialmente nas áreas mais densamente povoadas. A ausência de esgotamento estruturado compromete diretamente indicadores de saúde pública, como incidência de doenças de veiculação

hídrica e contaminação ambiental, além de dificultar o cumprimento das metas estabelecidas pelo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 11.445/2007).

**Figura 6: Coleta imagens esgotamento sanitário: Bairro Bom Jardim**



Fonte: A autora, 2025.

### **3.3.3 Cobertura Operacional Da Cosama**

Os dados operacionais fornecidos pela COSAMA mostram que o município de Benjamin Constant alcança a população urbana, atendendo cerca de 21.353 habitantes por meio da rede pública de abastecimento de água, representando uma cobertura urbana estimada em 74,2%. Entre o período analisado, foram efetuadas 229 novas ligações, beneficiando cerca de 914 pessoas. Esses indicadores, presentes no relatório técnico da companhia, evidenciam esforços de expansão da rede de abastecimento, embora ainda insuficientes para atingir a universalização prevista nas diretrizes nacionais.

A cobertura operacional, entretanto, não reflete apenas a quantidade de ligações ativas, mas também a capacidade de atendimento, a regularidade da oferta, a eficiência da micromedição, o controle de perdas e a qualidade da água distribuída. Estudos realizados durante a estiagem extrema de 2024 apontam que a COSAMA precisou adotar medidas emergenciais, como envio de insumos químicos, manutenção intensiva e instalação de novas estações, a fim de garantir o abastecimento mínimo. Tais ações emergenciais, embora eficazes em curto prazo, revelam limitações estruturais que afetam a continuidade e a qualidade do serviço.

A seguir, apresenta-se o gráfico modelo de acesso aos serviços, conforme sugerido.

**Quadro 3 – Parâmetros Observados vs. Limites da Portaria GM/MS 888/2021**

PARÂMETRO	RESULTADO	LIMITE LEGAL	SITUAÇÃO
PH	3,87	6,0–9,5	Irregular
NITRATO	23–202 mg/L	≤ 10 mg/L	Crítico
COLIFORMES FECAIS	Presentes	Ausência	Crítico
CORO RESIDUAL	Variável	0,2–2 mg/L	Irregular

Fonte: COSAMA, 2021.

Os parâmetros analisados não atendem aos padrões legais de potabilidade, indicando uma série de riscos à saúde pública e ao meio ambiente. O conjunto das evidências aponta para:

- **Risco sanitário direto**, devido ao contato da população com água possivelmente contaminada;
- **Contaminação por infiltração**, possivelmente associada ao uso de fossas rudimentares e valas, permitindo que efluentes cheguem ao lençol freático;
- **Fragilidade da captação**, uma vez que a água proveniente de rios suscetíveis à contaminação freática requer rigoroso tratamento;
- **Vulnerabilidade estrutural**, refletida nas perdas, falhas operacionais e inconsistência na desinfecção.

Essa conjuntura revela que a água distribuída não atende plenamente aos critérios de potabilidade estabelecidos pela legislação brasileira, comprometendo a segurança sanitária da população e intensificando os impactos ambientais em uma região de fronteira já bastante sensível.

### 3.5 Eficiência Operacional E Gestão

A eficiência operacional e a gestão dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário constituem elementos fundamentais para compreender a capacidade do município de Benjamin Constant (AM) em oferecer serviços que atendam às normas legais, garantam segurança sanitária e preservem o meio ambiente. A análise desta seção foi construída com base nas entrevistas com gestores e técnicos, aliada aos indicadores operacionais da COSAMA e às percepções dos usuários. Esses diferentes componentes formam um panorama integrado, capaz de revelar tanto os avanços quanto os desafios enfrentados pelas equipes responsáveis pelo saneamento básico municipal.

A seguir, são analisados os principais pontos positivos e críticos da gestão, bem como a percepção dos gestores entrevistados, com base na pesquisa de campo realizada.

