



ARSÊNIO MÁRIO CAETANO

**EQUIDADE, SEGURANÇA E SUSTENTABILIDADE NOS
SERVIÇOS DE SANEAMENTO PELA FERRAMENTA
CWIS-FIT EM NAMPULA, MOÇAMBIQUE**

LAVRAS - MG

2026

ARSÊNIO MÁRIO CAETANO

**EQUIDADE, SEGURANÇA E SUSTENTABILIDADE NOS
SERVIÇOS DE SANEAMENTO PELA FERRAMENTA
CWIS-FIT EM NAMPULA, MOÇAMBIQUE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, na área de Saneamento e Geotecnia Ambiental, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Ronaldo Fia
Orientador

Prof. Dr^a. Eva Costa de Barros
Co-orientadora

LAVRAS - MG

2026

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Caetano, Arsenio Mario.

Equidade, segurança e sustentabilidade nos serviços de saneamento pela
ferramenta cwis-fit em Nampula, Moçambique / Arsenio Mario Caetano. - 2026.
109 p. : il.

Orientador: Ronaldo Fia

Coorientadora: Eva Costa De Barros

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2026.
Bibliografia.

1. Citywide Inclusive Sanitation. 2. Financial Tool. 3. Esgotamento Sanitário. 4.
Cadeia de Valor de Saneamento. I. Fia, Ronaldo. II. De Barros, Eva Costa. III.
Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

ARSÊNIO MÁRIO CAETANO

**EQUIDADE, SEGURANÇA E SUSTENTABILIDADE NOS SERVIÇOS DE
SANEAMENTO PELA FERRAMENTA CWIS-FIT EM NAMPULA,
MOÇAMBIQUE**

**EQUITY, SAFETY, AND SUSTAINABILITY IN SANITATION SERVICES USING
THE CWIS-FIT TOOL IN NAMPULA, MOZAMBIQUE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, na área de Saneamento e Geotecnia Ambiental, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 05 de agosto de 2026.

Prof. Dr. Ronaldo Fia - UFLA

Dr^a. Eva Costa de Barros - Deltares

Profa. Dr^a. Camila Silva Franco - UFLA

Profa. Dr^a. Lucina Sanches - UFMT



Documento assinado digitalmente

RONALDO FIA

Data: 16/10/2026 10:31:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ronaldo Fia

Orientador

Dr^a. Eva Costa de Barros

Co-orientadora

LAVRAS - MG

2026

“Que cada distância percorrida em busca do conhecimento seja também um caminho de crescimento, reflexão e aproximação de DEUS”

“Ó meu SENHOR, aumenta-me em conhecimento’ (Alcorão 20:114).”

AGRADECIMENTOS

Ao Todo-Poderoso, o Altíssimo Deus, pela dádiva da vida, e aos meus pais pelo apoio incondicional no meu percurso acadêmico.

À Profa. Dra. Camila Silva Franco, a Profa. Dra. Eva Barros e ao Prof. Dr. Ronaldo Fia pela orientação, ensinamentos, compreensão e toda a assistência durante os últimos anos;

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, pela oportunidade e pela infraestrutura ofertada; Aos Professores, Técnicos e discentes;

Aos membros da banca de avaliação; familiares e amigos pelo apoio incondicional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (APQ-00709-21) e Universidade Federal de Lavras (UFLA).

RESUMO

O Saneamento Urbano Inclusivo (Citywide Inclusive Sanitation–CWIS) propõe sistemas capazes de garantir equidade entre usuários e trabalhadores, segurança dos serviços prestados e sustentabilidade ambiental e financeira em cidades como Nampula, Moçambique, onde os desafios relacionados ao saneamento geram impactos sociais, ambientais e econômicos. Assim, este estudo teve como objetivo analisar a inclusividade dos serviços de saneamento em Nampula e os custos associados, utilizando a ferramenta de avaliação CWIS. A pesquisa foi realizada por meio de revisão documental, identificação de 5 bairros de baixa renda (BR) e 6 de não baixa renda (NBR), além de entrevistas com informantes-chave do setor de esgotamento sanitário. Por amostragem intencional e técnica de bola de neve, foram entrevistados 53 domicílios de BR, 39 de NBR, 1 funcionário da prefeitura (Técnico de Urbanismo e Saneamento), 2 operadores de caminhões limpa-fossa e 1 grupo de limpeza manual de fossas, complementados por observações em campo. Os dados foram analisados por meio do Compendium of Sanitation Systems and Technologies (CSST), do Shit Flow Diagram (SFD) e da ferramenta financeira CWIS Financial Tool (CWIS-FiT). A análise institucional indicou percepção de sobreposição de atribuições e limitações na coordenação entre órgãos municipais, provinciais e nacionais, dificultando o planejamento e a gestão dos serviços. O CSST identificou 4 sistemas distintos de esgotamento sanitário, demonstrando a coexistência de soluções encanadas e não encanadas e a necessidade de planejamento integrado. O SFD revelou que os fluxos de esgoto são integralmente inseguros (100%), em decorrência da inexistência de tratamento de esgoto e lodo fecal. A análise do modelo de negócios indicou que usuários conectados à rede de esgoto pagam 64,2% menos pelos serviços que usuários de sistemas individuais, enquanto domicílios de BR enfrentam barreiras econômicas que restringem seu acesso aos serviços de saneamento. A ferramenta evidenciou que as receitas tarifárias atuais são insuficientes para assegurar a sustentabilidade financeira, estimando tarifas de sustentabilidade de 58 Mts/mês para sistemas encanados e 198 Mts/mês para sistemas não encanados, além de demonstrar que os serviços privados de esvaziamento apresentam superávit financeiro, em contraste com o déficit da gestão pública. A meta de universalização (100%) por meio de sistemas exclusivamente encanados em 20 anos, definido pela prefeitura, apresentou baixa viabilidade, reforçando a necessidade de incorporar soluções não encanadas ao planejamento de longo prazo. Os serviços de esvaziamento e transporte geram lucros para operadores privados, contrastando com os déficits financeiros do setor público decorrentes da baixa arrecadação tarifária. A avaliação dos indicadores do CWIS-FiT classificou a equidade e a segurança em nível intermediário (amarelo) e a sustentabilidade em nível crítico (vermelho), indicando que a universalização do saneamento depende do fortalecimento da governança, da recuperação da sustentabilidade financeira e da integração entre soluções encanadas e não encanadas. Como estratégias de inclusão, propõem-se: 1) ajustes tarifários justos entre sistemas com e sem rede, com subsídio aos domicílios de BR para cobertura de custos operacionais; 2) formalização e registro dos operadores privados para acesso ao seguro social nacional, incluindo plano de saúde; 3) prioridade na contratação de mulheres, especialmente em posições de decisão; 4) financiamento externo para expansão da rede de coleta, dos serviços de esvaziamento e instalação de estação de tratamento de esgoto e lodo; e 5) reuso do esgoto tratado e do lodo como fonte de renda. Conclui-se que a aplicação integrada do CSST, SFD e CWIS-FiT permitiu identificar os principais gargalos tecnológicos, institucionais e financeiros do setor, fornecendo subsídios para o planejamento de estratégias de saneamento urbano mais inclusivas, seguras e sustentáveis.

Palavras-Chave: Citywide Inclusive Sanitation, Financial Tool, Esgotamento Sanitário, Cadeia de Valor de Saneamento.

ABSTRACT

Citywide Inclusive Sanitation (CWIS) promotes sanitation systems capable of ensuring equity among users and workers, service safety, and environmental and financial sustainability in cities such as Nampula, Mozambique, where sanitation challenges generate social, environmental, and economic impacts. Therefore, this study aimed to analyze the inclusiveness of sanitation services in Nampula and their associated costs using the CWIS assessment framework. The research was conducted through a documentary review, identification of 5 low-income (LI) and 6 non-low-income (NLI) neighborhoods, and interviews with key informants in the sanitation sector. Using purposive and snowball sampling, 53 LI households, 39 NLI households, 1 municipal employee (Urban Planning and Sanitation Technician), 2 pit-emptying truck operators, and 1 manual pit-emptying group were interviewed, complemented by field observations. Data were analyzed using the Compendium of Sanitation Systems and Technologies (CSST), the Shit Flow Diagram (SFD), and the CWIS Financial Tool (CWIS-FiT). The institutional analysis indicated perceived overlaps in responsibilities and limitations in coordination among municipal, provincial, and national authorities, hindering service planning and management. The CSST identified 4 distinct sanitation systems, demonstrating the coexistence of sewered and non-sewered solutions and the need for integrated planning. The SFD revealed that wastewater flows are entirely unsafe (100%) due to the absence of wastewater and fecal sludge treatment. The business model analysis indicated that users connected to the sewer network pay 64.2% less for services than users of individual systems, while LI households face economic barriers that restrict their access to sanitation services. The tool showed that current tariff revenues are insufficient to ensure financial sustainability, estimating sustainable tariffs of Mts 58/month for sewered systems and Mts 198/month for non-sewered systems. It also demonstrated that private pit-emptying services generate financial surpluses, contrasting with the deficit observed in public management. The goal of 100% universal coverage through exclusively sewered systems within 20 years showed low feasibility, reinforcing the need to incorporate non-sewered solutions into long-term planning. Emptying and transport services generate profits for private operators, contrasting with financial deficits in the public sector resulting from low tariff revenues. The CWIS-FiT indicators classified equity and safety at an intermediate level (yellow) and sustainability at a critical level (red), indicating that universal sanitation coverage depends on strengthening governance, restoring financial sustainability, and integrating sewered and non-sewered solutions. The proposed inclusion strategies are: 1) fair tariff adjustments between sewered and non-sewered systems, with subsidies for LI households to cover operational costs; 2) formalization and registration of private operators to enable access to national social security, including health insurance; 3) prioritization of women in recruitment, particularly for decision-making positions; 4) external financing for expansion of the collection network, pit-emptying services, and construction of wastewater and fecal sludge treatment facilities; and 5) reuse of treated wastewater and fecal sludge as sources of income. It is concluded that the integrated application of the CSST, SFD, and CWIS-FiT enabled the identification of the main technological, institutional, and financial bottlenecks in the sector, providing a basis for planning more inclusive, safe, and sustainable urban sanitation strategies.

Keywords: Citywide Inclusive Sanitation, Financial Tool; sanitation services; sanitation service chain; financial tool.

INDICADORES DE IMPACTO

Os resultados do estudo evidenciam impactos de natureza ambiental, social, econômica, científica/educacional e tecnológica relacionados à melhoria dos serviços de saneamento na cidade de Nampula. O diagnóstico realizado revelou um cenário crítico, no qual 74% do esgoto não é contido de forma segura, apenas 12% é esvaziado adequadamente, 5% é transportado de maneira segura e 100% apresenta disposição final insegura devido à inexistência de tratamento. Esses resultados apresentam contribuição social e ambiental direta ao identificar os principais grupos e territórios vulneráveis e, potencialmente, podem subsidiar investimentos e intervenções destinados à redução dos riscos sanitários e das desigualdades entre os bairros, possibilitando na redução de lançamento de esgoto e lodo sem tratamento no meio ambiente. No âmbito econômico, verificou-se que os usuários conectados à rede de esgoto pagam 64,2% menos pelos serviços do que aqueles que utilizam sistemas individuais, enquanto as receitas do setor público são insuficientes para cobrir integralmente os custos operacionais (OPEX). Esse resultado evidencia a necessidade potencial de mecanismos de subsídio, adequação tarifária e fontes complementares de financiamento (CAPEX), conciliando sustentabilidade financeira e acessibilidade aos serviços. No campo tecnológico, a aplicação integrada do CSST, SFD e CWIS-FiT possibilitou caracterizar os sistemas existentes, modelar cenários, comparar soluções encanadas e não encanadas e subsidiar decisões relacionadas ao esvaziamento, transporte, tratamento, reúso e recuperação de recursos. Também foram identificados impactos potenciais relacionados à menor participação das mulheres no setor, à formalização e proteção social dos trabalhadores e ao fortalecimento da capacidade institucional de planejamento e gestão. Quanto às áreas temáticas da extensão, o estudo relaciona-se principalmente a meio ambiente, saúde, tecnologia e produção, trabalho, direitos humanos e justiça e educação. Os resultados também apresentam alinhamento com os ODS 6, 3, 5, 10 e 11 e, por meio do reúso e da recuperação de recursos, com os ODS 7 e 12. Dessa forma, a pesquisa fornece base técnico-científica para apoiar políticas, investimentos e ações voltadas à construção de um saneamento mais inclusivo, seguro e sustentável em Nampula, com atenção prioritária às populações de baixa renda.

