



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

TAMIRYS DOS SANTOS GUEDES

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM UM
TERRITÓRIO INDÍGENA**

TAMIRYS DOS SANTOS GUEDES

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM UM
TERRITÓRIO INDÍGENA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Davi Edson Sales e Souza

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G924e Guedes, Tamirys dos Santos.
ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM UM TERRITÓRIO
INDÍGENA / Tamirys dos Santos Guedes. — 2026.
25 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Davi Edson Sales E Souza
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia
Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2026.

1. saneamento indígena. 2. sistema individual de
esgotamento sanitário. 3. estudo de concepção. 4.
comunidades rurais. I. Título.

CDD 628.21

ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM UM TERRITÓRIO INDÍGENA

Trabalho Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação: 13/07/2026

Conceito: EXC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Davi Edson Sales e Souza – Orientador
UFPA/CAMPUS/FAESA

Prof. Dr. Raynner Menezes Lopes – Avaliador interno
UFPA/CAMPUS/FAESA

Prof. Dr. João Henrique Macedo Sá – Avaliador externo
INSTITUTO VALE

RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver um estudo de concepção para o sistema de esgotamento sanitário do núcleo Cajuanguawa, pertencente à Terra Indígena Assurini do Trocará, no estado do Pará, propondo uma solução técnica compatível com as condições locais. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso. Inicialmente, foi realizado o diagnóstico do sistema existente a partir de documentos técnicos, inspeções de campo e informações provenientes de perícia sanitária e ambiental. Em seguida, foram estimadas a população de projeto e as contribuições de esgoto sanitário, subsidiando a formulação de duas alternativas de concepção baseadas em sistemas individuais de tratamento. As alternativas foram avaliadas por meio de critérios técnicos, operacionais, econômicos, ambientais e socioculturais, considerando as particularidades da comunidade indígena. O diagnóstico evidenciou limitações estruturais e operacionais nas unidades existentes, incluindo alagamentos, dificuldades de manutenção, baixa aceitação das fossas secas e comprometimento da eficiência sanitária. Entre as alternativas analisadas, o sistema composto por módulo sanitário, tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro apresentou o melhor desempenho, destacando-se pela simplicidade construtiva, facilidade de operação, menor custo de implantação e maior adequação às condições locais. Conclui-se que a metodologia adotada permitiu selecionar uma solução tecnicamente viável e compatível com a realidade da comunidade, fornecendo subsídios para futuras etapas de projeto e implantação de sistemas de esgotamento sanitário em comunidades indígenas e outras áreas rurais isoladas.

Palavras-chave: saneamento indígena; sistema individual de esgotamento sanitário; estudo de concepção; tanque séptico; comunidades rurais.

ABSTRACT

Achieving universal access to sanitation services in Indigenous communities remains a major challenge due to infrastructure limitations, environmental conditions, and the sociocultural specificities of these territories. In this context, this study aimed to develop a conceptual design for the sanitary sewage system of the Cajuanguawa community, located in the Assurini do Trocará Indigenous Territory, Pará State, Brazil, proposing a technical solution compatible with local conditions. This applied research adopted a qualitative and quantitative approach through a case study. Initially, the existing sanitation system was assessed based on technical documents, field inspections, and information obtained from a sanitary and environmental technical assessment. Subsequently, the design population and domestic wastewater contributions were estimated to support the development of two conceptual alternatives based on decentralized wastewater treatment systems. The alternatives were evaluated using technical, operational, economic, environmental, and sociocultural criteria, considering the specific characteristics of the Indigenous community. The assessment revealed structural and operational deficiencies in the existing system, including flooding, maintenance difficulties, low acceptance of dry toilets, and reduced sanitary performance. Among the evaluated alternatives, the system consisting of a household sanitary module, septic tank, anaerobic

filter, and soakaway pit showed the best overall performance, mainly due to its construction simplicity, ease of operation, lower implementation cost, and greater compatibility with local conditions. The findings demonstrate that the proposed methodology provides a technically feasible and context-appropriate solution, supporting future design and implementation stages of wastewater systems in Indigenous communities and other isolated rural areas. Furthermore, the study highlights that conceptual design based on technical, operational, and sociocultural criteria is an effective approach for selecting appropriate wastewater treatment technologies in Indigenous territories.

Keywords: Indigenous sanitation; decentralized wastewater treatment; conceptual design; septic tank; rural communities.

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	7
1.1	OBJETIVOS.....	8
1.1.1	Geral.....	8
1.1.2	Específicos.....	8
2	RESULTADOS.....	9
	RESUMO	10
	ABSTRACT.....	10
	INTRODUÇÃO.....	11
	MATERIAIS E MÉTODOS	12
	ÁREA DE ESTUDO.....	12
	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
	DIAGNÓSTICO DO SES EXISTENTE	14
	ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SES.....	15
	AVALIAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL DAS ALTERNATIVAS	15
	SELEÇÃO DA ALTERNATIVA ADEQUADA.....	15
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
	DIAGNÓSTICO DO SES.....	16
	CAUSAS DO INSUCESSO DOS SISTEMAS ANTERIORES	18
	ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO DO SES.....	19
	PRÉ-DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DA ALTERNATIVA SELECIONADA	21
	AVALIAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL DAS ALTERNATIVAS	21
	CONCLUSÕES	24
	REFERÊNCIAS	25

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O acesso aos serviços de saneamento básico constitui um dos principais desafios para a promoção da saúde pública, da qualidade ambiental e da dignidade humana, especialmente em comunidades rurais, tradicionais e indígenas, onde as limitações de infraestrutura e as particularidades socioculturais dificultam a adoção de soluções convencionais de esgotamento sanitário. Nesse contexto, torna-se fundamental o desenvolvimento de estudos que proponham tecnologias compatíveis com as características locais, contribuindo para a ampliação do acesso ao saneamento de forma segura e sustentável.

A Terra Indígena Assurini do Trocará representa um exemplo dessa realidade. Apesar da implantação de sistemas de esgotamento sanitário como medida compensatória aos impactos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, avaliações técnicas evidenciaram limitações operacionais e construtivas que comprometem o desempenho das soluções existentes. Esse cenário demonstra a importância da realização de estudos de concepção que permitam reavaliar as tecnologias adotadas e subsidiar a proposição de alternativas mais adequadas às necessidades da comunidade.

Diante desse contexto, este trabalho desenvolve um estudo de concepção para o sistema de esgotamento sanitário do núcleo Cajuanguawa, considerando aspectos técnicos, operacionais, econômicos, ambientais e socioculturais. A pesquisa fundamenta-se nas diretrizes das normas técnicas brasileiras aplicáveis aos sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário e nas recomendações para o planejamento de soluções descentralizadas destinadas a pequenas comunidades.

O desenvolvimento do estudo compreende inicialmente a caracterização da área de estudo e o diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário existente, seguido da elaboração de alternativas de concepção compatíveis com as condições locais. Posteriormente, essas alternativas são avaliadas por meio de critérios técnico-operacionais, permitindo identificar a solução mais adequada para atender às necessidades da comunidade e subsidiar futuras etapas de projeto.