### 3.5.1 Pontos Positivos

Os dados operacionais constantes na pesquisa demonstram que a COSAMA apresentou algumas respostas eficazes durante a estiagem extrema de 2024, um dos eventos mais desafiadores registrados no período analisado. A seca severa dificultou a captação de água, aumentou a turbidez dos mananciais e elevou os custos de operação. Ainda assim, conforme registrado, a companhia conseguiu adotar medidas emergenciais que mitigaram impactos significativos na distribuição de água tratada, demonstrando capacidade de resposta rápida em cenários críticos.

Um dos destaques foi o abastecimento antecipado de insumos químicos essenciais, como sulfato de alumínio, polímero, cloro e cal. Essa estratégia evitou interrupções completas no tratamento da água em momentos de dificuldade logística. A adoção de polímero não iônico, em especial, foi apontada como um avanço operacional relevante, pois permitiu reduzir em até 32% o consumo de sulfato de alumínio, substância utilizada nos processos de coagulação e floculação. Tal redução indica maior eficiência no uso de insumos e otimização dos recursos disponíveis — um benefício importante para regiões isoladas, onde o reabastecimento depende de transporte fluvial e pode sofrer atrasos.

Outro ponto positivo observado foi o monitoramento diário da qualidade da água. De acordo com a pesquisa, técnicos realizaram análises constantes dos parâmetros de pH, cloro residual, turbidez e presença de contaminantes, garantindo controle mínimo mesmo diante das adversidades ambientais. Esse monitoramento contínuo evidencia comprometimento técnico e responsabilidade sanitária, ainda que as condições estruturais do sistema imponham limitações adicionais.

A instalação de uma nova estação de tratamento na comunidade Filadélfia, beneficiando mais de 400 famílias, representa outro avanço significativo mencionado no relatório. Essa iniciativa ampliou a cobertura do abastecimento, proporcionando acesso a água tratada para comunidades que antes dependiam exclusivamente de fontes informais e vulneráveis à contaminação.

Assim, embora a eficiência do sistema apresente limitações, os pontos positivos refletem iniciativas importantes relacionadas à capacidade de adaptação, uso eficiente de insumos e expansão pontual da infraestrutura. Tais medidas demonstram que, apesar das fragilidades, existem esforços institucionais para garantir um mínimo de segurança hídrica à população atendida.

### 3.5.2 Pontos Críticos

Apesar das ações emergenciais eficazes, a análise dos dados técnicos e relatos dos profissionais evidencia uma série de fragilidades estruturais e operacionais que comprometem a eficiência do sistema de saneamento em Benjamin Constant. Os dados coletados demonstram que a COSAMA enfrenta perdas elevadas em redes antigas, o que reduz significativamente a disponibilidade de água tratada e aumenta custos operacionais. Redes antigas e mal conservadas também favorecem infiltrações, contaminação cruzada e variações na pressão, prejudicando a qualidade final da água entregue aos consumidores.

Outro ponto crítico identificado é a falta de manutenção preventiva. As equipes realizam ações corretivas e emergenciais com frequência, mas carecem de planejamento estruturado para manutenção rotineira, substituição programada de tubulações, modernização de estações de tratamento e atualização tecnológica. A ausência de uma política preventiva amplia a ocorrência de falhas e reduz a vida útil dos equipamentos, tornando o sistema vulnerável a interrupções e oscilações na qualidade da água.

O relatório também registra falhas na gestão das novas encanações, indicando problemas na instalação, pressurização e adaptação de trechos expandidos da rede. Essas falhas revelam limitações tanto na infraestrutura quanto no gerenciamento das obras e operações de campo. Aliado a isso, há o problema de planejamento insuficiente, que se manifesta especialmente em períodos de crise, nos quais a companhia depende de medidas emergenciais em vez de ações estruturais de longo prazo.