IMPACT INDICATORS

The study findings demonstrate environmental, social, economic, scientific/educational, and technological impacts associated with improving sanitation services in the city of Nampula. The assessment revealed a critical situation in which 74% of excreta is not safely contained, only 12% is safely emptied, 5% is safely transported, and 100% is unsafely disposed of due to the absence of wastewater treatment facilities. These findings provide a direct social and environmental contribution by identifying the main vulnerable population groups and areas. They may also inform investments and interventions aimed at reducing public health risks and inequalities across neighbourhoods, thereby helping to reduce the discharge of untreated wastewater and faecal sludge into the environment. From an economic perspective, the study found that users connected to the sewerage network pay 64.2% less for sanitation services than those relying on on-site sanitation systems, while public-sector revenues are insufficient to fully cover operating expenditure (OPEX). This finding highlights the potential need for subsidy mechanisms, tariff adjustments, and complementary capital expenditure (CAPEX) financing sources to reconcile financial sustainability with service affordability. In the technological field, the integrated application of the CSST, SFD, and CWIS-FiT tools enabled the characterisation of existing sanitation systems, the modelling of scenarios, the comparison of sewered and non-sewered solutions, and the provision of evidence to support decision-making regarding emptying, transport, treatment, reuse, and resource recovery. The study also identified potential impacts associated with women's underrepresentation in the sanitation sector, the formalisation and social protection of sanitation workers, and the strengthening of institutional capacity for planning and management. Regarding thematic areas for university extension activities, the study is primarily related to the environment, health, technology and production, labour, human rights and justice, and education. The findings are also aligned with Sustainable Development Goals (SDGs) 6, 3, 5, 10, and 11, as well as SDGs 7 and 12, through the reuse of treated waste and resource recovery. Overall, the research provides a technical and scientific foundation to support policies, investments, and initiatives aimed at developing more inclusive, safe, and sustainable sanitation services in Nampula, with priority given to low-income populations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Cadeia de Valor de Saneamento (CVS) sem encanamento	21
Figura 2: Sistema de saneamento encanado	24
Figura 3: Sistema de saneamento não encanado	27
Figura 4: Mapa de Localização de Nampula, Moçambique	37
Figura 5: Etapas de coleta de dados primários e secundários.....	38
Figura 6: Etapas de processamento e análise dos dados.....	43
Figura 7: Imagem satélite de bairros de BR e NBR-cidade de Nampula	52
Figura 8: Sistema de saneamento de um bairro de BR com características rurais	53
Figura 9: Sistema de saneamento de um bairro de BR numa área urbana-informal	54
Figura 10: Sistema de saneamento de um bairro NBR numa área urbana-formal	55
Figura 11: Sistema de saneamento de um bairro NBR numa área urbana-central ou condomínio/edifícios	56
Figura 12: Tecnologia de interface com o usuário, A (LI-área rural), B e C (BR-área urbana/assentamento informal), D e E (NBR-área urbana/assentamento formal) e F (NBR- área urbana/centro da cidade)	57
Figura 13: Tecnologias de contenção/armazenamento, A-fossa rudimentar/sem impermeabilização; B-fossa melhorada/ com paredes impermeabilizadas e selada por cima (geralmente em áreas de BR urbana-informal e algumas áreas urbanas-formais de NBR); e C-tanque séptico	58
Figura 14: Tecnologias utilizadas no esvaziamento (BR e NBR), A e B-esvaziamento e transporte manual (áreas de NBR e alguns domicílios de áreas de BR-urbana informal) e C) em áreas de NBR	59
Figura 15: Áreas de descarga direta de esgoto; (A e B) efluentes provenientes de domicílios de BR e NBR; (C) área de descarga de esgoto fecal; (D, E e F) infiltração das águas cinzas no solo nos bairros de BR.....	60
Figura 16: Diagrama de fluxo de esgoto (SFD) da cidade de Nampula.....	64
Figura 17: Modelo de negócio atual do setor de saneamento	67
Figura 18: Projeção populacional dos próximos 20 anos sobre o saneamento sem intervenção do CWIS-FiT	69
Figura 19: Transições populacionais entre sistemas sanitários aplicadas nos próximos 20 anos	70
Figura 20: Projeção de custos em banheiros/interface do usuário	73
Figura 21: Projeção dos custos de tecnologias de armazenamento/conexão.....	74
Figura 22: Projeção dos custos de esvaziamento/transporte (A-Esgoto encanado/público e B- Esgoto não encanado/privado) e Custos e receitas ao longo do ciclo de vida de 20 anos, considerando a variação da taxa de inflexão (C-serviço público e D- serviço privado)	77
Figura 23: Custo em tratamento (A/B), e custos e receitas ao longo da vida útil para tratamento em tanque séptico (C), considerando a variação da taxa de inflexão	79

Figura 24: Custos da rede de esgoto/público (A) e custos e receitas ao longo do ciclo de vida (B); Custo em tratamento (C) e custos e receitas ao longo da vida útil para tratamento em tanque séptico (D).....87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estrutura de serviços do CWIS.....	19
Tabela 2: Documentos analisados para a obtenção de dados secundários	39
Tabela 3: Critérios de identificação e classificação dos bairros em Nampula	40
Tabela 4: Informantes-chave (stakeholders) entrevistados para obtenção de dados primários	41
Tabela 5: Indicadores CWIS calculados pela ferramenta para cada resultado.....	46
Tabela 6: Principais atores institucionais de água, saneamento e infraestruturas sanitárias em Nampula	47
Tabela 7: Arcabouço legal de acesso à água, esgotamento sanitário e infraestruturas sanitárias	49
Tabela 8: Dados de entrada utilizados para visualização do estado atual de saneamento e planejamento das transições ao longo dos 20 anos da cidade.	68
Tabela 9: Preços atuais para instalar uma tecnologia de armazenamento/conexão	73
Tabela 10: Avaliação dos resultados do CWIS em relação à equidade, segurança e sustentabilidade e seus custos associados.....	81
Tabela 11: Sugestões para atingir maior inclusividade nos serviços de esgotamento sanitário em Nampula.....	84
Tabela 12: Cenário com ajustes tarifários inclusivos	86

LISTA DE SIGLAS

AdRN	Águas da Região Norte
AURAS	Autoridade reguladora de água e saneamento
BM	Banco de Moçambique
BR	Baixa renda
CAPEX	Capital Expenditure
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CMCN	Conselho Municipal da Cidade de Nampula
CSST	Compendium of Sanitation Systems and Technologies
CVS	Cadeia de Valor de Saneamento
CWIS	Citywide Inclusive Sanitation
DINAAS	Direção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento
EDM	Eletricidades de Moçambique
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuárias
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FFS	Ferramentas Financeiras de Saneamento
FiT	Financial Tool
INE	Instituto Nacional de Estatística
NBR	Não baixa renda
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OPEX	Operational Expenditure
SFD	Shit Flow Diagram
WASH	Water, Sanitation and Hygiene

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo geral	17
2.2. Objetivos específicos	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. Saneamento inclusivo	18
3.2. Cadeia de valor de saneamento (CVS)	20
3.3. Tecnologias de interface com o usuário.....	21
3.4. Sistemas de saneamento encanado	23
3.5. Sistemas de Saneamento não encanado	24
3.6. Saneamento em Moçambique	27
3.7. Saneamento em Nampula	30
3.8. Custos nos serviços de saneamento	33
3.9. Ferramentas Financeiras de Saneamento (FFS).....	34
4. METODOLOGIA	37
4.1. Caracterização da área de estudo.....	37
4.3. Análise de dados	42
4.3.1. Análise financeira para saneamento inclusivo.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.3. Sistemas de saneamento existente em Nampula	52
5.4. Diagrama de Fluxo de Fecal (SFD)	62
5.5. Modelo de negócio existente em Nampula.....	65
5.6. Plano de melhoria do CWIS-FiT para Nampula.....	68
5.7. Planejamento financeiro.....	72

5.7.1. Interface com o usuário (Banheiro).....	72
5.3.2. Armazenamento/conexão	73
5.3.3. Esvaziamento/transporte	75
5.3.2. Tratamento semi-centralizado por tanque séptico (condomínio/predial).....	77
5.4. Análise de inclusividade nos serviços de esgotamento sanitário em Nampula	79
5.5. Diretrizes para um saneamento inclusivo em Nampula.....	83
6. CONCLUSÕES	89
7. REFERÊNCIAS	91
8. APÊNDICE	100

1. INTRODUÇÃO

Serviços adequados de saneamento são fundamentais para proteger a saúde pública, o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável, apesar dos avanços globais, ainda existem desafios na universalização do acesso aos serviços de saneamento, especialmente em países de baixa e média renda (Saker et al., 2022). Globalmente, cerca de 3,6 bilhões de pessoas utilizam sistemas de saneamento que deixam dejetos humanos sem tratamento, e aproximadamente 494 milhões praticam a defecação a céu aberto, o que acarreta disseminação de doenças transmissíveis, degradação da qualidade da água e do meio ambiente (OMS; UNICEF, 2021). Esses problemas resultam também em custos econômicos elevados relacionados às despesas com saúde pública e perdas de produtividade (Hutton, 2012; Hader et al., 2020).

A desigualdade no acesso ao saneamento constitui um dos principais obstáculos para o alcance de serviços seguros, equitativos e sustentáveis, conforme estabelecido pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6) da Agenda 2030 (ONU, 2023) e pelo Banco Mundial (World Bank, 2015). Em muitas cidades, na África Subsaariana e na Ásia Meridional, as soluções de contenção no local como, latrinas/fossas rudimentares e tanques sépticos constituem a principal forma de atendimento em saneamento, e apesar de sua ampla adoção, esses sistemas frequentemente apresentam deficiências estruturais e operacionais, incluindo vazamentos periódicos, infiltrações e ausência de manutenção adequada (UNICEF, 2019). Entretanto, essas alternativas frequentemente requerem manutenção constante e enfrentam dificuldades de gestão, contribuindo para ambientes insalubres que afetam áreas economicamente vulneráveis (Schrecongost et al., 2020). Como consequência, estas áreas permanecem excluídas de serviços de saneamento adequados, o que implica em impactos na saúde, segurança e dignidade social (Schrecongost et al., 2020). No entanto, a situação se agrava, devido ao fraco investimento, rápida urbanização e aplicação inadequada de políticas e estratégias (AEWPP, 2019; Bishoge, 2021).

No contexto urbano Moçambicano, a gestão de esgoto é uma componente do saneamento que tem enfrentado desafios. Por exemplo, apenas 22% dos domicílios possuem acesso a serviços de saneamento adequado, sendo que, a maior parte deles continuam a depender de soluções como, latrinas e fossas. Na maioria dos municípios, a oferta destes serviços é precária e poucas cidades possuem redes de drenagem propriamente ditas, no caso

de Nampula, com apenas 2% da população atendida, e o esgoto é lançado em corpos hídricos recetores sem qualquer tipo de tratamento prévio (Matsinhe; Coelho, 2020; Maia, 2025).

Para enfrentar esses desafios, novas abordagens vêm sendo propostas, como o desenvolvimento de Ferramentas Financeiras de Saneamento (FFS) que possam apoiar na Cadeia de Valor de Saneamento (CVS), através de implementação de tecnologias e serviços mais inclusivos, sustentáveis e eficientes (Franco et al, 2025). Uma dessas iniciativas é a ferramenta financeira para CWIS-FiT (do inglês: *Citywide Inclusive Sanitation*). A ferramenta foi testada em Nakuro (Quênia), Mahalaxmi (Nepal), e agora em Nampula (Moçambique). Essa ferramenta, desenvolvida em Excel tem grande potencial para ser transformada em software. A ferramenta busca incorporar elementos físicos (hardware) e não físicos (non-hardware) dos serviços de saneamento, considerando diferentes realidades e contextos globais para fornecer subsídios à formulação de políticas públicas e estratégias de financiamento que promovam a equidade, sustentabilidade e eficiência, especialmente para os grupos mais vulneráveis.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Desenvolver um planejamento financeiro para intervenções técnicas e não técnicas nos diferentes sistemas de esgotamento sanitário existentes em Nampula, visando promover maior equidade, segurança e sustentabilidade por meio da ferramenta CWIS-FiT.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a equidade e segurança dos serviços de esgotamento sanitário para usuários e trabalhadores;
- Quantificar os custos e receitas dos sistemas de esgotamento sanitário em Nampula;
- Aplicar a ferramenta CWIS-FiT utilizando o município de Nampula como caso;
- Propor diretrizes para promover a inclusividade dos serviços de esgotamento sanitário em Nampula.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Saneamento inclusivo

Os sistemas de esgotamento sanitário desempenham um papel fundamental na proteção da saúde pública. Em específico, o esgoto sanitário pode ser definido como o pós-uso da água, composto não apenas pelo volume utilizado nas atividades cotidianas, mas também pelas resultantes dessas práticas, como fezes, urina, saponáceos, restos de alimentos e resíduos oriundos da higiene pessoal, da lavagem de roupas e da limpeza de utensílios domésticos. Nesse contexto, a coleta, o transporte e o tratamento adequados são essenciais para prevenir riscos à saúde e minimizar os impactos ao meio ambiente (Cordeiro, 2016).