Por fim, espera-se que os resultados obtidos contribuam para o planejamento de sistemas de esgotamento sanitário em comunidades indígenas e demais populações rurais da Amazônia, fornecendo uma metodologia aplicável a contextos semelhantes e apoiando a tomada de decisão por órgãos públicos, instituições de pesquisa e profissionais envolvidos na implantação de soluções de saneamento em áreas isoladas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Elaborar um estudo de concepção para o sistema de esgotamento sanitário (SES) do núcleo Cajuanguawa, localizado na Terra Indígena Assurini do Trocará, visando subsidiar uma solução técnica compatível com as condições locais.

1.1.2 Específicos

- Realizar o diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário existente no núcleo Cajuanguawa.
- Desenvolver um estudo de concepção propondo alternativas de sistemas individuais (descentralizados) compatíveis com as características da comunidade.
- Proceder à avaliação técnico-operacional das alternativas, considerando critérios técnicos, econômicos, ambientais e socioculturais.
- Selecionar a alternativa mais adequada para servir de base para projetos futuros de implantação.

2 RESULTADOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está estruturado em formato de artigo científico e, portanto, apresenta organização distinta da estrutura convencional de uma monografia, seguido as normas de publicação do periódico escolhido SCIENTIA PLENA, ISSN 1808-2793.

ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM UM TERRITÓRIO INDÍGENA

RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver um estudo de concepção para o sistema de esgotamento sanitário do núcleo Cajuanguawa, pertencente à Terra Indígena Assurini do Trocará, no estado do Pará, propondo uma solução técnica compatível com as condições locais. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso. Inicialmente, foi realizado o diagnóstico do sistema existente a partir de documentos técnicos, inspeções de campo e informações provenientes de perícia sanitária e ambiental. Em seguida, foram estimadas a população de projeto e as contribuições de esgoto sanitário, subsidiando a formulação de duas alternativas de concepção baseadas em sistemas individuais de tratamento. As alternativas foram avaliadas por meio de critérios técnicos, operacionais, econômicos, ambientais e socioculturais, considerando as particularidades da comunidade indígena. O diagnóstico evidenciou limitações estruturais e operacionais nas unidades existentes, incluindo alagamentos, dificuldades de manutenção, baixa aceitação das fossas secas e comprometimento da eficiência sanitária. Entre as alternativas analisadas, o sistema composto por módulo sanitário, tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro apresentou o melhor desempenho global, destacando-se pela simplicidade construtiva, facilidade de operação, menor custo de implantação e maior adequação às condições locais. Conclui-se que a metodologia adotada permitiu selecionar uma solução tecnicamente viável e compatível com a realidade da comunidade, fornecendo subsídios para futuras etapas de projeto e implantação de sistemas de esgotamento sanitário em comunidades indígenas e outras áreas rurais isoladas.

Palavras-chave: saneamento indígena; sistema individual de esgotamento sanitário; estudo de concepção; tanque séptico; filtro anaeróbio; comunidades rurais.

ABSTRACT

Achieving universal access to sanitation services in Indigenous communities remains a major challenge due to infrastructure limitations, environmental conditions, and the sociocultural specificities of these territories. In this context, this study aimed to develop a conceptual design for the sanitary sewage system of the Cajuanguawa community, located in the Assurini do Trocará Indigenous Territory, Pará State, Brazil, proposing a technical solution compatible with local conditions. This applied research adopted a qualitative and quantitative approach through a case study. Initially, the existing sanitation system was assessed based on technical documents, field inspections, and information obtained from a sanitary and environmental technical assessment. Subsequently, the design population and domestic wastewater contributions were estimated to support the development of two conceptual alternatives based on decentralized wastewater treatment systems. The alternatives were evaluated using technical, operational, economic, environmental, and sociocultural criteria, considering the specific characteristics of the Indigenous community. The assessment revealed structural and operational deficiencies in the existing system, including flooding, maintenance difficulties, low acceptance of dry toilets, and reduced sanitary performance. Among the evaluated alternatives, the system consisting of a household sanitary module, septic tank, anaerobic filter, and soakaway pit showed the best overall performance, mainly due to its construction simplicity, ease of

operation, lower implementation cost, and greater compatibility with local conditions. The findings demonstrate that the proposed methodology provides a technically feasible and context-appropriate solution, supporting future design and implementation stages of wastewater systems in Indigenous communities and other isolated rural areas. Furthermore, the study highlights that conceptual design based on technical, operational, and sociocultural criteria is an effective approach for selecting appropriate wastewater treatment technologies in Indigenous territories.

Keywords: Indigenous sanitation; decentralized wastewater treatment; conceptual design; septic tank; anaerobic filter; rural communities.

INTRODUÇÃO

O acesso ao esgotamento sanitário adequado permanece como um dos principais desafios para a universalização do saneamento básico, especialmente em comunidades rurais, tradicionais e indígenas. Embora o Brasil tenha avançado na formulação de políticas públicas voltadas ao setor, a cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgoto ainda apresenta elevada desigualdade territorial, sendo significativamente inferior nas áreas rurais e em comunidades isoladas, onde predominam soluções individuais ou descentralizadas de tratamento (BRASIL, 2023).

Em comunidades indígenas, esse desafio torna-se ainda mais complexo devido às particularidades geográficas, culturais e organizacionais desses territórios. A dispersão das moradias, as dificuldades de acesso, a limitação da infraestrutura pública e a necessidade de respeito às práticas culturais exigem que os sistemas de esgotamento sanitário sejam concebidos de forma distinta daquela tradicionalmente empregada em áreas urbanas. Nesse contexto, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) recomenda que as soluções de saneamento sejam definidas considerando simultaneamente critérios técnicos, ambientais, econômicos, operacionais e socioculturais, priorizando tecnologias apropriadas às características de cada comunidade (BRASIL, 2019).

Entre as alternativas disponíveis, os sistemas individuais de tratamento de esgoto têm sido amplamente recomendados para comunidades de pequeno porte devido à simplicidade operacional, menor custo de implantação e reduzida necessidade de infraestrutura de coleta. Estudos indicam que sistemas descentralizados podem ser adequados a comunidades rurais dispersas, sobretudo quando sua concepção considera as condições locais de operação, manutenção e sustentabilidade (SHA et al., 2024).

Diversos autores destacam que intervenções em saneamento desenvolvidas sem a participação da comunidade ou desconsiderando seus hábitos de uso tendem a apresentar menor aceitação, abandono precoce das unidades e dificuldades de operação e manutenção, comprometendo a sustentabilidade dos investimentos realizados (NELSON et al., 2021). Assim, a seleção da tecnologia deve ultrapassar critérios exclusivamente técnicos, incorporando aspectos

relacionados à facilidade de uso, manutenção, disponibilidade de materiais e adequação às práticas culturais locais.

Na Terra Indígena Assurini do Trocará, localizada nos municípios de Tucuruí e Baião, no estado de Pará, foram implantados sistemas individuais de esgotamento sanitário como parte das medidas compensatórias decorrentes da construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Contudo, perícia técnica realizada pela Universidade Federal do Pará identificou limitações operacionais, construtivas e de aceitação das soluções implantadas, indicando a necessidade de reavaliação da concepção adotada e da proposição de alternativas mais compatíveis com a realidade da comunidade.