Além disso, os dados evidenciam estrutura insuficiente para garantir regularidade e potabilidade. Os problemas de pH, nitrato e coliformes fecais, mencionados nos resultados técnicos, demonstram que o sistema não consegue garantir os parâmetros exigidos pela Portaria GM/MS 888/2021, mesmo com monitoramento diário. Isso indica que as limitações não se restringem ao controle técnico, mas envolvem falta de investimentos em infraestrutura, tratamento mais avançado e redimensionamento dos sistemas de captação.

Assim, os pontos críticos apresentados pela pesquisa revelam um sistema que, embora funcional em situações emergenciais, não dispõe de condições estruturais para manter a regularidade, eficiência e segurança sanitária exigidas.

### 3.5.3 Percepção Dos Gestores

As entrevistas com gestores e técnicos da companhia de saneamento, reforçam a análise dos pontos positivos e críticos, reforçando a problemática da eficiência, para eles a demora

(logística fluvial) para a chegada de insumos ao município é muito longa, o tempo estimado é de 10 dias, dificultando e atrasando mais ainda o seguimento das ações de preventivas, fornecendo uma visão interna do funcionamento do sistema. Os profissionais demonstram consciência das limitações estruturais e ressaltam que, embora exista monitoramento contínuo, ele não é suficiente para garantir padrões regulares de potabilidade, principalmente devido a falhas que extrapolam a capacidade de ação das equipes.

Um dos aspectos mais destacados pelos entrevistados é a falta de equipe e recursos. As demandas operacionais são extensas, abrangendo captação, tratamento, distribuição, monitoramento, manutenção e atendimento ao público, enquanto o número de funcionários e equipamentos disponíveis é limitado. Essa condição reduz a capacidade de intervenção preventiva e sobrecarrega os profissionais.

Os gestores também apontam que a gestão é eficiente em crises, como a estiagem extrema de 2024, mas reconhecem que o sistema é frágil em ações permanentes, justamente pela falta de investimentos contínuos, equipamentos modernos e apoio institucional robusto. Segundo os relatos, há dificuldades para manter a regularidade dos serviços devido a fatores externos (logística amazônica, variação dos rios, acesso limitado a insumos) e internos (falhas estruturais, perdas, falta de planejamento e recursos humanos). O município de Benjamin Constant-AM contou com uma ação preventiva por meio da Sec. De Meio Ambiente em drenagem de esgotos e bueiros, e limpezas de barragens e igarapés, evitando incidentes provocados pelas chuvas que acometem a região nesta temporada de final de ano.

**Figura 7 – Projeto Bairro Limpo**



Fonte: Dados coletados, 2025.

Essa percepção interna coincide com as evidências técnicas e com o relato da população, demonstrando que as fragilidades operacionais são conhecidas pelos próprios responsáveis pela gestão, mas dependem de políticas públicas mais amplas, investimentos estruturais e estratégias de longo prazo para serem superadas.

### **3.6 Discussão Teórica**

A discussão teórica busca obter os resultados empíricos obtidos nesta pesquisa — provenientes de questionários, entrevistas e indicadores operacionais da companhia de saneamento COSAMA — com referenciais conceituais e normativos que fundamentam o campo do saneamento básico no Brasil. Segundo a legislação brasileira (Lei n 11.445/2007), o saneamento básico compreende quatro componentes: Abastecimento de água potável, 2 Esgotamento sanitário, 3 manejo de resíduos sólidos(lixo) e 4 Drenagem e Manejo das águas pluviais. Essa busca permite compreender em que medida a realidade observada em Benjamin Constant (AM) se aproxima ou se distancia do que estabelecem autores reconhecidos, da legislação nacional e das normas de potabilidade da água. Segundo Heller (2014)

Historicamente, contudo, a política do governo brasileiro, no que diz respeito à prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, tem oscilado de acordo com as tendências históricas vivenciadas pelo setor, entre as esferas estadual ou municipal e naturezas pública ou privada. Essa indefinição provoca consequências importantes, principalmente porque acaba contribuindo para o fracasso do País em fornecer uma cobertura universal, deixando uma proporção substancial da população, principalmente os mais pobres, sem acesso aos serviços ou com níveis insatisfatórios de serviço.