Nas últimas décadas, o debate sobre saneamento seguro e adequadamente gerenciado tem ganhado destaque em pesquisas e políticas públicas. Esse conceito refere-se ao descarte ou à reutilização segura do esgoto, abrangendo todas as etapas da cadeia de saneamento, desde o ponto de geração (banheiros), transporte (redes coletoras de esgoto ou caminhões a vácuo) e tratamento (natural ou convencional) (Tilley et al., 2014). A efetividade desse processo depende de assegurar que não ocorra contato humano com o esgoto ao longo de toda a Cadeia de Valor do Saneamento (CVS), que abrange as etapas de interface do usuário/contenção, esvaziamento ou deslocação, transporte, tratamento e, finalmente, o descarte ou a reutilização (Harada et al., 2016).

Saneamento Urbano Inclusivo (Citywide Inclusive Sanitation – CWIS) é uma abordagem que considera diferentes contextos urbanos e periurbanos, com atenção especial às necessidades de grupos em situação de vulnerabilidade (Schrecongost et al., 2020). Esta abordagem busca enfrentar o desafio de garantir acesso universal ao saneamento de forma inclusiva e equitativa. Em específico, o CWIS fundamenta-se em seis critérios principais: equidade, segurança, sustentabilidade, responsabilidade, prestação de contas e planejamento e gestão de recursos, como apresentado no Quadro 1 (Khansa et al., 2024).

O CWIS é considerado intersetorial devido à sua natureza e seu alinhamento direto com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, que visa assegurar o acesso universal da água potável e dos para todos. Além do mais, o CWIS-FiT pode contribuir para o alcance de outros ODS, como, ODS 3 (saúde e bem-estar), ODS 5 (igualdade de gênero), ODS 10 (redução das desigualdades) e ODS 11 (cidades sustentáveis) (Narayan et al., 2026). Por meio da recuperação de recursos (adubo) e do incentivo a uma economia

circular de resíduos, pode-se fazer relação também com os ODS 7 (energia limpa e acessível) e ODS 12(consumo e produção responsável) (SuSana, 2017).

Tabela 1: Estrutura de serviços do CWIS

Principais resultados do CWIS-FiT	Equidade	Segurança	Sustentabilidade
	Justiça na distribuição e priorização de serviços, na qualidade dos serviços, nos preços dos serviços e no uso de financiamento/subsídios públicos. A questão da equidade também deve considerar serviços de saneamento acessíveis a todos, incluindo os grupos marginalizados (Schrecongost et al., 2020; Heller, 2016)	Segurança refere-se a serviços que protegem clientes, trabalhadores e o público dos riscos à segurança e à saúde dos resíduos humanos, fornecendo saneamento gerenciado com segurança para todos (Schrecongost et al., 2020)	Para garantir que um sistema seja sustentável, é preciso haver uma boa gestão de receitas e recursos (incluindo financeiros, trabalhistas, energéticos e hídricos) para o desempenho (Cronk,; Bartram, 2018)
Principais funções do CWIS-FiT	Responsabilidade	Prestação de contas	Planejamento e gestão de recursos
	As autoridades de serviço têm um mandato público claro de garantir saneamento seguro, equitativo e sustentável para todos (Schrecongost et al., 2020).	O desempenho das autoridades de serviço em relação ao seu mandato é monitorado e gerenciado com dados, transparência e incentivos (Schrecongost et al., 2020)	Os recursos humanos, financeiros, naturais e ativos são geridos de forma eficaz em nível nacional/estadual para apoiar a execução do mandato ao longo do tempo/espço (Meininger, 2010; Schrecongost et al., 2020).

Fonte: Do Autor (2026).

Na intenção de facilitar o diálogo sobre os desafios para a provisão de serviços de saneamento adequados e universais, a Cadeia de Valor do Saneamento desempenha papel indispensável na definição das etapas dos serviços prestados, os atores envolvidos (*stakeholders*) envolvidos, transferências monetárias e modelo de negócios, fornecendo subsídios para tomada de decisões.

3.2. Cadeia de valor de saneamento (CVS)

O sistema de cadeia de valor do saneamento (CVS) compreende as seguintes etapas: (i) interface com o usuário (incluindo o vaso sanitário e sua estrutura associada), (ii) armazenamento ou conexão, (iii) transporte, (iv) tratamento e (v) reuso e/ou disposição final. Essa abordagem constitui um arcabouço estratégico fundamental para enfrentar lacunas tecnológicas e institucionais no setor de saneamento, tanto no que se refere à produção quanto à prestação de serviços, conforme ilustrado na Figura 1 (Drost et al., 2012).

Além disso, a CVS configura-se como uma plataforma analítica baseada em uma perspectiva de sistemas de mercado, capaz de promover o acesso ao saneamento de forma segura, equitativa e sustentável (Springer-Heinze, 2018). Essa abordagem permite compreender as interações entre os diferentes atores da cadeia, incluindo usuários, prestadores de serviços, setor público e iniciativa privada, evidenciando a importância da integração entre dimensões técnicas, institucionais e econômicas.

Nesse contexto, a CVS contribui significativamente para o debate sobre a sustentabilidade do mercado de saneamento, ao fomentar um ambiente no qual diferentes clientes, grupos-alvo e empreendedores possam realizar trocas de produtos e serviços. Como resultado, observa-se a ampliação da profundidade do mercado e a consequente redução da pressão sobre os recursos públicos. Ademais, o envolvimento de capital de risco tende a otimizar os fluxos financeiros, de produtos e de informações, possibilitando que as empresas explorem novas oportunidades de mercado e reduzam a exposição a riscos externos (Springer-Heinze, 2018).

Por fim, a etapa final da cadeia de valor do saneamento envolve a recuperação de recursos, assumindo papel central na promoção da sustentabilidade do setor. Dentre as alternativas, destaca-se a reciclagem da água para uso agrícola, especialmente em contextos marcados pela crescente pressão sobre os recursos hídricos e pelos desafios de poluição em países em desenvolvimento (Jhansi; Mishra, 2013). Adicionalmente, a recuperação de nutrientes, carbono e metano apresenta potencial significativo para geração de receita às operadoras de tratamento de águas residuais, contribuindo para a viabilidade econômica dos sistemas de saneamento (Tilley et al., 2014).

agregados familiares que compartilham o mesmo espaço apresentam exposição reduzida a patógenos. Consequentemente, espera-se que os domicílios onde vivem nesse ambiente apresentem menor risco de infecções e doenças.

A crescente urbanização e a expansão dos assentamentos informais tornaram o fornecimento de saneamento adequado um desafio significativo nas cidades em desenvolvimento (Heijnen, 2014). Em tais contextos, a ausência de infraestruturas sanitárias domiciliares adequadas obriga os residentes a compartilhar as poucas instalações disponíveis, essa prática frequentemente é considerada a alternativa mais viável diante das limitações de espaço e recursos (Schouten; Mathenge, 2010).

Contudo, o Programa de Monitorização Conjunta (JMP) da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) não classifica as instalações sanitárias compartilhadas como eficientes, devido às preocupações relacionadas, como o caso da limpeza, a manutenção e as condições de uso (UNICEF; WHO, 2017). De acordo com Simiyu et al. (2017), além da limpeza e da manutenção, as qualidades dessas instalações dependem também do estado higiênico geral, da integridade da superestrutura, da presença de odores e moscas, e do estado da laje, especialmente no caso das latrinas.

Evidencia-se, portanto, que a qualidade das instalações sanitárias compartilhadas é fortemente condicionada pelas práticas de limpeza e manutenção adotadas pelos usuários, quando não existem rotinas claras de conservação e mecanismos de responsabilização bem definidos, observa-se uma deterioração progressiva dessas infraestruturas. Em grande medida, tal cenário decorre de falhas na gestão e da ausência de definição explícita de deveres entre os utilizadores, o que favorece comportamentos orientados à maximização de benefícios individuais, enquanto os custos associados à manutenção e à degradação são compartilhados coletivamente (Simiyu et al., 2017).

Estudos indicam que a dependência de instalações sanitárias partilhadas é mais elevada na África Subsaariana (19%) e significativamente alta nos países menos desenvolvidos (16%) (Rheinländer et al., 2015). Em muitos ambientes urbanos de baixa renda, a limitação de espaço e de recursos obriga várias famílias a compartilhar as mesmas instalações, o que aumenta o risco de doenças diarreicas e dificulta os arranjos de limpeza e manutenção. Além disso, essas infraestruturas, embora destinadas a conter excrementos humanos, são frequentemente expostas à presença de animais domésticos e de criação, que

podem atuar como vetores de patógenos entéricos, agravando os riscos sanitários em ambientes urbanos densamente povoados (Holcomb; Stewart, 2020). Para as etapas seguintes da CVS, as técnicas aplicadas a sistemas encanados e não encanados são distintas, como segue.

3.4. Sistemas de saneamento encanado

Historicamente, as cidades têm utilizado sistemas de saneamento básico encanado para remover resíduos de forma segura e eficaz, melhorando significativamente a saúde pública e a qualidade de vida urbana (Harada et al., 2016). Os sistemas encanados consistem em uma rede de tubulações de esgoto terciárias e secundárias que se conectam a tubulações ou canais principais/interceptores maiores que descarregam em uma estação de tratamento de esgoto centralizada (Figura 2) (Davis, 2010).

Considerando que na sua maioria o sistema é à base de água, os sistemas de contenção de usuários em nível residencial ou comunitário são sistemas de descarga, onde a água é necessária para a descarga dos excrementos, geralmente de 7 a 8 litros por descarga automática, enquanto os vasos sanitários com descarga manual, que exigem o despejo de água de um recipiente, consomem apenas 2 a 3 litros por descarga (Reed et al., 2013).

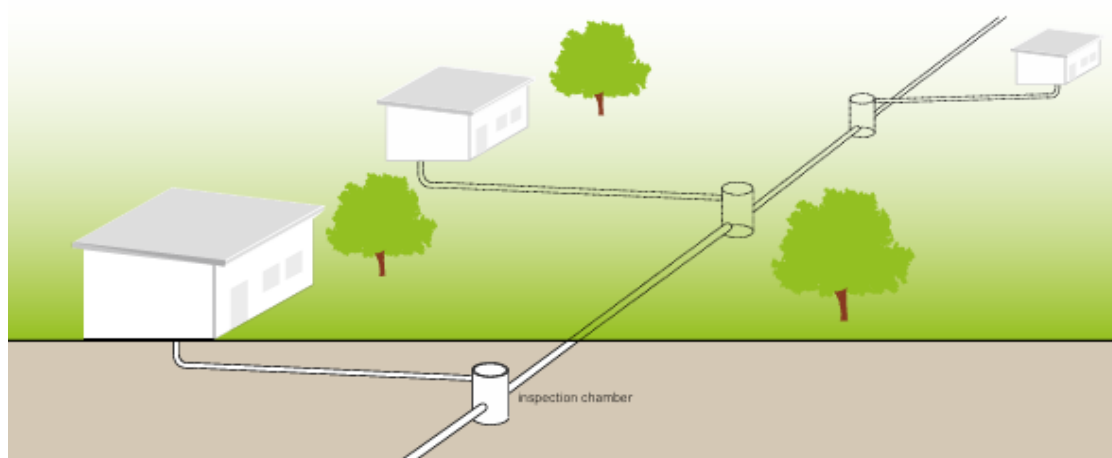
Compreender as quantidades e as qualidades de esgoto gerado é essencial para o projeto de sistemas sanitários, pois essas informações são utilizadas para projetar e dimensionar tubulações, estações elevatórias e unidades de tratamento de esgoto. Tudo isso afeta os custos de capital, de operação e de manutenção da instalação. Outro fator de custo impactado é a cobrança pelos serviços de saneamento pelas concessionárias de serviços públicos a domicílios, instituições e indústrias, que frequentemente varia entre esses diferentes grupos de usuários (Ocharo, 2024; Chen et al., 2020).