Apesar do crescente número de pesquisas sobre tecnologias descentralizadas de tratamento de esgoto, observa-se que a literatura concentra-se predominantemente na avaliação de desempenho de unidades individuais ou em estudos de dimensionamento, sendo ainda escassos os trabalhos voltados à concepção de sistemas de esgotamento sanitário para comunidades indígenas. Essa lacuna é particularmente evidente na Amazônia brasileira, onde as condições ambientais e a diversidade sociocultural exigem soluções específicas para cada contexto.

Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo desenvolver um estudo de concepção para o sistema de esgotamento sanitário do núcleo Cajuanguawa, pertencente à Terra Indígena Assurini do Trocará, propondo e avaliando alternativas de sistemas individuais de tratamento capazes de atender às condições locais e subsidiar futuras etapas de projeto e implantação.

MATERIAIS E MÉTODOS

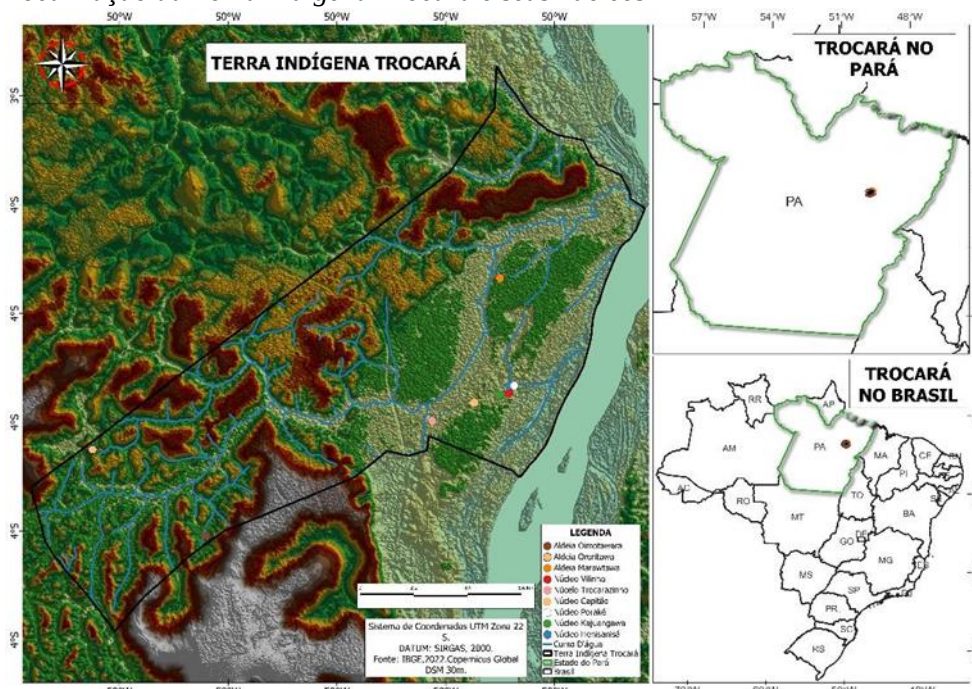
Este estudo caracteriza-se como aplicado, de abordagem quali-quantitativa, com objetivos exploratórios e descritivos, desenvolvido por meio de um estudo de caso. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso, estratégia indicada para investigações que buscam compreender fenômenos contemporâneos inseridos em seu contexto real, sobretudo quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos (YIN, 2015).

ÁREA DE ESTUDO

A área de intervenção compreende a Terra Indígena Assurini do Trocará, localizada nos municípios de Tucuruí e Baião, no estado do Pará. A Terra Indígena é habitada pelo povo Assurini do Tocantins e é composta pelas aldeias Trocará (subdividida nos núcleos Porakê, Vilinha, Henonewara, Henisanisá, Cajuanguawa, Capitão e Trocarazinho), Marawytawa, Oimotawara e Ororitawa (Figura 1). A região foi diretamente impactada pela implantação da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, tornando-se objeto de programas de compensação socioambiental voltados à implantação de sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos. Embora seja apresentada uma caracterização geral da Terra Indígena, este estudo foi desenvolvido especificamente para o núcleo Cajuanguawa, selecionado por apresentar as condições

mais críticas do sistema de esgotamento sanitário existente. Além disso, a proposta poderá servir como modelo para futuras intervenções nas demais aldeias.

Figura 1: Localização da Terra Indígena Trocará e seus núcleos



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

O presente estudo está inserido no contexto de uma Ação Civil Pública decorrente do Termo de Acordo Judicial firmado entre o Ministério Público Federal e a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte/Eletronorte), que estabeleceu a execução do Programa Assurini como medida compensatória pelos impactos da UHE Tucuruí. Nesse contexto, a Universidade Federal do Pará (UFPA), por meio do Parque de Tecnologia do Lago de Tucuruí (TECNOLAGO), realizou uma perícia técnica para avaliar os sistemas implantados nas aldeias (água, esgoto e resíduos sólidos), identificando suas principais deficiências. A presente pesquisa deriva desse processo pericial e concentra-se exclusivamente na elaboração de um estudo de concepção para o sistema de esgotamento sanitário do núcleo Cajuanguawa, visando subsidiar uma solução técnica compatível com as condições locais.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos foram estruturados conforme as diretrizes estabelecidas para estudos de concepção do SES. Essa sequência está em conformidade com a ABNT NBR 9648, que define o estudo de concepção como a etapa destinada à avaliação de diferentes arranjos técnicos, econômicos, ambientais e sociais para subsidiar a escolha da solução mais adequada (ABNT, 1986; BRASIL, 2024). Com base nisto, o presente estudo foi desenvolvido em quatro etapas principais: (i) diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário (SES) existente; (ii)

estudo de concepção do SES; (iii) avaliação técnico-operacional das alternativas e (iv) seleção da alternativa adequada ao contexto do núcleo Cajuangawa, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma das etapas metodológicas do estudo do SES para o Núcleo Cajuangawa.



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

DIAGNÓSTICO DO SES EXISTENTE

O diagnóstico do SES foi realizado a partir das informações obtidas durante a perícia sanitária e ambiental conduzida. O levantamento compreendeu três etapas: (i) análise da documentação técnica disponibilizada pelo processo judicial, incluindo estudos de concepção, projetos executivos, memoriais descritivos e documentos da Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI); (ii) inspeções técnicas realizadas nas aldeias, com entrevistas às lideranças indígenas, Agentes Indígenas de Saneamento (AISAN) e moradores; e (iii) registro fotográfico e avaliação das condições operacionais das unidades implantadas, confrontando as soluções projetadas com a situação observada em campo. O diagnóstico contemplou a caracterização das unidades que compõem o SES, bem como a verificação de aspectos relacionados ao estado de conservação, funcionamento, condições de operação, manutenção, disposição das unidades, ocorrência de infiltrações, alagamentos, saturação dos dispositivos e atendimento às necessidades da comunidade. As informações obtidas subsidiaram a identificação das principais deficiências do sistema existente e constituíram a base técnica para a formulação e avaliação das alternativas de concepção propostas neste estudo.