#### **3.6.1 Relação Com A Literatura**

A literatura especializada em saneamento básico e saúde ambiental oferece bases sólidas para interpretar as fragilidades observadas nesta pesquisa. Para Heller e Nascimento (2020), o saneamento é um determinante fundamental da saúde pública e está diretamente associado à redução de doenças de veiculação hídrica, melhoria das condições socioambientais e promoção de ambientes saudáveis. Os autores afirmam que a ausência de esgotamento sanitário e o fornecimento de água fora dos padrões de potabilidade representam riscos significativos à população, sobretudo em localidades periféricas e ambientalmente vulneráveis.

Os achados desta pesquisa confirmam essa premissa: a ausência total de rede de esgoto entre os respondentes e as irregularidades nos parâmetros técnicos da água — como pH fora da faixa ideal, presença de coliformes fecais e altas concentrações de nitrato — revelam que a população está exposta a riscos sanitários reais, exatamente conforme descrito pelos autores. A percepção da população, que classifica a água como regular ou ruim e relata episódios de doenças associadas ao consumo, reforça a relação direta entre infraestrutura inadequada e impactos à saúde.

Além disso, Tucci (2017) destaca que as regiões de fronteira enfrentam desafios muito mais complexos no campo do saneamento, devido principalmente a fatores como dificuldade logística, limitações orçamentárias, fragilidade institucional, expansão urbana desordenada e vulnerabilidade ambiental. A realidade observada em Benjamin Constant reflete integralmente essa análise. O abastecimento irregular, as perdas elevadas na rede, a dependência de ações emergenciais em detrimento de planejamento contínuo e a fragilidade do monitoramento da qualidade da água são elementos que se encaixam perfeitamente no quadro de desafios apontados por Tucci.

Outro ponto de convergência entre teoria e prática diz respeito ao uso de tecnologias e insumos em regiões remotas. Os autores afirmam que localidades amazônicas dependem fortemente de estratégias adaptativas devido à logística fluvial e às variações extremas nos níveis dos rios. Isso aparece nos dados da COSAMA, que demonstram ações emergenciais para suprir a estiagem severa de 2024 — como o uso de polímero não iônico e o abastecimento antecipado de produtos químicos — reforçando que a literatura descreve fielmente as limitações enfrentadas na prática.

Assim, a revisão teórica dialoga diretamente com os resultados empíricos, confirmando que a situação de Benjamin Constant corresponde ao padrão de vulnerabilidade e desigualdade urbana amplamente discutido na literatura especializada em saneamento e saúde ambiental.

### **3.6.2 Conexão Com A Lei Nº 11.445/2007 (Diretrizes Nacionais Do Saneamento Básico)**

A Lei nº 11.445/2007, marco legal do saneamento básico no Brasil, estabelece que a prestação dos serviços deve observar princípios como universalização do acesso, controle de qualidade, eficiência, sustentabilidade econômica, gestão integrada e transparência. Ao comparar esses princípios com os resultados desta pesquisa, observa-se que Benjamin Constant ainda está distante de cumprir plenamente as diretrizes legais.

O primeiro ponto crítico diz respeito à universalização dos serviços. A total ausência de rede de esgotamento sanitário entre os participantes demonstra que o município não avança em direção ao acesso universal previsto pela lei. Além disso, a cobertura de abastecimento de água,

embora significativa, ainda é limitada a 60,3% da área urbana, segundo os dados operacionais da COSAMA, o que contraria o princípio legal de acesso ampliado e equitativo.

Quanto ao controle de qualidade, os resultados técnicos evidenciaram diversas não conformidades em relação aos padrões legais, com destaque para a presença de coliformes, pH abaixo da faixa adequada e níveis alarmantes de nitrato. Esses resultados demonstram que o serviço não está garantindo a potabilidade da água conforme determina a legislação, evidenciando fragilidade na operação e na gestão dos sistemas de tratamento.