O transporte é frequentemente citado como a componente mais cara de projetos sanitários e pode representar até 63% dos custos de capital do projeto no transporte de esgoto (Roefs et al., 2017). A coleta de esgoto é classificada como sistemas combinados ou separados, para Palma et al. (2023), a coleta condominial utiliza tubulações rasas instaladas dentro de quintais ou áreas comuns, sendo mais barata e adequada a áreas irregulares, porém depende da colaboração dos moradores. Já a coleta gravitacional, ou convencional, possui redes profundas sob as vias públicas, conduzindo o esgoto por gravidade até o tratamento.

As condutas geralmente variam em tamanho de acordo com a quantidade de fluxo e a função (Tilley et al., 2014).

A seleção de um processo e de uma tecnologia de tratamento de esgoto deve ser baseada em uma análise detalhada do contexto local, considerando fatores económico-financeiros, socioculturais, tecnológicos e de sustentabilidade ambiental. A integração equilibrada desta análise resulta em um projeto robusto e adequado às condições e necessidades da comunidade atendida (Lizot et al., 2021). Embora tecnologias de tratamento como as Lagoas de Estabilização (LE) exijam maior área física em comparação com outras tecnologias, elas são amplamente adotadas na maioria dos casos, por apresentarem baixo custo operacional, não dependerem de energia elétrica e possuírem alta capacidade de adaptação a variações nas cargas orgânicas e hidráulicas. Essas características tornam as LE uma solução eficiente e sustentável (Tilley et al., 2014).

Figura 2: Sistema de saneamento encanado



Fonte: Tilley et al. (2014)

3.5. Sistemas de Saneamento não encanado

Os sistemas de saneamento não conectados a redes de esgotamento sanitário caracterizam-se pela contenção dos resíduos no próprio local de geração. Nesses sistemas, o lodo tende a acumular-se ao longo do tempo, sendo necessário o seu esvaziamento periódico para garantir o funcionamento adequado das instalações (Figura 3) (Weststrate et al., 2019).

O manejo de lodo fecal é particularmente predominante em países em desenvolvimento, onde soluções descentralizadas, como latrinas e fossas sépticas, constituem as principais formas de saneamento (Bhagwan et al., 2019). Esse manejo refere-se ao conjunto de processos envolvidos na gestão de todas as substâncias provenientes dos sistemas de contenção, incluindo excrementos, água, materiais utilizados na limpeza anal, resíduos sólidos e sobrenadante, acumulados após um determinado período de contenção. Após essa etapa, o lodo deve ser esvaziado, transportado e destinado de forma adequada, de modo a evitar a contaminação dos recursos hídricos e minimizar potenciais riscos à saúde pública (Strande; Brdjanovic, 2014).

A geração de lodo fecal é influenciada por diversos fatores, entre os quais se destacam o tipo de sistema de armazenamento ou tratamento adotado, o volume das unidades de contenção, a frequência de esvaziamento e transporte, os padrões de uso das instalações sanitárias e os métodos empregados na coleta. Essas variáveis contribuem para diferenças significativas tanto nos volumes produzidos quanto no acúmulo de lodo entre distintos contextos urbanos. Estimativas apresentadas por Strande et al. (2018) indicam taxas médias de produção de aproximadamente 0,74 L/hab.dia para lodo fresco e 0,77 L/hab.dia para lodo digerido, valores frequentemente utilizados como referência em estudos de planejamento e dimensionamento de sistemas de manejo de lodo fecal.

Complementarmente, a ABNT NBR 17076/2024 estabelece parâmetros técnicos aplicáveis a sistemas descentralizados de saneamento em áreas não atendidas por rede de esgotamento sanitário, considerando, por exemplo, vazões de até 12.000 L/dia e carga orgânica total de até 3,80 kg de DBO/dia. Esses valores servem como base para estimativas preliminares de geração de lodo em sistemas descentralizados. O conhecimento e a previsão das taxas de produção e do acúmulo de lodo são fundamentais para o planejamento e o dimensionamento adequado das diferentes etapas da cadeia de valor do saneamento. Tais informações permitem que gestores e demais partes interessadas desenvolvam estratégias mais eficientes para o manejo de lodo fecal, assegurando o funcionamento adequado dos grupos funcionais que compõem a cadeia de valor do saneamento (CVS) (Ocharo, 2024).

Nestes sistemas, a coleta e armazenamento/tratamento referem-se às tecnologias que recebem, armazenam e, em certa medida, tratam a partir da interface do usuário. As tecnologias amplamente utilizadas são as latrinas e fossas sépticas (Tilley et al., 2014). Outras

tecnologias incluem fossas melhoradas com ventilação simples ou dupla. Geralmente as latrinas são utilizadas em áreas rurais e periurbanas, em nível domiciliar, enquanto as fossas sépticas são amplamente utilizadas em nível domiciliar e em pequenas comunidades, como escolas e prédios. As fossas sépticas são conectadas a um poço de drenagem, onde o chorume é descarregado enquanto os caminhões esvaziam e transportam o lodo para estações de tratamento (Bhagwan et al., 2019). As duas tecnologias oferecem oportunidades de negócios nos períodos de construção, operação e manutenção (Ocharo, 2024).

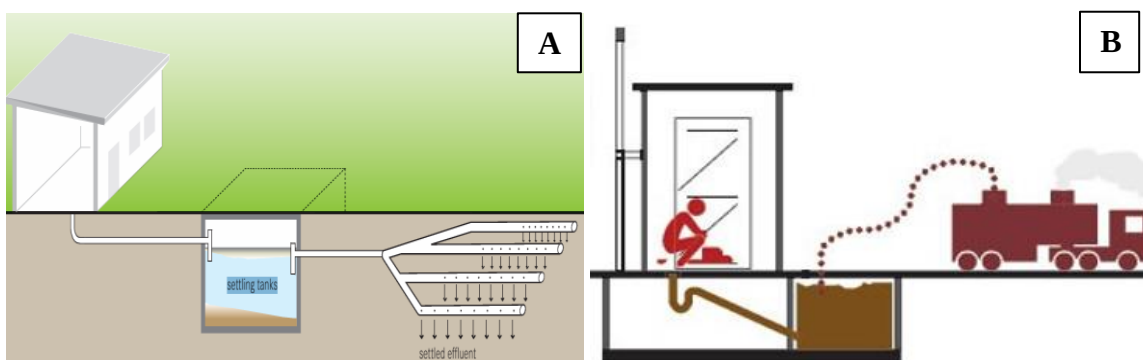
As tecnologias predominantes de Esvaziamento e Transporte (E&T) variam do manual ao mecânico (Chowdhry; Kone, 2012). O esvaziamento e o transporte de lodo fecal (LF) são realizados principalmente por operadores privados, que muitas vezes atuam informalmente e sem regulamentação, como é o caso da maioria das cidades africanas (Singh et al., 2022). A tecnologia semimecanizada utiliza bombas portáteis, como a Gulper, para esvaziar fossas. Essas bombas são amplamente aplicáveis em áreas com espaço limitado, como assentamentos informais, onde não há acesso para o caminhão limpa-fossa. O lodo é transportado por carros ou por pequenos caminhões até os locais de despejo final. O local ideal para o despejo é a estação de tratamento, se construída, ou as estações de tratamento de esgoto existentes (co-tratamento). Como a prática é, em grande parte, não regulamentada e a distância até o ponto de deslocamento pode causar despejo do lodo ilegalmente em bueiros e rios. (Tilley et al., 2014).

A tecnologia mecânica utiliza uma bomba motorizada que aspira o lodo de fossas para um tanque montado em um caminhão, para posterior transporte até a estação de tratamento. A etapa de E&T oferece diversos modelos financeiros que sustentam as transferências de dinheiro ao longo da CVS. Os recursos financeiros incluem as taxas de deslocamento pagas às empresas de E&T, as taxas de despejo pagas e os custos de capital e da tecnologia de E&T (Singh et al., 2022). Dada a alta variabilidade do lodo fecal, as opções de tratamento geralmente dependem dos produtos finais desejados e da finalidade do processo selecionado. O principal objetivo é garantir a inativação de patógenos, reduzir os volumes e permitir a realização econômica dos produtos finais (Brdjanovic, 2014). Existem tecnologias diferentes das estabelecidas, como leitos de secagem de lodo, separação sólido-líquido e entrincheiramento profundo em fileiras e compostagem com resíduos orgânicos (Samal et al., 2022). Na ausência das tecnologias listadas acima, a prática comum em países

em desenvolvimento é o tratamento de lodo fecal em estações de tratamento de esgoto (AWWDA, 2023).

Com a crescente atenção à gestão de lodo fecal (GLF), a construção de estações de tratamento exclusiva de lodo fecal está em ascensão, à medida que os países intensificam os esforços para garantir o tratamento eficiente do lodo fecal e o descarte seguro. Os aspectos financeiros envolvidos na construção das estações de tratamento incluem despesas de capital (CAPEX), como o custo do terreno para a nova estação, e despesas operacionais (OPEX), como produtos químicos e mão de obra, além da única receita proveniente das taxas de despejo dos esvaziadores (Samal et al., 2022). As tecnologias de reuso do lodo fecal (LF) disponíveis podem ser combinadas para fornecer produtos finais úteis, como condicionadores de solo, fertilizantes e biocombustíveis ou biocarvão. Os produtos podem ser utilizados por agricultores/usuários finais que pagam um preço de compra ao operador da estação de tratamento e contribuem para as transferências financeiras na CVS. No entanto, a utilidade desta etapa depende da aceitabilidade social, da qualidade dos produtos e dos aspectos legais que regulam a prática da GLF (Kengne et al., 2014; Tilley et al., 2014).

Figura 3: Sistema de saneamento não encanado



Fonte: A-Tilley et al. (2014); B-Global Health hub (2012)

3.6. Saneamento em Moçambique

Em muitas cidades de países de baixa e média renda, os sistemas convencionais de saneamento encontram-se degradados e envelhecidos, cobrindo apenas uma pequena parte da cidade. Parte dessas infraestruturas foi construída no período colonial, em um momento em que a população servida e as cidades eram muito mais pequenas, e não apresentam,

atualmente, a mínima capacidade para fazer face às solicitações e exigências do presente. Por outro lado, atualmente, nas cidades Moçambicanas, a ocupação não é homogénea, sendo muito comum a existência de áreas urbanas consolidadas, com redes de coletores, embora em grande parte envelhecidas, rodeadas por vastas áreas periurbanas informais que servem populações vulneráveis e de muito baixo rendimento, onde a solução predominante de saneamento se baseia em fossas ou latrinas (Zaqueu, 2023).

Em Moçambique, os aglomerados de pequena e média dimensão não dispõem, em regra, de sistemas públicos de drenagem e de tratamento de esgoto em operação. Mesmo em cidades de grande ou média dimensão, como Maputo, Beira e Nampula, as infraestruturas públicas de saneamento servem uma proporção (cerca de 24%) muito reduzida da população (Matsinhe; Coelho, 2020).

A situação de carência que se verifica ao nível de saneamento em vários países pode ser vista como uma janela de oportunidade para uma alteração de mentalidade no que diz respeito ao planeamento das infraestruturas e serviços, apelando a abordagens mais integradoras, inclusivas, flexíveis e adaptadas às realidades locais, combinando soluções locais descentralizadas, considerando soluções a seco e/ou soluções a água, dependendo do local, e tendo atenção a disponibilidade e interdependência com outros serviços críticos (Strande et al., 2014). No entanto, a falta de acesso a serviços de saneamento adequados resulta em problemas de saúde pública, ambientais e económicos, sendo o défice de saneamento em áreas urbanas como uma das principais causas de doenças entéricas rapidamente transmissíveis, como a cólera, e outras doenças altamente contagiosas causadas por microrganismos patogénicos e que colocam em risco mais de metade da população mundial, que não tem acesso a saneamento seguro (WHO; UNICEF, 2014; UN, 2017).

Um estudo realizado em Soyo, cidade costeira situada no norte de Angola, demonstrou que o surto de cólera ocorrido em 2017 esteve associado à contaminação bacteriológica de fontes de água utilizadas para consumo humano (DNA, 2020). Situações semelhantes também foram registradas em Moçambique, com surtos reportados nos anos de 2008, 2009 e 2015 nas províncias de Niassa, Nampula e Tete. Esses episódios evidenciam a persistência de condições estruturais que favorecem a transmissão da doença, particularmente relacionadas a déficits nos serviços de saneamento, ao acesso limitado à água potável segura e à gestão inadequada de esgoto. De acordo com a DNAAS (2015), no

ano de 2008 foram registrados aproximadamente 283 casos e 6 óbitos em Niassa, 2.527 casos e 14 óbitos em Nampula e 1.142 casos com 14 óbitos na província de Tete, indicando maior gravidade epidemiológica em Nampula naquele período. No ciclo epidêmico subsequente, em 2009, embora os dados provinciais tenham sido divulgados de forma agregada, as três províncias permaneceram entre as mais afetadas, confirmando a continuidade do padrão espacial de ocorrência da doença.