A inserção e a escuta da comunidade no processo de decisão seguiram preceitos metodológicos qualitativos aplicados. Foram realizadas reuniões consultivas diretamente no núcleo Cajuanguawa com a participação ativa de representantes das 10 famílias residentes (totalizando cerca de 22 adultos participantes, incluindo lideranças e o Agente Indígena de Saneamento - AISAN).

Durante as reuniões, as duas alternativas tecnológicas foram explicadas em linguagem acessível com o auxílio de recursos visuais (esquemas gráficos simplificados de funcionamento e manutenção). A comunidade manifestou de1 forma unânime a rejeição às fossas secas por causa de

odores e proliferação de insetos, validando a Alternativa 1 devido à familiaridade de alguns membros com o funcionamento de fossas convencionais com descarga e à facilidade percebida de autogestão da manutenção física do sistema.

ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SES

O estudo de concepção consistiu na proposição de um sistema individual (descentralizado) de esgotamento sanitário, desenvolvido em etapas sequenciais conforme a lógica estabelecida pela ABNT NBR 9648 para estudos de concepção de sistemas de esgotamento sanitário (ABNT, 1986). As alternativas foram avaliadas considerando critérios técnicos, operacionais, econômico, ambientais e socioculturais, tendo em vista que os sistemas destinados a comunidades indígenas devem respeitar os hábitos, a organização comunitária e os conhecimentos tradicionais, favorecendo sua aceitação e sustentabilidade (NELSON et al., 2021; TORRES-SLIMMING et al., 2023). Por fim, a alternativa considerada mais adequada foi submetida ao dimensionamento preliminar das unidades que compõem o sistema, conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 17076:2024, subsidiando a concepção do sistema de esgotamento sanitário proposto para o núcleo Cajuanguawa.

AValiação TÉCNICO-OPERACIONAL DAS ALTERNATIVAS

As alternativas de concepção propostas foram avaliadas por meio de uma análise técnico-operacional, com o objetivo de identificar a solução mais adequada às condições do núcleo Cajuanguawa. Para isso, foi realizada uma matriz comparativa que permitiu a análise integrada dos critérios técnicos, operacionais, econômicos, ambientais e socioculturais (ABNT, 1986; BRASIL, 2024). Para cada alternativa foram definidos critérios de avaliação relacionados à eficiência sanitária, facilidade construtiva, operação e manutenção, custo de implantação, custo operacional, necessidade de energia elétrica, disponibilidade de materiais, impacto ambiental e vida útil do sistema. Considerando as particularidades da comunidade estudada, também foi adotado o critério de adequação sociocultural, avaliando a compatibilidade das tecnologias propostas com os hábitos, a organização comunitária e as preferências da população indígena. A comparação entre as alternativas foi realizada de forma qualitativa, atribuindo-se conceitos para cada critério analisado, permitindo identificar os pontos fortes e as limitações de cada solução. Ao final, a alternativa que apresentou o melhor desempenho global foi selecionada como concepção recomendada para o núcleo Cajuanguawa e como base para o futuro dimensionamento das unidades.

SELEÇÃO DA ALTERNATIVA ADEQUADA

A alternativa selecionada representou a concepção do SES para o núcleo Cajuanguawa. Ressalta-se que este trabalho não contemplou o dimensionamento final das unidades que compõem a alternativa selecionada. Essa decisão está relacionada ao escopo da pesquisa, cujo objetivo

consistiu na elaboração de um estudo de concepção voltado à identificação da solução mais adequada para a área de estudo. O dimensionamento hidráulico e estrutural final das unidades requer informações complementares, como levantamentos planialtimétricos detalhados, investigações geotécnicas e ensaios de infiltração do solo, além de dados executivos que extrapolam os objetivos deste trabalho.

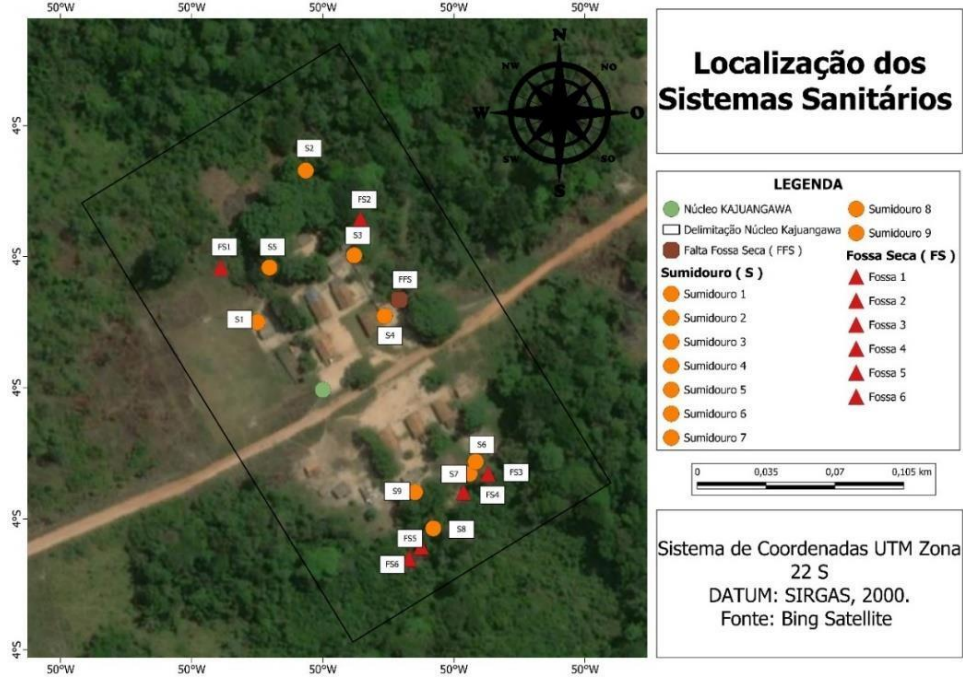
Dessa forma, a alternativa selecionada constitui a base técnica para o desenvolvimento das etapas subsequentes de projeto básico e projeto executivo, nas quais deverão ser realizados o dimensionamento definitivo das unidades, a definição das especificações construtivas e a elaboração dos documentos necessários à futura implantação do SES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DIAGNÓSTICO DO SES

Neste núcleo residem 34 indígenas, sendo 25 adultos e 9 crianças, distribuídos em 10 residências. Foram construídos nove conjuntos compostos por jirais, sumidouros e sete fossas secas. Os conjuntos identificados como 2 e 4 não possuem fossas secas, conforme apresentado na Figura 3. O diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário do núcleo Cajuanguawa evidenciou que as unidades atualmente implantadas não atendem adequadamente às condições de operação e segurança sanitária requeridas para o atendimento da comunidade, comprometendo a eficiência do sistema e sua utilização pela população.

Figura 3: Distribuição dos sistemas no Núcleo Cajuanguawa.