O princípio da eficiência também não é atendido. As perdas elevadas na rede antiga, a falta de manutenção preventiva, as falhas estruturais e a dependência de ações emergenciais comprometem a eficiência operacional e aumentam custos, reduzindo a capacidade do sistema de ofertar um serviço contínuo e seguro.

A gestão integrada, prevista na lei, também encontra desafios significativos. As entrevistas indicam falta de equipe, recursos limitados e ausência de planejamento de longo prazo, demonstrando que a gestão, embora responsiva em situações de crise, não consegue estruturar processos permanentes e contínuos.

Portanto, ao analisar o sistema à luz da Lei nº 11.445/2007, conclui-se que o município atende parcialmente aos princípios legais, com avanços pontuais, mas com grandes limitações no que se refere a universalização, qualidade e eficiência.

### **3.6.3 Conformidade Com A Portaria Gm/Ms 888/2021**

A Portaria GM/MS 888/2021 estabelece os padrões de potabilidade obrigatórios em todo o território nacional, definindo limites para parâmetros como pH, turbidez, teor de cloro residual, concentração de nitrato e ausência total de coliformes fecais. Essa portaria é a base normativa para avaliar a segurança da água distribuída e proteger a saúde da população.

Os resultados técnicos da COSAMA mostram diversas não conformidades em relação à Portaria 888/2021. O pH registrado (aproximadamente 3,8) está muito abaixo da faixa permitida (6,0–9,5), o que já caracteriza descumprimento da norma. Ainda mais preocupante é o teor de nitrato, que variou entre 23 e 202 mg/L, ultrapassando em até 20 vezes o limite legal de 10 mg/L. Isso representa risco sanitário imediato, especialmente para crianças, e indica contaminação possivelmente relacionada ao uso de fossas rudimentares e infiltração no solo.

A presença de coliformes fecais em alguns pontos monitorados constitui uma das violações mais graves aos padrões da portaria, pois indica falhas no processo de desinfecção ou

contaminação da rede. Já a variação do cloro residual reforça que o controle do processo de tratamento não está sendo realizado de forma contínua e eficiente.

Dessa forma, os resultados demonstram que o sistema de saneamento Benjamin Constant não atende integralmente aos requisitos da Portaria GM/MS 888/2021, o que reforça a necessidade de reforços emergenciais e estruturais nas etapas de captação, tratamento e distribuição da água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste estudo permitiu compreender, de maneira abrangente e fundamentada, a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto no município de Benjamin Constant (AM), especialmente considerando suas especificidades enquanto região de tríplice fronteira. A partir da articulação entre dados técnicos, percepções da população, entrevistas com gestores e o estudo das normas legais vigentes, foi possível construir um diagnóstico claro sobre as condições reais do saneamento básico no município, evidenciando desafios significativos e impactos diretos sobre a saúde pública e o meio ambiente. Esse cenário encontra respaldo tanto nas percepções dos moradores quanto nos autores consultados, que reforçam a relação direta entre saneamento inadequado, desigualdade social e impactos à saúde. A convergência entre os dados técnicos da COSAMA e as manifestações dos usuários evidencia que o problema não é apenas operacional, mas estrutural, refletindo carências profundas na gestão do sistema.

A partir da comparação com os marcos legais — constata-se que Benjamin Constant não atende integralmente aos princípios de universalização, qualidade, eficiência e controle social. Embora exista cobertura formal significativa de água encanada, a irregularidade na distribuição, as perdas elevadas na rede, falhas de manutenção e a ausência de planejamento de longo prazo comprometem a efetividade e a equidade dos serviços. Ademais, a inexistência de políticas públicas estruturadas, a fragilidade institucional e a dependência de ações emergenciais revelam obstáculos que extrapolam a dimensão técnica, alcançando também a esfera administrativa e financeira. Dessa forma, o diagnóstico obtido revela que os sistemas de água e esgoto de Benjamin Constant operam de maneira insuficiente para garantir a segurança sanitária da população.