Em 2015, durante um novo surto de grande magnitude, a província de Tete apresentou o quadro mais severo, com registros variando entre 1.130 e 1.826 casos e até 24 óbitos. No mesmo período, Nampula contabilizou cerca de 986 casos e 4 óbitos, enquanto Niassa registrou aproximadamente 348 casos e 6 óbitos. Esses dados demonstram que, ao longo dos diferentes episódios epidêmicos analisados, Tete apresentou consistentemente elevados níveis de morbidade e letalidade, configurando-se como a província mais crítica entre as analisadas, conforme também destacado pela (DNAAS, 2015). A gestão inadequada dos serviços de saneamento, associada ao acesso limitado a infraestruturas adequadas, gera impactos ambientais significativos (Chitamba et al., 2023; Zaqueu, 2023). Nessas condições, observa-se uma tendência de aumento da carga de poluentes descarregados nos meios recetores, fenômeno que se intensifica especialmente em regiões onde o crescimento populacional ocorre de forma mais acelerada, como em diversos países de baixo e médio rendimento.

Na análise da UNICEF (2019), a cobertura total do saneamento em Moçambique aumentou desde 1990 para 21%, todavia, a disparidade entre a cobertura nas zonas urbanas e rurais continua significativa, 44% nas zonas urbanas contra 11% nas zonas rurais. Quanto ao abastecimento de água potável, esta é considerada baixa, situando-se em 49%, com uma grande disparidade entre a cobertura urbana (80%) e a cobertura rural (35%), para tal, o desafio de melhorar as condições de água, saneamento e higiene (do inglês *Water Sanitation and Hygiene* - WASH), nas pequenas cidades/vilas é enorme; elas representam cerca de 15% da população urbana de Moçambique, ou quase 2 milhões de pessoas, e embora estas vilas sejam estratégicas para o desenvolvimento, os serviços de abastecimento de água potável e saneamento ficaram muito para trás, tanto em grandes cidades quanto nas zonas rurais circundantes (UNICEF, 2019).

O setor de saneamento em Moçambique caracteriza-se por uma estrutura institucional multissetorial, envolvendo diferentes níveis de governação e a participação de entidades públicas e privadas. No plano central, o Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos (MOPHRH) é responsável pela formulação de políticas e coordenação estratégica, subsidiado pela Direção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento (DNAAS) atua na implementação de programas e expansão dos serviços (MOPHRH, 2017; DNAAS, 2020). No domínio da gestão de infraestruturas e operação, destacam-se o Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água (FIPAG) e a Administração de Infraestruturas de Água e Saneamento (AIAS), que desempenham papéis centrais na gestão dos sistemas urbanos e secundários, respetivamente (World Bank, 2018). A regulação do setor é assegurada pela Autoridade Reguladora de Águas (AURA), responsável pela supervisão da qualidade dos serviços, regulação tarifária e proteção dos consumidores (AURA, 2021). Do ponto de vista normativo, o setor tem passado por reformas importantes, com destaque para a Lei dos Serviços Públicos de Abastecimento de Água e Saneamento, que estabelece os princípios de organização, funcionamento e regulação dos serviços. Essa legislação foi recentemente reforçada pela Lei n.º 9/2024, que consolida o quadro institucional e promove a descentralização, definindo com maior clareza os papéis dos diferentes atores (República de Moçambique, 2024). Para a cidade de Nampula o procedimento normativo sobre água e saneamento é suportado pelo Regulamento interno do Município (CMCN, 2019).

3.7. Saneamento em Nampula

O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Nampula permanece praticamente inalterado desde o período colonial (1968), sem qualquer modernização significativa. Atualmente, o saneamento urbano é realizado predominantemente por meio de fossas sépticas que atendem edificações e utilizam drenos para a infiltração das águas residuais. A única tubulação existente, com diâmetro de 250 mm e aproximadamente 700 metros de extensão, coleta os efluentes ao longo da Avenida FPLM e os descarrega diretamente no rio Muhala, sem qualquer tipo de tratamento (CMCN, 2019).

Nas zonas periurbanas, inexistem sistemas de saneamento coletivo que atendam aos bairros, fazendo com que a população dependa de soluções individuais, como fossas e latrinas. A maioria das edificações residenciais, unidades de saúde e indústrias utilizam sistemas de esgoto obsoletos, antigos e ineficientes, caracterizados por tubulações

danificadas e pela ausência de tratamento adequado, frequentemente conectados diretamente à rede de esgoto e drenagem pluvial, o que agrava a poluição (CMCN, 2019). Consequentemente, o esgoto é descarregado diretamente no solo ou em sarjetas, sem tratamento prévio, e o mesmo ocorre com o lodo fecal proveniente das fossas e latrinas (DNA, 2021).

Grande parte das instalações de saneamento existentes apresenta deficiências estruturais que favorecem a infiltração de esgoto no solo. Em muitos casos, essas infraestruturas correspondem a fossas rudimentares ou latrinas não impermeabilizadas, aumentando o risco de contaminação do solo e dos recursos hídricos. Estima-se que aproximadamente 20% dos usuários das zonas periféricas da cidade tenham substituído fossas rudimentares por fossas melhoradas e impermeabilizadas, enquanto aproximadamente 30% dos usuários em assentamentos próximos ao centro urbano, caracterizados por maior densidade populacional, adotaram esse tipo de melhoria nas instalações sanitárias (Weststrate et al., 2019).

No entanto, o acesso a instalações sanitárias melhoradas ainda é limitado. De acordo com Admiraal e Doepel, até 2014 estimava-se que apenas 7,6% (6,3–9,2%) das famílias da cidade de Nampula utilizavam latrinas melhoradas, caracterizadas pela impermeabilização das paredes e pela presença de ventilação adequada. Os autores destacam que o acesso a essas infraestruturas está diretamente associado ao nível socioeconômico e ao grau de escolaridade do chefe do agregado familiar, sendo que famílias com menores recursos financeiros ou baixo nível de instrução apresentam menor probabilidade de dispor de instalações sanitárias adequadas. Nesse sentido, políticas públicas associadas aos mecanismos de subsídios podem ampliar o acesso a instalações sanitárias melhoradas entre populações de baixa renda (Admiraal; Doepel, 2014; Weststrate et al., 2019).

Apesar da maioria das famílias utilizar latrinas não melhoradas ou instalações sanitárias compartilhadas, levantamentos indicam que aproximadamente 89,0% (87,2–90,0%) dessas instalações são consideradas limpas. As atividades de limpeza e manutenção são desempenhadas predominantemente por mulheres (67,3%) e as crianças (20,0%) no contexto domiciliar (Admiraal; Doepel, 2014). De acordo com a ONU-Habitat (2016), os assentamentos informais caracterizam-se por múltiplas privações, incluindo: (1) acesso inadequado à água potável; (2) saneamento e infraestrutura precários; (3) habitações de baixa

qualidade; (4) sobrelotação; e (5) insegurança na posse da terra. Essas condições refletem o quadro de vulnerabilidade sanitária enfrentado em áreas de baixa renda de Nampula, que requer ações integradas de abastecimento, drenagem e gestão de esgoto, como parte essencial das políticas de saúde pública e de urbanização sustentável.

Os assentamentos informais enfrentam severas limitações quanto ao acesso à água potável e a instalações sanitárias em condições adequadas de higiene. Nesse contexto, organizações não governamentais, como a UNICEF, Save the Children e a MBEU, têm implementado projetos de pequena escala destinados à melhoria das fontes de abastecimento de água e à construção de instalações sanitárias adequadas, como fossas melhoradas, buscando reduzir a prática da defecação a céu aberto (Momade; Hainin, 2018). Contudo, tais iniciativas ainda são insuficientes diante da magnitude do problema, tornando indispensável a ampliação de políticas estruturantes voltadas ao saneamento nos assentamentos informais (Amurane et al., 2023).

A disposição do esgoto e lodo em locais inapropriados e a falta de sistemas de coleta e tratamento de esgoto na maioria das residências constituem um perigo iminente para as populações de vários bairros da cidade de Nampula, que convivem com águas com cheiro nauseabundo que deslizam por canais e ravinas. Estima-se que apenas 17% da população têm acesso ao saneamento básico completo, enquanto aproximadamente 68% utiliza soluções alternativas, como latrinas melhoradas, latrinas melhoradas (impermeabilizadas) e latrinas não impermeabilizadas. O cenário torna-se mais agravante considerando que até 2017 cerca de 15% da população não tinha acesso a sanitário (Muacuveia; Ferreira, 2017). A título de exemplo, uma situação de uma lixeira municipal a céu aberto sem impermeabilização de solos significa que, embora tenham sido removidos de locais de depósitos iniciais, estes resíduos continuam a constituir problema de saúde pública, de um lado, e para o meio ambiente (ASEJANA, 2021).

A cidade de Nampula enfrenta desafios relacionados ao abastecimento de água potável. A rede de distribuição cobre aproximadamente 63% da área urbana, com mais de 23 mil ligações domiciliares e 453 fontanários públicos, mas o sistema está deteriorado e não consegue garantir fornecimento contínuo de água à população (IKWELI, 2024). Apesar dos esforços, a crise permanece como um problema estrutural, marcado pela obsolescência do próprio sistema de abastecimento e pelo crescimento populacional acelerado. A

regulamentação da nova Lei do Serviço Público de Abastecimento de Água e Saneamento (Lei n.º 9/2024, de 07/07), surge como oportunidade para promover soluções mais inclusivas e sustentáveis (Folha de Manica, 2025).

3.8. Custos nos serviços de saneamento

Para alcançar a inclusividade no saneamento (CWIS) exige investimentos em infraestrutura e em elementos não físicos (como política, regulamentação, etc) que atenda às necessidades de todas as áreas urbanas, incluindo assentamentos de baixa renda. É amplamente reconhecido que garantir a prestação de serviços de saneamento em toda a cidade envolve altos custos de capital e operacionais. Isso requer o enfrentamento de passivos financeiros de longo prazo, em vez de investimentos de curto prazo, e, portanto, requer uma compreensão dos custos completos do ciclo de vida e das externalidades relevantes das diferentes opções de saneamento (Van Welie; Romijn, 2018).

Embora diversos estudos recentes tenham fornecido importantes contribuições para a compreensão das dimensões financeiras do saneamento urbano, grande parte dessas investigações concentra-se em aspectos específicos do problema. Entre esses enfoques destacam-se estudos sobre disposição a pagar pelos serviços de saneamento (Vásquez; Acey et al., 2019; Tidwell et al., 2019), análises sobre modelos de negócios e recuperação de custos no gerenciamento de esgoto (Bagire et al., 2021) e avaliações sobre o alcance dos investimentos em infraestrutura voltados às populações de baixa renda, incluindo comparações entre diferentes tecnologias de esgotamento sanitário (Dodane et al., 2012; McConville et al., 2019). Contudo, tais abordagens podem apresentar limitações analíticas quando não consideram de forma abrangente todos os custos envolvidos na prestação dos serviços, especialmente aqueles suportados diretamente pelas famílias. A exclusão desses custos pode resultar em avaliações incompletas da viabilidade econômica e da sustentabilidade dos sistemas de saneamento (Stantec, 2019).

Esse tipo de análise não aborda a necessidade fundamental de comparações de custos e de decisões em diferentes escalas, tecnologias e opções de serviço. Tais comparações são necessárias para ampliar o conjunto de opções consideradas para além do foco dominante no investimento em sistemas de tratamento de águas residuárias e de lodo fecal em larga escala, que normalmente atendem a grupos socioeconômicos mais abastados (McGranahan; Mitlin, 2016). Uma revisão feita por Daudey (2017) afirmou que os dados contextualizados

disponíveis sobre os custos de soluções de saneamento urbano são limitados e de qualidade variável. No entanto, a literatura identifica algumas características típicas de custo para sistemas de saneamento urbano. Em geral, soluções de "baixa tecnologia" (tipicamente esgoto não encanado ou simplificado) são consideradas menos custosas do que sistemas de "alta tecnologia" (centralizados ou convencionais). Para tal, há escassez de dados sobre os custos das diferentes opções de saneamento.