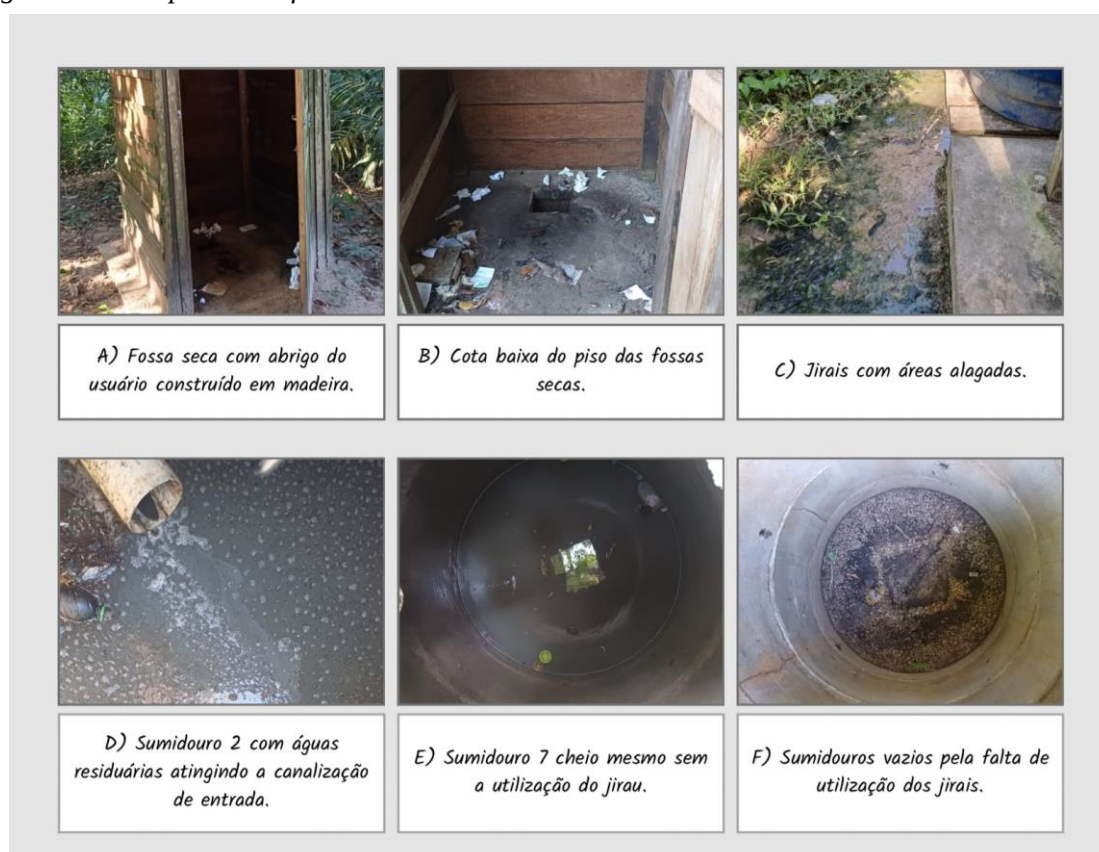


Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Entre os principais problemas identificados destacam-se a existência de sumidouros sem utilização devido ao abandono dos jirais, unidades com acúmulo permanente de águas residuárias,

alagamentos frequentes nas áreas de utilização, fossas secas implantadas em cotas inferiores ao terreno natural, favorecendo a entrada de águas pluviais, além de processos erosivos que comprometem a estabilidade estrutural de algumas unidades. Também foram observadas condições que dificultam a operação e manutenção do sistema, reduzindo sua vida útil e aumentando os riscos de contaminação ambiental. Essas evidências reforçam a necessidade de substituição da concepção atualmente implantada por uma solução tecnicamente mais robusta e compatível com as condições locais. A Figura 4 apresenta exemplos das principais inconformidades observadas.

Figura 4: Principais inconformidades observadas.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

O Programa Nacional de Saneamento Rural destaca que as soluções destinadas às áreas rurais devem ser adequadas às condições ambientais, econômicas e institucionais locais, incluindo estratégias de gestão, operação e manutenção compatíveis com a realidade das comunidades atendidas (BRASIL, 2019).

Além dos aspectos construtivos, observou-se baixa aceitação das fossas secas pela comunidade, principalmente devido ao desconforto causado pelos odores, dificuldade de limpeza e limitação de uso quando comparadas aos banheiros convencionais. Durante as visitas técnicas, os moradores manifestaram preferência por instalações dotadas de vaso sanitário com descarga, evidenciando que a aceitação social constitui requisito fundamental para a permanência e o correto funcionamento das soluções propostas. Esse resultado é consistente com Nelson et al. (2021), que

destacam a importância da participação comunitária para a permanência, a funcionalidade e a sustentabilidade das intervenções em água e saneamento.

Por utilizar o sumidouro como unidade de disposição final de efluentes no solo, torna-se imperativo discutir a dinâmica hidrogeológica local da Terra Indígena Assurini do Trocará. Historicamente, a região apresenta solos com horizontes argilo-arenosos e o lençol freático oscila significativamente ao longo do ano por conta dos períodos chuvosos.

Durante o chamado "inverno amazônico" (período de chuvas intensas entre dezembro e maio), ocorre a elevação natural do nível freático e a saturação do solo superficial. Essa condição reduz drasticamente a capacidade de infiltração do solo, explicando os alagamentos recorrentes observados nos sumidouros atualmente implantados.

Para garantir a adequação ambiental e mitigar a vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas (captações por poços rasos), a base do sumidouro da alternativa recomendada deverá ser mantida a, no mínimo, 1,50 metros de distância do nível máximo do lençol freático na época chuvosa, conforme dita a NBR 13969:1997. Caso o lençol seja excessivamente raso na área, a alternativa deverá ser tecnicamente adaptada em fase de projeto básico para valas de infiltração rasas, por exemplo, evitando falhas operacionais.

Além disso, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) estabelece que tecnologias destinadas às populações rurais e tradicionais devem considerar simultaneamente aspectos técnicos, ambientais, econômicos, culturais e institucionais, priorizando soluções adaptadas ao contexto local em detrimento da simples reprodução de modelos urbanos. Diante desse diagnóstico, verifica-se que a simples recuperação das estruturas existentes não seria suficiente para garantir segurança sanitária, justificando a formulação de novas alternativas de concepção baseadas em módulos sanitários convencionais associados a sistemas individuais de tratamento de esgoto.

CAUSAS DO INSUCESSO DOS SISTEMAS ANTERIORES

A análise pericial identificou que o fracasso das intervenções anteriores do Programa Assurini não decorreu apenas de fadiga natural dos materiais, mas de falhas de concepção e de fatores institucionais e operacionais:

- a) Falta de Adequação Topográfica: As fossas secas foram implantadas em depressões topográficas (cotas baixas) sem a devida proteção contra enxurradas, resultando em inundações pluviais recorrentes.
- b) Incompatibilidade Cultural: A escolha de fossas secas (sem uso de água) ignora os hábitos de higiene e uso da comunidade do núcleo Cajuanguawa, que prefere e demanda banheiros convencionais com bacia sanitária hidráulica e água para limpeza.
- c) Ausência de Capacitação e Gestão: Não houve um programa de educação em saneamento ou treinamento para os Agentes Indígenas de Saneamento (AISAN) sobre como realizar a limpeza

periódica e o descarte do lodo acumulado, gerando o abandono das estruturas ao primeiro sinal de saturação.

ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO DO SES

Com base no diagnóstico e nas características ambientais, socioculturais e nas opiniões dos indígenas do núcleo Cajuanguawa, foram formuladas duas alternativas de concepção para o sistema individual de esgotamento sanitário. Ambas as alternativas apresentaram potencial para substituir as fossas secas atualmente utilizadas na comunidade. Estas contemplam módulos sanitários convencionais e sistemas individuais de tratamento, diferenciando-se apenas pela tecnologia empregada na etapa de tratamento dos efluentes.

A Alternativa 1, composta por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro, apresentou desempenho superior nos critérios relacionados à disponibilidade de materiais, facilidade de manutenção, custo de implantação e vida útil. Trata-se de uma tecnologia amplamente difundida no Brasil, com procedimentos consolidados de dimensionamento, construção e operação, favorecendo futuras intervenções sem necessidade de equipamentos especializados. Essa solução está alinhada às orientações do Programa Nacional de Saneamento Rural, que recomenda a adoção de tecnologias apropriadas, de operação simples e compatíveis com as condições das comunidades rurais (BRASIL, 2019).

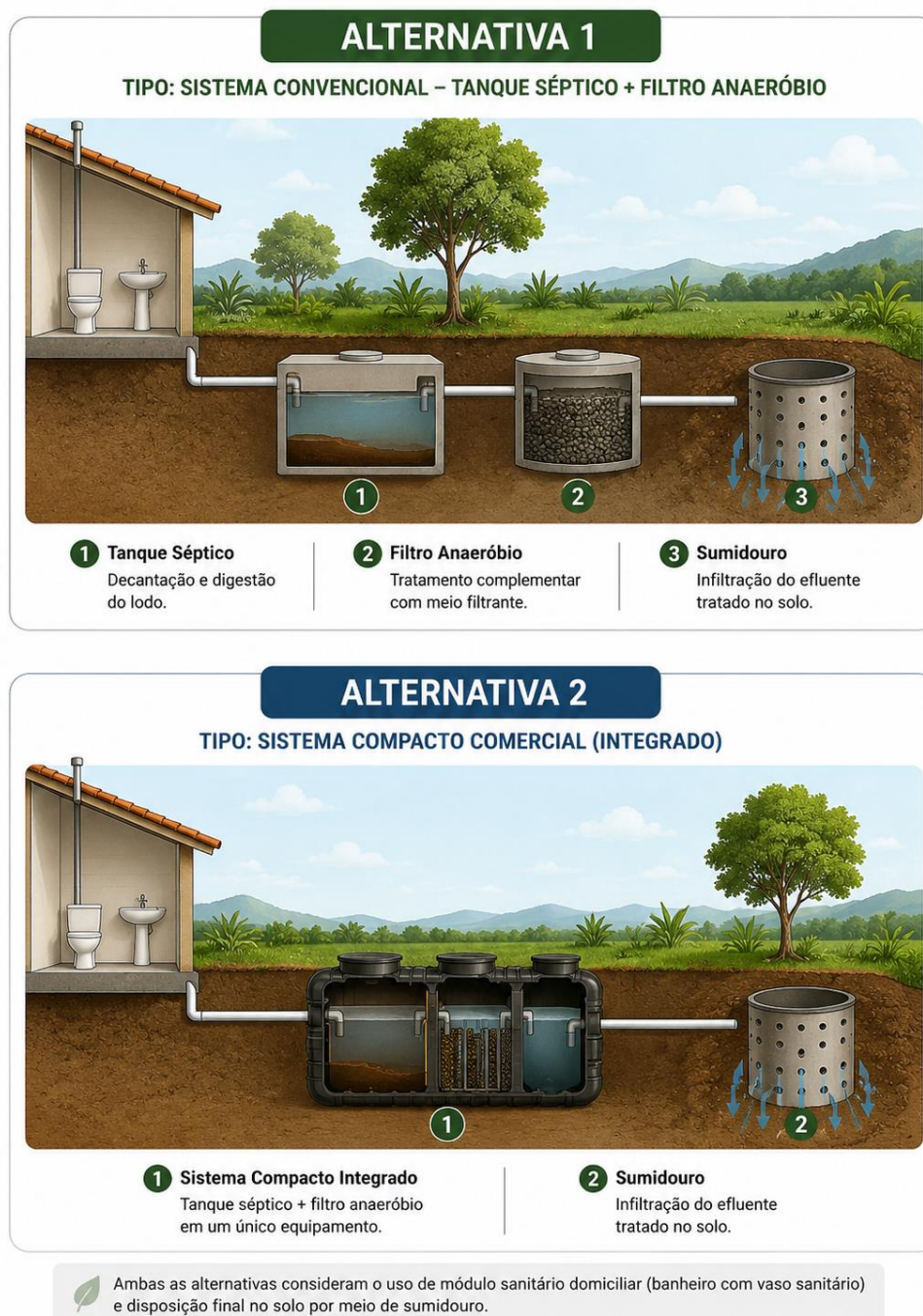
A Alternativa 2, composta por sistema individual compacto em PEAD, apresentou vantagens relacionadas à rapidez de instalação, padronização construtiva e menor interferência durante a execução. Entretanto, sua adoção implica maior dependência de equipamentos industrializados, custo inicial mais elevado e menor disponibilidade de fornecedores para reposição e manutenção. Resultados semelhantes foram observados por Zapasa et al. (2022), que verificaram que, em comunidades rurais, tecnologias compactas frequentemente apresentam bom desempenho ambiental, porém seus custos de implantação e manutenção representam importante fator limitante para sua adoção em localidades com restrições econômicas. Zapasa et al. (2022) destacam que a sustentabilidade de sistemas rurais de esgotamento sanitário depende da integração entre aspectos técnicos, financeiros, ambientais e sociais.

Sob o ponto de vista ambiental, ambas as alternativas promovem tratamento prévio dos efluentes antes da disposição no solo, reduzindo o risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas quando corretamente dimensionadas e operadas. Sha et al. (2024) destacam que tecnologias descentralizadas de tratamento constituem alternativas eficientes para comunidades rurais, desde que compatíveis com as características locais e acompanhadas por adequada operação e manutenção. Adicionalmente, Sha et al. (2024) também destacam que sistemas descentralizados representam alternativa adequada para comunidades dispersas, reduzindo a necessidade de extensas redes coletoras e favorecendo soluções compatíveis com as condições locais.

Ambas as propostas contemplam a substituição dos jirais e fossas secas por módulos

sanitários domiciliares dotados de vaso sanitário com descarga, lavatório e chuveiro, proporcionando melhores condições de higiene, conforto e segurança sanitária aos indígenas, que, atualmente, estão insatisfeitos com as unidades implantadas. As alternativas diferem apenas quanto à tecnologia empregada para o tratamento dos esgotos domésticos, permanecendo inalteradas as demais estruturas hidráulicas e sanitárias. A Figura 5 ilustra a configuração das duas alternativas.

Figura 5: Configuração das duas alternativas de Sistemas Sanitários.



Fonte: Adaptado de IA (2026).

PRÉ-DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DA ALTERNATIVA SELECIONADA

Embora este estudo se configure como um estudo de concepção, realizou-se um pré-dimensionamento preliminar da Alternativa 1 (Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio + Sumidouro) para demonstrar a viabilidade técnica e espacial da proposta para o núcleo Cajuanguawa.