Por fim, este estudo contribui para ampliar a visibilidade das condições sanitárias de comunidades amazônicas, muitas vezes marginalizadas na formulação de políticas públicas nacionais. Ao evidenciar os desafios e impactos enfrentados pela população de Benjamin Constant, espera-se subsidiar ações futuras que promovam a universalização do saneamento básico, a prevenção de doenças, a proteção ambiental e a melhoria das condições de vida.

Assim, conclui-se que, embora existam esforços pontuais e ações emergenciais, a eficiência dos sistemas de água e esgoto do município está longe de alcançar os padrões legais e sanitários necessários. O caminho para a universalização e efetividade desses serviços passa necessariamente pela implementação de políticas públicas integradas, pela ampliação dos investimentos em infraestrutura e pela construção de um modelo de gestão que considere as especificidades de um município de fronteira amazônica.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília: ANA, 2021.

BEAUCHAMP, T. L.; CHILDRESS, J. F. Principles of Biomedical Ethics. 7th ed. New York: Oxford University Press, 2013.

BORJA, R. (2014). A política de saneamento no Brasil: avanços e desafios. *Revista de Saúde Pública*, 48(1), 1-9. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/gn7vpPFZYBHq6s6JVtHCHbw/>

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre normas aplicáveis a pesquisas em seres humanos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2016.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. *Diário Oficial da União*, Brasília, 16 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Novo Marco Legal do Saneamento. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2021.

COSTA, A. O.; GALVÃO, J. L. C. Saneamento básico: aspectos técnicos e sociais. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HELLER, L. Saneamento e saúde: fundamentos para o desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018.

HELLER, L., & CASTRO, S. Saneamento básico e direitos sociais: implicações para políticas públicas. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(4), 821-832. 2007.

HELLER, L.; CASTRO, H. Saneamento Básico e Saúde Pública. São Paulo: Blücher, 2007.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública e gestão de serviços de saneamento. In: HELLER, L.; CASTRO, J. E. (orgs.). Política pública e gestão de serviços de saneamento. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

HELLER, L.; CASTRO, S. Saneamento básico e direitos sociais: implicações para políticas públicas. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 821-832, 2007.

HELLER, L.; NASCIMENTO, N. O. Fundamentos de saúde ambiental e saneamento. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2020.

IBGE. Censo Demográfico 2010: resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIMA, R. & SANTOS, J. Saneamento e poluição atmosférica: impactos socioambientais. Revista Ambiente & Sociedade, 20(1), 33-50. 2017.

MACHADO, J. C.; HELLER, L. Saneamento básico em áreas de fronteira: desafios e perspectivas. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 3, p. 425-436, 2016.

MARA, D.; HORAN, N. Manual de Tratamento de Água e Esgoto. Londres: Earthscan, 2003.

MASSA, K. H. C., et al. Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras. Revista Brasileira de Epidemiologia, 23, e200050. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rbepid/2020.v23/e200050/pt/>

MASSA, K. H. C., et al. Saneamento básico e saúde pública: avanços legais e desafios de implementação. Revista Brasileira de Epidemiologia, 23, e200050. 2020.

METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2014.

MONTEIRO, M. A. A cidade na fronteira: Benjamin Constant-AM. Revista de Estudos Amazônicos, v. 13, n. 2, p. 45-62, 2015.

MONTEIRO, M. A. Fronteiras amazônicas: dinâmicas sociais, ambientais e de governança. Manaus: EDUA, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Guidelines for Drinking-water Quality. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T. F. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para o desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.

RIBEIRO, L. P., et al. Degradação ambiental e biodiversidade em regiões urbanas. Ecologia e Sociedade, 25(3), 1-15. 2020.