3.9. Ferramentas Financeiras de Saneamento (FFS)

Desde 1990, diversas Ferramentas Financeiras de Saneamento (FFS) vêm sendo desenvolvidas com o propósito de apoiar a escolha de tecnologias e serviços de saneamento que garantam a segurança e adequação às diferentes realidades locais. O objetivo central dessas ferramentas é identificar os possíveis cenários de menor custo entre diferentes alternativas tecnológicas, conciliando sustentabilidade financeira, acessibilidade para os usuários (sobretudo de baixa renda) e proteção à saúde pública e ao meio ambiente (Franco et al., 2025).

Nesse contexto, as FFS têm sido amplamente utilizadas para estimar e analisar os custos associados aos sistemas de saneamento. Essas ferramentas permitem avaliar despesas de capital (CAPEX), relacionadas aos investimentos iniciais e aos reinvestimentos em infraestrutura, bem como custos operacionais e de manutenção (OPEX). Além disso, possibilitam a análise de receitas, fluxos de caixa e projeções financeiras de longo prazo, fornecendo suporte técnico e econômico para o planejamento, a implementação e a gestão de serviços de saneamento (Finney et al., 1998; MDG Needs Assessment Tools, 2005; Peal et al., 2014; Langergraber; Weissenbacher, 2014; Cept et al., 2016; Global Methane Initiative; World Bank Group, 2016; Hutton; Varughese, 2017; World Bank, 2019; Oertlé et al., 2019; Furlong et al., 2020; Athena Infonomics, 2020; Sainati et al., 2020; Li et al., 2022; Basyal et al., 2023; GWSP; World Bank, 2023; Franco et al., 2025).

Apesar da diversidade de ferramentas disponíveis e dos avanços metodológicos observados na literatura, nenhuma das FFS existentes contempla integralmente todos os princípios e resultados propostos pela abordagem CWIS, que busca promover sistemas de saneamento inclusivos, sustentáveis e financeiramente equilibrados (Franco et al., 2026).

A partir da análise comparativa feita nos estudos mencionados acima das FFS, observa-se que cerca de 73% foram desenvolvidas em planilha Excel, concentrando-se

principalmente na avaliação de CAPEX, OPEX e receitas, aspectos considerados por cerca de 80% das ferramentas (Franco et al., 2025). Adicionalmente, aproximadamente 47% das FFS incluem mecanismos de planejamento financeiro de longo prazo, enquanto 67% possibilitam a comparação entre diferentes alternativas ou sistemas de saneamento. Entretanto, apenas uma dessas ferramentas incorpora modelos detalhados de fluxo financeiro. No que se refere à abrangência das etapas do sistema de saneamento, verifica-se que 87% das ferramentas consideram os custos de transporte, 100% incluem a etapa de tratamento e 67% contemplam o uso ou a disposição final do esgoto. Por outro lado, a interface usuário/contenção (banheiros) é considerada em apenas 33% das FFS, evidenciando uma lacuna na análise de custos relacionados à etapa inicial da CVS. Além disso, diversos aspectos relacionados à segurança e à gestão dos serviços ainda são pouco incorporados nessas ferramentas. A maioria das FFS não considera custos associados a fontes não domésticas, sanitários públicos ou compartilhados, serviços de esvaziamento manual ou semimecanizado, bem como atividades de monitoramento de estações de tratamento, contempladas por apenas 20% das FFS. Da mesma forma, questões relacionadas à saúde e segurança dos trabalhadores do setor, são raramente abordadas, estando presentes em apenas 1% das ferramentas analisadas (Franco et al., 2025).

No que se refere à sustentabilidade financeira, observa-se que uma parcela relativamente reduzida das ferramentas disponíveis contempla mecanismos específicos para garantir a cobertura dos custos OPEX. Estima-se que apenas 27% das ferramentas incluam estratégias de financiamento baseadas em tarifas para cobrir esses custos recorrentes, enquanto cerca de 50% consideram a possibilidade de financiamento das despesas de capital (CAPEX) por meio de fundos ou mecanismos financeiros dedicados. No âmbito da equidade, embora a maioria das Ferramentas de Sustentabilidade Financeira (FFS) realize comparações entre sistemas de saneamento com e sem rede de esgoto, apenas 30% das diferenciam explicitamente comunidades de baixa renda (BR) e não baixa renda (NBR) em suas análises. Além disso, a incorporação de perspectivas de gênero permanece extremamente limitada, sendo considerada em apenas 1% das FFS analisadas (Franco et al., 2025).

Apesar desses avanços, nenhuma das ferramentas existentes conseguia abranger toda a CVS, tampouco modelar de maneira integrada os fluxos e transferências financeiras entre as diferentes etapas do sistema (Franco et al., 2026). Essas transferências monetárias

desempenham um papel central na dinâmica da CVS, uma vez que permitem às administrações municipais compreender de forma mais precisa os fluxos econômicos envolvidos na prestação dos serviços e avaliar a sustentabilidade financeira dos sistemas de saneamento (Strande; Brdjanovic, 2014).

O desenvolvimento da ferramenta eSOSview™, em sua versão inicial, surgiu justamente para suprir essas lacunas, conseguindo representar de forma mais complexa e realista os fluxos financeiros em diferentes contextos da CVS. Essa aplicação foi testada com sucesso em cidades como Nonthaburi (Tailândia), Pokhara (Nepal) e Kushtia (Bangladesh) (Furlong et al., 2020; Akbar et al., 2022).

Na sua versão mais recente, a eSOSview™ foi aprimorada para a Ferramenta Financeira CWIS, do inglês *CWIS Financial Tool* (CWIS- FiT), a qual estima o crescimento populacional e melhorias na gestão de esgoto, além de avaliar avanços na erradicação da defecação a céu aberto. Após calcular a geração de esgoto com base em cenários atuais e com projeções no horizonte de tempo desejado pelo usuário, considerando tanto instalações existentes quanto novas unidades demandadas pelo crescimento populacional e pela transição de práticas inseguras (Franco et al., 2026). As planilhas subsequentes mantêm a estrutura do modelo anterior, abordando as etapas de interface do usuário, coleta e armazenamento, transporte, tratamento e uso ou descarte final. Para cada componente da CVS, o usuário seleciona a tecnologia apropriada e em seguida verifica os indicadores do CWIS definidos pela Athena Economics. Em cada tecnologia escolhida, devem ser inseridos os valores correspondentes a CAPEX, OPEX, receitas e linhas orçamentárias, desagregados por faixas de renda (baixa e média) e fontes institucionais, permitindo uma análise financeira detalhada e inclusiva (Furlong et al., 2020; Franco et al., 2025). Por fim, 18 indicadores CWIS (Quadro 5) são avaliados por luzes de tráfego para auxiliar no entendimento da inclusividade na cidade.

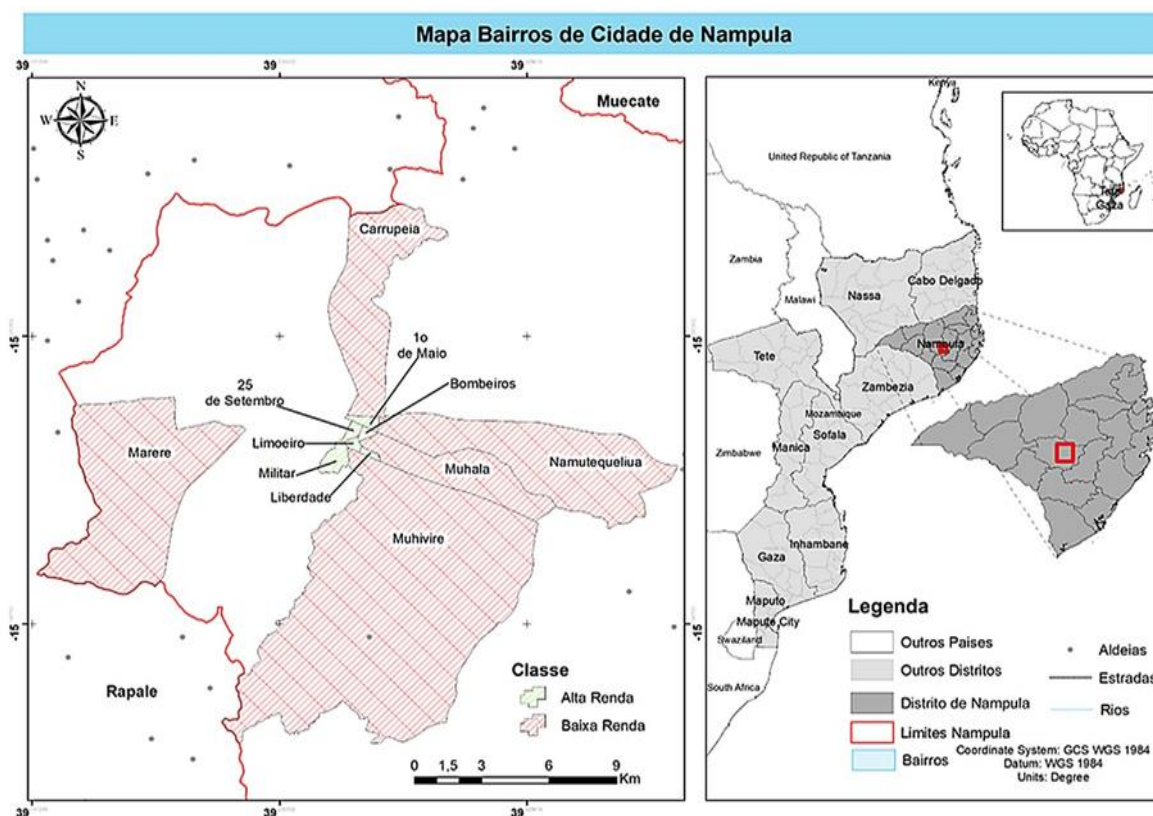
Neste contexto, a CWIS-FiT está em aplicação no município de Nampula, Moçambique, na perspectiva de identificar o cenário de inclusividade existente e dialogar sobre custos em cenários mais inclusivos.

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área de estudo

A Cidade de Nampula, considerada a capital do Norte da República de Moçambique, localizada na província com o mesmo nome, ocupa uma área de 404 km² com uma extensão de 24,5 km no sentido Leste-Oeste e 20,25 km no sentido Norte-Sul. É composta por 18 bairros distribuídos por 6 Postos Administrativos: Napipine, Natikire, Namicopo, Muhala, Central e Muatala (ASEJANA, 2021). Ao norte, limita-se com o rio Monapo, onde foi construída a barragem que abastece à cidade; ao sul com o rio Mwepelume; ao Leste, com o Posto Administrativo de Anchilo, e a Oeste, com o distrito de Rapale. A cidade situa-se no centro da província, entre as coordenadas 15°01'35 " e 15°13'15" de latitude Sul e entre 39°10' 00" e 39°23'28" de Longitude Este (Figura 4) (INE, 2019).

Figura 4: Mapa de Localização de Nampula, Moçambique



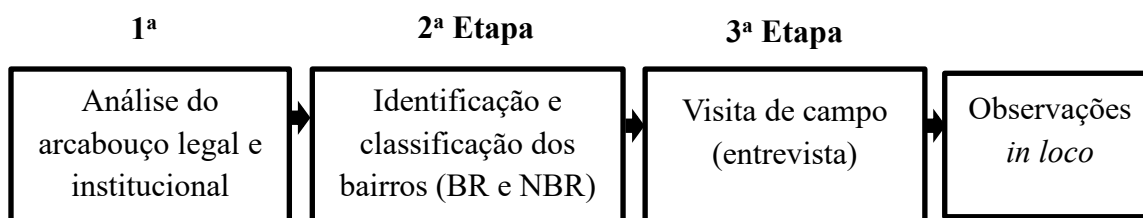
Fonte: Do autor (2026).

Do ponto de vista demográfico, a cidade de Nampula constitui o principal centro urbano da província e concentra parcela expressiva da população regional. Possui cerca de 743.125 habitantes, sendo 363.157 homens e 379.968 mulheres, com densidade populacional de 1.839,4 habitantes/km², correspondendo a aproximadamente 12% da população provincial (6.102.867 habitantes). Estima-se que a cidade possua aproximadamente 164.005 domicílios. A população feminina representa 51% do total, enquanto a masculina corresponde a 49% (INE, 2017). As principais atividades econômicas do município incluem o comércio, os serviços públicos (educação, saúde e transporte), o setor privado e a agricultura familiar (ASEJANA, 2021).

4.2. Métodos de coleta de dados

O estudo adotou uma abordagem de métodos mistos, combinando técnicas quantitativas e qualitativas para a coleta de dados primários e secundários, como ilustra a figura 5.

Figura 5: Etapas de coleta de dados primários e secundários



Fonte: Do Autor (2026).