O cálculo populacional baseou-se nos 34 habitantes diagnosticados. Adotou-se uma contribuição diária de esgoto (C) de 80 L/hab.dia (padrão para comunidades rurais com abastecimento regular) e um coeficiente de retorno (R) de 0,8, resultando em um consumo efetivo de esgoto (q) de 64 L/hab.dia.

- Contribuição Diária Total (V):

$$V = P \times q = 34 \text{ hab} \times 64 \text{ L/hab.dia} = 2.176 \text{ L/dia} \sim 2,18 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Tanque Séptico (ABNT NBR 7229:1993):

Considerando a temperatura média local elevada da Amazônia (acima de 20 °C), o período de detenção (T) estimado é de 1 dia, e a taxa de acumulação de lodo fresco (K) de 57 dias. O volume útil mínimo (V_u) calculado pela fórmula $V_u = 1000 + N \times (C \times T + K \times L_f)$ resultou em uma necessidade de capacidade útil de aproximadamente 4,2 m³ por sistema multifamiliar ou subdividido proporcionalmente pelas 10 residências do núcleo (média de 1,2 m³ por módulo individual domiciliar).

- Filtro Anaeróbio (ABNT NBR 13969:1997):

Com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 1,2 dias, o volume útil necessário para o leito filtrante é de cerca de 2,6 m³ para a vazão total, ou 0,8 m³ dimensionado individualmente por residência.

- Sumidouro (Área de Infiltração):

Adotando-se uma taxa de percolação estimada para solos predominantemente franco-arenosos/argilosos da região de 50 L/m².dia, estima-se que a área de infiltração necessária do sumidouro seja de 43,5 m² distribuídos proporcionalmente nos módulos de descarte.

AVALIAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL DAS ALTERNATIVAS

A análise demonstrou que ambas as alternativas apresentam potencial para atender às necessidades sanitárias do núcleo Cajuanguawa. Entretanto, diferenças importantes foram observadas entre elas. A Alternativa 1 apresentou vantagens relacionadas à simplicidade construtiva, facilidade de operação, reduzida necessidade de manutenção especializada, menor custo de implantação e menor área requerida para instalação. Além disso, trata-se de uma

tecnologia amplamente difundida no Brasil, favorecendo futuras intervenções e manutenção pelas equipes responsáveis.

Por outro lado, a Alternativa 2 apresentou maior potencial de remoção complementar de nutrientes e microrganismos, além de melhor integração paisagística ao ambiente natural. Entretanto, sua implantação requer áreas maiores, controle periódico da vegetação, manejo do meio filtrante e maior acompanhamento operacional, aspectos que podem dificultar sua aplicação nas condições atuais da comunidade. O Quadro 1 apresenta a matriz comparativa utilizada na avaliação das alternativas propostas.

Quadro 1: Matriz de comparação das alternativas tecnológicas

Critério/parâmetro técnico	Alternativa 1 – Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio (TS + FA)	Alternativa 2 – Sistema Compacto Comercial (Integrado)
População de projeto	34 habitantes	34 habitantes
Capacidade de atendimento	Sistema dimensionado para atender 34 habitantes ($\approx 5,4 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$)	Unidade comercial com capacidade nominal para atender 34 habitantes ($\approx 5,4 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$)
Tecnologia de tratamento	Tanque séptico + filtro anaeróbio + sumidouro	Sistema compacto integrado
Atendimento às ABNT NBR 7229:1993 e ABNT NBR 13969:1997	Excelente	Excelente
Eficiência esperada de tratamento	Alta (remoção de DBO superior a 70%)	Alta (remoção de DBO superior a 80%)
Facilidade de implantação	Boa (execução em campo com escavação e estruturas em concreto/alvenaria)	Excelente (equipamento pré-fabricado de rápida instalação)
Facilidade de operação e manutenção	Boa (limpeza periódica do tanque séptico)	Muito boa (acesso facilitado às unidades integradas)
Disponibilidade de materiais	Excelente (materiais convencionais disponíveis regionalmente)	Boa (dependência de fornecedores especializados e logística de transporte)
Necessidade de mão de obra especializada	Baixa	Alta
Vida útil estimada	Elevada (>20 anos, com manutenção adequada)	Elevada (>20 anos, conforme fabricante)
Custo de implantação	Menor	Maior
Adequação às condições locais	Excelente (tecnologia consolidada, robusta e amplamente difundida)	Boa (vantagem logística, porém maior dependência de equipamentos industrializados)
Aceitação pela comunidade	Alta	Baixa

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A análise comparativa evidenciou que a Alternativa 1 apresentou o melhor desempenho global quando considerados simultaneamente os critérios técnicos, econômicos, operacionais, ambientais e socioculturais estabelecidos para o estudo. Embora ambas as soluções atendam às normas brasileiras aplicáveis aos sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário, a

alternativa convencional demonstrou maior viabilidade para implantação no núcleo Cajuanguawa em razão da ampla disponibilidade de materiais, facilidade construtiva, menor custo de implantação, simplicidade de operação e maior facilidade de manutenção ao longo da vida útil do sistema. Essa escolha está alinhada às recomendações do Programa Nacional de Saneamento Rural, que orienta a seleção de tecnologias apropriadas considerando simultaneamente as características físicas do território, a capacidade operacional da comunidade, a sustentabilidade financeira e a adequação sociocultural das soluções adotadas.

A adoção dessa solução tende a proporcionar melhores condições de higiene, reduzir riscos de contaminação ambiental e aumentar a confiabilidade operacional do sistema, além de favorecer futuras ações de manutenção pela própria comunidade ou pelo poder público. A Alternativa 1 constitui a base técnica para o desenvolvimento das etapas subsequentes de projeto básico e projeto executivo, nas quais deverão ser realizados o dimensionamento definitivo das unidades, a definição das especificações construtivas e a elaboração dos documentos necessários à futura implantação do sistema de esgotamento sanitário.

Embora o dimensionamento executivo não tenha sido objeto deste estudo de concepção, foi realizada uma estimativa paramétrica de custos de implantação utilizando como referência a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) para o estado do Pará.

- Alternativa 1 (Convencional - Alvenaria/Concreto): O custo médio estimado por módulo individual domiciliar (composto por tanque séptico em anéis de concreto de 1,2 m³, filtro anaeróbio em anéis de concreto com brita e sumidouro) é de R\$ 3.800,00 a R\$ 4.500,00, totalizando aproximadamente R\$ 45.000,00 para atender às demandas de todo o núcleo Cajuanguawa. Os materiais necessários (cimento, tijolos, areia, brita e tubos de PVC) são de fácil aquisição regional em Tucuruí.
- Alternativa 2 (Sistema Compacto em PEAD): As estações compactas comerciais integradas de marcas de referência no mercado nacional possuem custo médio de aquisição de R\$ 6.500,00 a R\$ 8.000,00 por unidade instalada de mesma capacidade, além dos custos de frete logístico fluvial/terrestre até a terra indígena. O investimento total estimado superaria os R\$ 75.000,00.

Essa diferença financeira de quase 40% reforça a viabilidade econômica e a sustentabilidade da Alternativa 1 para programas de saneamento em terras indígenas com recursos orçamentários limitados.