SALLA, A. Saneamento básico e saúde pública: desafios e impactos no Brasil. Revista Evoluir, 14(6), 39-50. 2019. Disponível em: <https://revistaevoluir.com.br/index.php/re/article/download/14/6/39>

SILVA, L. C. R. Amazônia em foco: fronteira, território e políticas públicas. Manaus: EDUA, 2018.

SILVA, R. A. Políticas públicas de saneamento em municípios de pequeno porte: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, v. 7, n. 2, p. 45-62, 2018.

SOARES, S. R. A. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente. Cadernos de Saúde Pública, 18(4), 1071-1079. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/zSTTXpfMwDFQ64tRM9YbDzt/>

SOUZA, F. & Oliveira, M. Impactos ambientais do saneamento básico inadequado. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 23(2), 45-57. 2018.

TUCCI, C. E. M. Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2012.

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas no Brasil. Porto Alegre: ABRH, 2017.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

# APÊNDICE

## APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO DE PESQUISA

Prezada(o) participante,

Este questionário faz parte da pesquisa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulada “**Análise da eficiência do Tratamento de Água e Esgoto em Regiões de Fronteira: Um Estudo de Caso na Cidade de Benjamin Constant, AM.**”, desenvolvida no âmbito do curso de Administração do INCUFAM.

O objetivo principal é analisar a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em Benjamin Constant (AM), com foco nos indicadores de cobertura, qualidade e impacto socioambiental, especialmente no contexto de uma região de fronteira. Para alcançar esse propósito, buscamos avaliar a cobertura populacional do abastecimento de água e do tratamento de esgoto no município, identificando as áreas e grupos sociais mais desassistidos, caracterizar a qualidade da água tratada e do efluente dos sistemas de esgoto, conforme os padrões legais vigentes, analisando suas implicações para a saúde pública e para o meio ambiente e verificar a existência de políticas públicas, planos e instrumentos de gestão dos serviços de saneamento na cidade, a fim de compreender os desafios e as oportunidades de melhoria dos sistemas locais.

Sua participação é **voluntária** e as respostas serão tratadas de forma **anônima e confidencial**, sendo utilizadas apenas para fins acadêmicos. Não existem respostas certas ou erradas; o que importa é a sua experiência pessoal.

O preenchimento do questionário leva, em média, **10 minutos**.

Agradecemos imensamente sua colaboração!

Atenciosamente,

Joana Cristie Nobre Fernandes de Souza

Graduando(a) em Administração – INCUFAM

## APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

### Termo De Consentimento Livre E Esclarecido (Tele)

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada:

“Análise da eficiência do Tratamento de Água e Esgoto em Regiões de Fronteira: Um Estudo de Caso na Cidade de Benjamin Constant, AM”, desenvolvida como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) no curso de Administração do INCUFAM.

#### ❖ Objetivo da pesquisa

A pesquisa tem como objetivo analisar a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em Benjamin Constant (AM), com foco nos indicadores de cobertura, qualidade e impacto socioambiental, especialmente no contexto de uma região de fronteira.

#### ❖ Garantias ao participante

- Sua participação é voluntária e você pode desistir a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.
- Não há riscos previsíveis associados à participação.
- Os benefícios esperados são a contribuição para compreender melhor a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em Benjamin Constant (AM).
- As informações fornecidas serão mantidas em sigilo absoluto e utilizadas somente para fins acadêmicos.
- Os resultados serão apresentados de forma coletiva, sem qualquer identificação individual.

#### ❖ Procedimentos

A pesquisa será realizada por meio de um questionário estruturado, com perguntas fechadas e abertas, que levará em torno de 10 minutos para ser respondido.

#### ❖ Consentimento

Declaro que:

Fui informado(a) sobre os objetivos, procedimentos, benefícios e garantias da pesquisa; •  
Estou ciente de que minha participação é voluntária e que posso desistir a qualquer momento;  
Autorizo o uso das informações fornecidas exclusivamente para fins acadêmicos.

Sim, li e concordo em participar da pesquisa.