A primeira etapa da pesquisa consistiu na análise do arcabouço legal e institucional do setor de saneamento, com foco centrado nos quadros normativos aplicáveis ao município de Nampula. Essa abordagem documental objetivou compreender o contexto institucional e regulatório no qual o saneamento urbano local está inserido, permitindo apreender os significados partilhados e as dinâmicas subjacentes que regem a tradução das políticas públicas e dos arranjos institucionais na prática. Os principais documentos examinados nesta etapa encontram-se sistematizados na Tabela 2, na qual cada fonte normativa/institucional é individualizada juntamente com a discriminação das informações e conteúdos extraídos para a pesquisa. Adicionalmente, o levantamento desses dados secundários fundamentou-se na descrição da área de estudo, fornecendo o panorama geral sobre os aspetos socioambientais e infraestruturais da cidade.

Tabela 2: Documentos analisados para a obtenção de dados secundários

Fonte	Informação	Ano	Uso na pesquisa
Relatório Preliminar de Diagnóstico da Cidade de Nampula, fornecido pelo município (CMCN)	Estrutura urbana, desigualdades históricas e socioeconômicas e sistema de saneamento de Nampula por bairros	2019	Identificação e classificação dos bairros de BR e NBR
Regulamento interno do município de Nampula	Arcabouço legal sobre água, saneamento e infraestruturas sanitárias a nível municipal	2021	Estruturação e organização do arcabouço legal interno da prefeitura
Diploma Ministerial n.º 7	Licenças e Concessões de Águas	2010	Análise dos processos para o acesso aos serviços de abastecimento de água
Artigo 36, da Lei n.º 9	Define o regime jurídico do serviço público de abastecimento de água e de saneamento e estabelece o papel das autarquias locais	2024	Análise do regime jurídico dos serviços públicos de abastecimento de água e saneamento.
Decretos n.º 15 e 18	Regulamento dos sistemas prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuárias	2004	Análise da regulamentação dos sistemas de distribuição de Água e de drenagem de águas residuárias e comprimento das normas de descarga de efluentes e esgoto.
Decretos n.º 112 (altera o decreto original de criação da entidade, decreto n.º 19/2009)	Atribuições de competências de gestão, organização e funcionamento institucional	2020	Análise do funcionamento da AIAS no âmbito da autonomia, organização, gestão e regime orçamental.
DINAAS, AURAS e AdRN	Regulamentação e definição de tarifas de água por m ³	2015	Análise institucional das autoridades reguladoras de tarifas de água e saneamento
INE (Instituto Nacional de Estatística)	Dados demográficos	2019	Localização da área de estudo, número de população e domicílios e crescimento populacional da cidade.
EDM (Eletricidades de Moçambique)	Taxa de energia por Kwh		Energia suficiente para o funcionamento de cada tecnologia sanitária
Portal do BM (Banco de Moçambique)	Taxa de inflação anual		Variação da taxa de inflação do país.

*CMCN (Conselho Municipal da Cidade de Nampula); *AIAS (Administração de Infra-Estruturas de Água e Saneamento); *DINAAS (disponível: <https://dnaas.gov.mz/>); *AURAS (disponível: <https://www.aura.org.mz/tarifas>); *AdRN (disponível: <https://aranorteip.gov.mz/>); *INE (disponível: <https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/nampula-1>); *BM. (disponível: <http://www.bancomoc.mz/>);

Em seguida, por meio do Relatório Preliminar de Diagnóstico da Cidade de Nampula e do ponto focal da Prefeitura Municipal, foram identificados os bairros de baixa renda (BR) e de não baixa renda (NBR), considerados como unidades amostrais para a realização das atividades de campo. Com base nas informações obtidas no Relatório Preliminar de Diagnóstico da Cidade de 2019, nos dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) e nas informações fornecidas pelo representante da Prefeitura, foram identificados os bairros de BR e de NBR. Essa identificação e classificação fundamentaram-se em critérios socioeconômicos, espaciais e infraestruturais, considerando as desigualdades históricas e os diferentes padrões de urbanização observados na cidade, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Critérios de identificação e classificação dos bairros em Nampula

Poder econômico	Características			Padrões históricos de urbanização
	Socioeconômicas	Espacial	Infraestrutura	
Baixa Renda (BR)	Alta taxa de Desemprego, trabalho informal, baixa escolaridade, maior índice de natalidade	Periferia, periurbano e expansão não planejada	Ausência de correios, falhas no saneamento, asfaltamento, falta de acesso a serviços básicos e aspetos construtivos rudimentares	Ocupações resultantes da marginalização e desordenamento e informalidade
Não Baixa Renda (NBR)	Renda estável proveniente de atividades formais, menor índice de natalidade e a maioria com nível de educação superior	Região central e áreas de expansão planejada	Presença de infraestruturas de saneamento e serviços básicos, aspetos construtivos com materiais duráveis	Infraestrutura remanescente do período colonial e novas ocupações ordenadas formalmente

Fonte: Do Autor (2026).

A coleta de dados primários foi realizada por meio de visitas de campo na cidade de Nampula em 2025, incluindo os bairros de BR e NBR. Informantes-chave foram entrevistados por meio de um questionário estruturado, aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal de Lavras sob o número CAAE 93551025.0.0000.5148 e também pelo

comitê de ética do IHE Delft (*Ethics: Human participants: IHE-RECO 2024-aoc001*). Os temas questionados estão relacionados a informações censitárias e socioeconômicas, incluindo o número de domicílios BR e NBR, o número médio de pessoas por domicílio e a distribuição da população segundo as diferentes formas de acesso ao saneamento. Também foram abordados os tipos de cobertura dos sistemas de esgotamento sanitário, considerando soluções encanadas com e sem tratamento, soluções não encanadas com e sem tratamento e a população sem banheiro. Além disso, foram considerados o período de planejamento, as taxas de crescimento populacional para áreas com e sem sistemas encanados, as metas de expansão da cobertura de saneamento, a taxa de inflação e a existência de mecanismos de subsídio ou transferência de recursos do setor de abastecimento de água para o setor de esgotamento sanitário. Estimativa da geração e do fluxo de águas residuárias e lodo. Para os sistemas de esgotamento encanado, foram considerados a produção de esgoto por habitante, o fator de pico e a contribuição proveniente de fontes não domésticas. Para os sistemas não encanados, foram questionadas a produção de lodo fecal, a frequência de esvaziamento de fossas e tanques sépticos, o volume médio das unidades de armazenamento e a contribuição de fontes não domésticas. Dessa forma, o questionário reuniu informações necessárias para quantificar a demanda atual e futura por serviços de saneamento, estimar os volumes de esgoto e lodo a serem coletados, transportados e tratados, além de subsidiar o dimensionamento e a avaliação de diferentes cenários de prestação dos serviços.

Os participantes foram selecionados com base em seu papel como partes interessadas ao longo da cadeia de valor de saneamento (CVS), por meio de amostragem intencional e da técnica de bola de neve, na qual os participantes indicam outros conhecedores do setor de saneamento (Tabela 4).

Tabela 4: Informantes-chave (stakeholders) entrevistados para obtenção de dados primários

Stakeholder	Função
Representante do município de Nampula	Técnico da secção de urbanização, água e saneamento
Esvaziadores de fossas (com caminhão e manual)	Coleta, transporte e deposição de esgoto (serviço privado formal e informal)
Moradores de bairros BR e NBR	Banheiros, armazenamento e gestão de esgoto
Empresários	Sector de comercialização de equipamentos sanitários

Fonte: Do Autor (2026).

A escolha dessa metodologia deve-se ao fato de que a pesquisa requer a participação de informantes-chave com conhecimento específico sobre o sistema de saneamento urbano de Nampula, incluindo representantes de instituições públicas, organizações não governamentais, prestadores de serviços e membros da comunidade. A amostragem intencional permitiu selecionar participantes com base em critérios de relevância e experiência, assegurando a obtenção de informações consistentes e contextualizadas. A técnica de bola de neve, por sua vez, possibilitou a identificação de novos participantes a partir das indicações dos entrevistados iniciais, ampliando o alcance da coleta e garantindo diversidade de perspectivas.

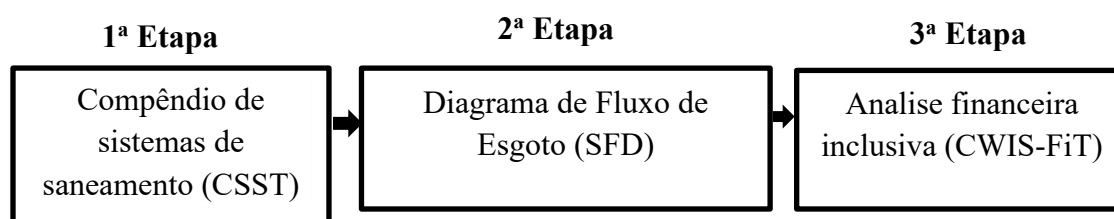
O número de entrevistas foi definido com base no critério de saturação teórica, ou seja, o processo de coleta foi encerrado quando novas entrevistas deixaram de acrescentar informações relevantes ao conjunto de dados. No total, foram realizadas 53 entrevistas em 5 bairros classificados como de BR e 39 entrevistas em 6 bairros de NBR. Além disso, foram entrevistados, 1 ponto focal do município, 2 motoristas de caminhão limpa fossa, um grupo de limpa fossa manual composto por 3 membros e 2 empresários atuantes no setor de comercialização de equipamentos sanitários. Esse procedimento metodológico é amplamente reconhecido em pesquisas qualitativas, uma vez que privilegia a profundidade analítica e a riqueza das informações obtidas, em detrimento da representatividade estatística (Gil, 2008; Minayo et al., 2012).

Além disso, observações de campo foram realizadas em pontos estratégicos, como locais de lançamento de esgoto em corpos hídricos recetores e em instalações sanitárias (banheiros) de comunidades de BR, NBR e empresas atuantes no setor de saneamento, com o objetivo de compreender as tecnologias disponíveis, sua operação e manutenção.

4.3. Análise de dados

Em um primeiro momento, foram utilizadas ferramentas consolidadas para análise, visualização e comunicação da situação do saneamento nos municípios pelo Compendio de Sistemas de Saneamento (CSST- *Compendium of Sanitation Systems and Technologies* (Tilley et al., 2014), o Diagrama de Fluxo de Esgoto do (SFD - *Shit Flow Diagram*) de acordo com a metodologia proposta pela Aliança para o Saneamento Sustentável, do inglês *Sustainable Sanitation Alliance* (SuSanA, 2017) e depois foi feita análise financeira pela ferramenta CWIS-FiT, como ilustra a figura 6.

Figura 6: Etapas de processamento e análise dos dados



Fonte: Do Autor (2026).

Para tal, os sistemas de saneamento existentes nos bairros de Nampula foram classificados com base nas diretrizes do CSST, que oferecem uma estrutura sistemática para a identificação e caracterização de tecnologias e de fluxos entre os componentes da cadeia de valor do saneamento. Essa abordagem permitiu mapear, de forma integrada, as diferentes etapas de coleta, transporte, armazenamento e disposição final do esgoto, considerando as particularidades técnicas e socioeconômicas locais (Tilley et al., 2014).

O SFD foi elaborado com base em percentuais ponderados a partir de informações fornecidas por informantes-chave e do Relatório de Diagnóstico da Prefeitura Municipal (Tabela 4), permitindo a visualização quantitativa e qualitativa dos fluxos de esgoto ao longo da cadeia de saneamento. Os percentuais estimados apresentados no Apêndice 2 fundamentam-se em critérios socioeconômicos, espaciais e infraestruturais, considerando as desigualdades históricas que moldaram a configuração urbana e os sistemas de saneamento da cidade (Tabela 3). Essa metodologia é amplamente utilizada em contextos urbanos de países de média e baixa renda, por sua capacidade de identificar pontos críticos da gestão, avaliar riscos à saúde pública e subsidiar o planejamento do saneamento inclusivo, além de facilitar a comunicação com os stakeholders. A matriz do SFD gerada encontra-se no Apêndice 3 (SuSanA, 2017).

4.3.1. Análise financeira para saneamento inclusivo

Os dados coletados foram inseridos na ferramenta CWIS-FiT, desenvolvida no Excel, utilizando planilhas interligadas que seguem uma estrutura lógica baseada nos componentes da CVS, de acordo com a metodologia de Franco et al. (2026), que consiste nas etapas descritas a seguir:

- **Planilha 1: Definição da área de estudo e cobertura dos serviços**

Nesta etapa, foram definidas a área de estudo, a cobertura dos serviços de saneamento e obtidas informações demográficas da cidade, permitindo o estabelecimento de uma linha de base para a análise. O principal resultado consistiu na projeção do número de pessoas com acesso a serviços de saneamento seguros ao longo do período de planejamento, desde o ano inicial até o ano final, com o objetivo de promover a eliminação gradual dos serviços inseguros. A análise considerou a taxa de crescimento populacional e a transição progressiva entre diferentes níveis de serviço, incluindo a migração de sistemas não encanados inseguros para sistemas não encanados seguros e, quando tecnicamente viável e de interesse local, para sistemas encanados seguros.