CONCLUSÕES

O sistema atual, composto por jirais, sumidouros e fossas secas, é ineficaz e apresenta diversas falhas, como alagamentos, processos erosivos e baixa aceitação social devido a odores e desconforto. A simples recuperação das estruturas não seria suficiente para garantir a segurança sanitária. A Alternativa 1, constituída por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro, mostrou-se a solução mais viável. Ela apresentou desempenho superior em termos de disponibilidade de materiais, facilidade de manutenção e menor custo de implantação. A escolha reafirma que, em territórios indígenas, a tecnologia deve respeitar os hábitos e a organização comunitária para garantir a sustentabilidade e aceitação do sistema.

Como limitação, o trabalho dedicou-se ao estudo de concepção e seleção da alternativa, não contemplando o dimensionamento hidráulico e estrutural definitivo das unidades. Além disso, a realização do projeto executivo completo foi limitada pela ausência de informações complementares detalhadas, tais como levantamentos planialtimétricos, investigações geotécnicas específicas e ensaios de infiltração do solo.

Como trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento das etapas subsequentes de projeto, utilizando a Alternativa 1 como base técnica para realizar o dimensionamento definitivo e a definição das especificações construtivas. A proposta desenvolvida para o núcleo Cajuanguawa poderá servir como modelo para futuras intervenções nas demais aldeias da Terra Indígena Assurini do Trocará. Estudos futuros podem focar na capacitação dos Agentes Indígenas de Saneamento (AISAN) para a operação e manutenção do novo sistema proposto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9648: estudo de concepção de sistemas de esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7229: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17076: sistemas de esgotamento sanitário – projeto, construção e operação de sistemas de tratamento e disposição de efluentes domésticos em áreas isoladas, rurais e pequenas comunidades**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 5. ed. Brasília, DF: Funasa, 2019.

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

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diagnóstico temático: serviços de água e esgoto: visão geral – ano de referência 2022**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Diretrizes para elaboração de projetos de engenharia**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2024.

NELSON, Sarah; DRABAREK, Dorothy; JENKINS, Aaron; NEGIN, Joel; ABIMBOLA, Seye. **How community participation in water and sanitation interventions impacts human health, WASH infrastructure and service longevity in low-income and middle-income countries: a realist review**. *BMJ Open*, London, v. 11, n. 12, e053320, 2021. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-053320.

SHA, Chuqiao; SHEN, Shuting; ZHANG, Junjun; ZHOU, Chao; LU, Xiwu; ZHANG, Hong. **A review of strategies and technologies for sustainable decentralized wastewater treatment**. *Water*, v. 16, n. 20, art. 3003, 2024. DOI: 10.3390/w16203003.

TORRES-SLIMMING, Patricia A.; CARCAMO, César P.; WRIGHT, Carlee J.; LANCHI, Guillermo; ZAVALA-CORTIJO, Carol; KING, Naomi; FORD, James D.; GARCIA, Patricia J.; IHACC RESEARCH TEAM; HARPER, Sherilee L. **Diarrheal disease and associations with water access and sanitation in Indigenous Shawi children along the Armanayacu River basin in Peru**. *Rural and Remote Health*, v. 23, n. 3, art. 7198, 2023. DOI: 10.22605/RRH7198.

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

ZAPASA, Alicja; MUSZ-POMORSKA, Anna; GOŁĘBIEWSKA, Justyna; WIDOMSKI, Marcin Konrad et al. **Financial, environmental and social sustainability of rural sanitary wastewater system: case study**. *Applied Water Science*, v. 12, art. 277, 2022. DOI: 10.1007/s13201-022-01799-w.

GLOSSÁRIO

AISAN (Agente Indígena de Saneamento): Profissional da comunidade indígena responsável por apoiar ações de saneamento, educação sanitária, operação e manutenção dos sistemas implantados.

Águas residuárias: Águas provenientes das atividades domésticas, contendo resíduos líquidos e sólidos que necessitam de tratamento antes da disposição no meio ambiente.

Alternativa de concepção: Proposta técnica elaborada para solucionar um problema de engenharia, considerando critérios técnicos, econômicos, ambientais, operacionais e socioculturais.

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio): Parâmetro utilizado para medir a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto, indicando seu potencial poluidor.

Efluente: Líquido resultante do uso doméstico ou de processos diversos, que é encaminhado para tratamento e disposição final.

Esgotamento sanitário: Conjunto de serviços, infraestrutura e instalações destinados à coleta, transporte, tratamento e disposição ambientalmente adequada dos esgotos sanitários.

Estudo de concepção: Etapa preliminar do planejamento de sistemas de engenharia destinada à análise e comparação de alternativas para definição da solução mais adequada às condições locais.

Filtro anaeróbio: Unidade de tratamento biológico em que microrganismos atuam na ausência de oxigênio, promovendo a remoção da matéria orgânica presente no esgoto.

Fossa seca: Sistema sanitário que não utiliza água para o transporte dos dejetos, sendo destinado ao armazenamento e estabilização dos resíduos em compartimento seco.

Jirau: Estrutura elevada, geralmente de madeira ou concreto, utilizada como piso de apoio sobre fossas secas.

Lençol freático: Camada subterrânea de água que ocupa os poros do solo e das rochas, cuja profundidade influencia diretamente a implantação de sistemas de infiltração.

Módulo sanitário: Conjunto de instalações sanitárias domiciliares composto, geralmente, por vaso sanitário, lavatório e chuveiro.

PEAD (Polietileno de Alta Densidade): Material plástico de elevada resistência mecânica e química, utilizado na fabricação de sistemas compactos de tratamento de esgoto.

Percolação: Processo de infiltração da água ou do efluente através do solo.

Pré-dimensionamento: Estimativa inicial das dimensões e capacidades das unidades de um sistema, utilizada para verificar sua viabilidade técnica antes do projeto executivo.

SES (Sistema de Esgotamento Sanitário): Conjunto de unidades destinadas à coleta, tratamento

e disposição final dos esgotos sanitários.

Sistema descentralizado de tratamento: Sistema em que o tratamento do esgoto ocorre próximo ao local de geração, dispensando extensas redes coletoras.

Sistema individual de tratamento: Sistema destinado ao atendimento de uma residência ou pequeno grupo de edificações, realizando localmente o tratamento dos esgotos.

Sumidouro: Unidade destinada à disposição final do efluente tratado por infiltração no solo, permitindo sua absorção natural quando as condições geotécnicas e hidrogeológicas são favoráveis.

Tanque séptico: Unidade de tratamento primário do esgoto, na qual ocorre a sedimentação dos sólidos e a decomposição anaeróbia da matéria orgânica.

Tempo de detenção hidráulica (TDH): Tempo médio de permanência do esgoto no interior de uma unidade de tratamento, influenciando sua eficiência.

Tratamento anaeróbio: Processo biológico de tratamento realizado por microrganismos na ausência de oxigênio, amplamente empregado em sistemas individuais de esgotamento sanitário.

Vazão de esgoto: Volume de esgoto gerado por unidade de tempo, utilizado como parâmetro para o dimensionamento das unidades de tratamento.