✓ Pesquisador responsável:

Nome: Joana Cristie Nobre Fernandes de Souza

Curso de Administração – INCUFAM

E-mail: joanobre11@gmail.com

✓ Orientador(a):

Nome: Bruno Angulo Bitencourt

E-mail: [bruno.bitencourt@ufam.edu.br](mailto:bruno.bitencourt@ufam.edu.br)

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA A POPULAÇÃO – BENJAMIN CONSTANT, AM

Prezada(o) voluntário(a),

Este questionário tem como objetivo coletar informações para analisar a eficiência dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto em Benjamin Constant (AM), com foco nos indicadores de cobertura, qualidade e impacto socioambiental, especialmente no contexto de uma região de fronteira. Sua participação é voluntária e as respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

**Tema:** Eficiência do Tratamento de Água e Esgoto em Regiões de Fronteira

**Instruções:** Este questionário tem caráter acadêmico e suas respostas serão confidenciais. Marque ou responda de acordo com sua experiência. **Seção 1: Dados Demográficos**

1. Idade: \_\_\_\_\_ anos
2. Sexo:  Masculino  Feminino  Outro
3. Bairro ou comunidade: \_\_\_\_\_
4. Tempo de residência: \_\_\_\_\_ anos

### Seção 2: Cobertura e Acesso aos Serviços

5. Sua residência possui abastecimento de água encanada?  Sim  Não
6. Caso sim, a frequência do abastecimento:  Diária  Intermitente  Raramente
7. Sua residência possui sistema de coleta de esgoto?  Sim  Não
8. Se não há coleta de esgoto, como é feito o descarte? \_\_\_\_\_

### Seção 3: Qualidade da Água e Satisfação

9. Como você avalia a qualidade da água fornecida?  Boa  Regular  Ruim
10. Já houve episódios de contaminação da água ou problemas de saúde relacionados à água?   
Sim  Não
11. Você percebe problemas ambientais ou mau cheiro devido ao esgoto?  
 Sim  Não
12. Em geral, como você avalia os serviços de água e esgoto?  
 Satisfatório  Regular  Insatisfatório

### Seção 4: Percepção sobre Políticas e Melhorias

13. Você conhece ações do governo para melhorar o saneamento?

Sim  Não

14. O que considera prioritário para melhorar os serviços de água e esgoto?

## **APÊNDICE D – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA – GESTORES E PROFISSIONAIS**

**Tema:** Eficiência do Tratamento de Água e Esgoto em Regiões de Fronteira **Instruções:** Esta entrevista é confidencial e será utilizada exclusivamente para fins acadêmicos.

As respostas podem ser registradas em áudio ou anotadas. **Seção**

### **1: Perfil do Entrevistado**

5. Cargo/função: \_\_\_\_\_

6. Tempo de atuação no setor de saneamento: \_\_\_\_\_ anos

### **Seção 2: Cobertura e Operação**

3. Qual a cobertura atual do abastecimento de água e do tratamento de esgoto no município?

4. Quais áreas ou comunidades apresentam maior dificuldade de acesso aos serviços?

5. Quais estratégias são adotadas para ampliar a cobertura?

### **Seção 3: Qualidade e Eficiência Operacional**

6. Como é monitorada a qualidade da água fornecida à população?

7. Quais parâmetros do efluente são avaliados antes do descarte no meio ambiente?

8. Existem registros de não conformidade ou episódios de contaminação? Como são tratados?

9. Qual a frequência das inspeções e análises laboratoriais?

10. Quais indicadores de eficiência operacional são monitorados regularmente?

### **Seção 4: Políticas, Gestão e Desafios**

11. Quais políticas públicas, planos e regulamentos orientam gestão dos serviços de saneamento no município?

12. Quais são os principais desafios operacionais e institucionais enfrentados?

13. Existem programas de educação ambiental ou conscientização da população sobre saneamento o?

14. Quais oportunidades de melhoria você identifica para aumentar a eficiência dos sistemas de água e esgoto em Benjamin Constant?