- **Planilha 2: Estimativa dos volumes de águas residuárias e lodo fecal**

Nesta etapa, os volumes de águas residuárias e lodo fecal foram estimados com base nas taxas de geração per capita, no volume e na frequência de esvaziamento das unidades de contenção, bem como no número de pessoas atendidas por cada tipo de serviço de saneamento ao longo do período de análise. A estimativa também considerou as contribuições provenientes de fontes não domésticas, permitindo uma representação mais abrangente dos fluxos gerados no sistema. Além disso, os volumes calculados foram ajustados de acordo com a taxa de crescimento populacional projetada para a cidade, possibilitando avaliar a evolução da demanda por serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição final ao longo do horizonte de planejamento.

- **Planilhas de 3 a 7: Planilhas específicas da CVS**

Nesta etapa, foram utilizadas cinco planilhas específicas, correspondentes aos componentes da Cadeia de Valor do Saneamento (CVS): interface com o usuário/banheiro, armazenamento ou conexão, transporte, tratamento centralizado e reúso (Os dados de entrada das cinco etapas estão apresentados no Apêndice 1). Para cada componente, foram selecionadas as tecnologias disponíveis, suas quantidades, capacidades instaladas, custos de investimento (CAPEX), custos operacionais (OPEX), receitas, fontes de financiamento (subsídios, empréstimos e capital próprio) e transferências monetárias, incluindo tarifas e taxas. Essas informações foram organizadas separadamente para domicílios de BR e NBR, bem como para sistemas encanados e não encanados. Com base nesses dados, foram elaborados planos tecnológicos e financeiros, considerando a taxa de inflação do país,

incluindo o número de unidades, capacidade instalada, custos, receitas e resultados anuais, permitindo a avaliação completa do Custo do Ciclo de Vida (CCV) dos sistemas de saneamento.

- **Planilha 8: Modelo de Negócios**

O modelo de negócios dos serviços de saneamento na cidade foi estruturado com base nas entradas financeiras obtidas das planilhas anteriores, considerando a perspectiva de cada *stakeholder* e destacando lucros e perdas, onde tarifas e taxas foram analisadas de forma a permitir subsídios cruzados entre BR e NBR, bem como entre sistemas com e sem encanamento a fim de simular a sustentabilidade financeira global na cidade.

- **Planilha 9: Cálculo e avaliação dos indicadores CWIS-FiT**

Finalmente, os resultados do CWIS foram avaliados para a cidade utilizando 18 indicadores (Tabela 5), categorizados que ilustram se o saneamento é equitativo, seguro e sustentável por meio de cores de sinais de trânsito (Vermelho, Amarelo e Verde), facilitando a interpretação e o monitoramento do desempenho.

Tabela 5: Indicadores CWIS calculados pela ferramenta para cada resultado

Nível	Indicadores
Equidade	Valor pago por esgoto não encanado / esgoto encanado
	Valor pago por famílias de BR /NBR
	% de trabalhadoras e a diferença salarial entre homens e mulheres
	% de mulheres em cargos de decisão e a diferença salarial entre homens e mulheres
	% de trabalhadores transgênero e a diferença salarial entre gêneros
	% de trabalhadores transgênero em cargos de decisão e a diferença salarial entre gêneros
	% Percentagem de trabalhadores pertencentes a minorias de casta e/ou religião e a sua diferença salarial
	% Percentagem de trabalhadores pertencentes a minorias de casta e/ou religiosas em cargos de decisão e a sua diferença salarial.
	% de mulheres que utilizam casas de banho partilhadas
	% de famílias de baixo rendimento com acesso a casas de banho individuais
Segurança	Apoio no seguro de saúde
	EPI fornecido regularmente
	Capacitação ou formação
	Apoio jurídico/social
	Capacidade de tratamento de águas residuais e de suspensões/volume total gerado
Sustentabilidade	% de FS e WW tratados que são reutilizados
	% de OPEX recuperadas pela receita
	% do CAPEX coberto por fundos

*Adapted from Athena Infonomics (2021).

No entanto, o estudo apresentou algumas limitações, especialmente relacionadas à obtenção de dados locais, sendo necessário recorrer a informações provenientes de estados/províncias vizinhas com características consideradas semelhantes como tamanho da população, percentagem de domicílio de BR e NBR. Sendo necessário a realização de workshops participativos envolvendo usuários, gestores, prestadores de serviços e demais partes interessadas, com o objetivo de validar as tarifas propostas, bem como avaliar sua compatibilidade com a capacidade de pagamento e disposição a pagar da população.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise institucional do setor de saneamento

A estrutura e a organização do arcabouço legal e institucional aplicável ao saneamento na cidade de Nampula são apresentadas nas Tabelas 6 e 7. A Tabela 6 delimita as competências e responsabilidades institucionais nos níveis municipal, provincial, nacional e internacional, abrangendo funções de regulamentação, financiamento e execução dos serviços. Além disso, o mapeamento evidencia sobreposições de papéis especialmente no que tange à fiscalização e à manutenção das infraestruturas de drenagem/esgotamento entre a prefeitura municipal e os órgãos centralizados/provinciais, além de destacar as lacunas operacionais que impactam a eficiência da gestão local.

Tabela 6: Principais atores institucionais de água, saneamento e infraestruturas sanitárias em Nampula

Nível	Ator	Responsabilidades
Internacional	Banco Mundial	Financiamento e acompanhamento técnico
	UNICEF/NAMWASH	Ampliar cobertura de saneamento básico, reduzir defecação a céu aberto, fortalecer serviços institucionais (escolas e saúde) e tornar os sistemas mais resilientes a eventos climáticos
Nacional	Direção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento (DINAAS)	Órgão central responsável pelas políticas, pela regulação técnica e pela coordenação de projetos de água e saneamento.
	Administração de Infraestruturas de Água e Saneamento (AIAS)	Gere infraestruturas de água e esgoto, incluindo expansão, manutenção e delegação para operadores locais.
Provincial	Serviços provinciais de planeamento e infraestruturas	Coordenação de obras, água e saneamento
	AURAS e AdRN	Cooperação tarifária e abastecimento de água
Municipal	Conselho Municipal da Cidade de Nampula (CMCN)	Responsável pelas funções de salubridade, drenagem, higiene urbana e coordenação local de saneamento
	Empresa Municipal de Saneamento (EMUSANA)	Empresa Municipal responsável para gestão e operação de saneamento urbano

Fonte: Do Autor (2026).

Os informantes-chave destacaram a sobreposição de funções e a falta de coordenação entre os principais órgãos do setor: DINAAS, AIAS, AURAS, AdRN e a prefeitura Municipal. Embora a legislação defina as atribuições de cada instituição, os limites práticos de atuação não são claros. Isso gera dois problemas recorrentes: a duplicação de tarefas e em algumas vezes omissão de responsabilidades.

Como relatou um dos informantes, em situações operacionais simples, como o conserto de uma tubulação, ocorre de duas instituições atuarem ao mesmo tempo ou de nenhuma assumir o serviço, deixando os domicílios sem atendimento. Esse cenário demonstra que reformular leis não é suficiente se não houver mecanismos efetivos de articulação entre os órgãos públicos. Portanto, essa falta de integração compromete a qualidade dos serviços prestados e reduz a confiança da população nas instituições, ampliando a distância entre o que está previsto na lei e a prática local (Santos et al., 2025). Problemas semelhantes de governança são registrados em outros países da África Austral como África do Sul, onde a indefinição de papéis e a fraca cooperação entre as instituições dificultam a prestação adequada dos serviços de WASH (Tseole et al., 2022).

E na Tabela 7, estão apresentados os principais marcos legais referentes ao abastecimento de água, esgotamento e infraestruturas sanitárias; para tal, apresenta avanços importantes no plano normativo; mas a sua aplicação prática revela limitações significativas.

Tabela 7: Arcabouço legal de acesso à água, esgotamento sanitário e infraestruturas sanitárias

Nível	Instrumentos legal	Caput
Nacional (Emitidos através do Boletim da República para as províncias)	Decreto nº 15/2004	Regulamento dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
	Decreto nº 18/2004	Define normas de qualidade ambiental e descarga de efluentes/esgoto
	Diploma Ministerial n.º 7/2010 de 6 de janeiro	Define competências e funcionamento da Administração de Infraestruturas de Água e Saneamento
	Lei n.º 9/2024, de 7 de junho (Artigo 36)	Estabelece o regime jurídico do serviço público de abastecimento de água e saneamento
	Decreto nº 112/2020	Ajusta as atribuições, competências, autonomia, gestão, regime orçamental, organização e funcionamento da AIAS
Municipal (Regulamento interno da prefeitura Municipal, 2021)	Artigo nr 70 (alínea: i) Artigo nr 74 (alínea: d) Artigo nr 96 (alíneas: a, b, c, d e e) Artigo nr 97 (alíneas: a, b, c, d, e e f)	Estabelecem a base legal para a promoção, gestão e fiscalização das infraestruturas de água e saneamento na cidade de Nampula.

Fonte: Do Autor (2026).

A existência dos Decretos nº 15 e 18/2004, 112/2020 e da Lei nº 9/2024 demonstra um esforço institucional para estruturar o setor, estabelecer padrões ambientais e definir competências operacionais. Por exemplo, o Artigo 70, alínea i, do Regulamento interno da prefeitura de 2021, estabelece a obrigatoriedade de assegurar o funcionamento adequado dos sistemas de drenagem e de esgoto. Contudo, a descarga direta de efluentes no meio ambiente evidencia a falta de sustentabilidade dos serviços. Essa situação pode estar associada à ausência de infraestrutura de tratamento, à fragilidade institucional, à insuficiência de financiamento público e à cobrança não equitativa de tarifas. Desafios semelhantes são verificados em países como o Brasil, onde a universalização do esgotamento sanitário tem sido historicamente limitada por déficits estruturais de investimento e por desigualdades socioespaciais (Instituto Trata Brasil, 2023). Embora o Brasil tenha avançado na ampliação da rede de coleta, o tratamento ainda não atinge a totalidade do volume coletado, persistindo disparidades significativas entre diferentes regiões e entre áreas formais e informais.

De forma semelhante, o Diploma Ministerial n.º 7 de 2010 e o Artigo 96 (alíneas a, b e c), do Regulamento interno da prefeitura de 2021, prevê a promoção da construção, manutenção e fiscalização sanitária de forma equitativa. Entretanto, na prática, persiste o uso de fossas não seguras/rudimentares entre famílias residentes no bairro de BR, assim como o descarte inadequado do esgoto, o que revela falhas na materialização das atribuições. A urbanização intensifica esse descompasso entre a legislação e a realidade. Como foi destacado por Gambрил et al. (2020), em muitos países de média e baixa renda, a rápida urbanização supera a capacidade de implementação de políticas e infraestrutura, resultando em lacunas significativas entre o que a legislação prevê e o que é praticado no terreno.

No Artigo 66 (alíneas j e l), do Regulamento interno da prefeitura de 2021 e os Decreto n.º15/2004 e n.º 112/2020, promovem a construção e o uso de fossas melhoradas/impermeabilizadas e a promoção de construtores privados. No entanto, apresentam baixa efetividade prática devido às limitações socioeconômicas, técnicas e à ausência de mecanismos robustos de monitoramento e incentivos monetários. A expansão de assentamentos informais, reduz a capacidade do poder público de implementar soluções estruturadas de saneamento, intensificando o descompasso entre a legislação e a realidade. O “saneamento melhorado (fossas melhoradas)” adota uma definição centrada na separação higiênica do esgoto em relação ao contato humano, incluindo tecnologias como vasos sanitários e fossas impermeabilizadas ou rudimentares, sem considerar aspectos essenciais, como a funcionalidade, manutenção/reabilitação e o destino final do esgoto (UNICEF, 2020).

A persistência dos serviços informais na prestação de serviços de esvaziamento e a inexistência de sistemas organizados de gestão de esgoto são resultado da ineficácia dos instrumentos legais e representam inseguranças para trabalhadores e usuários. Essa desconexão entre o planejamento normativo e a dinâmica urbana reforça padrões de exclusão sanitária, sobretudo em bairros periféricos e em assentamentos informais.

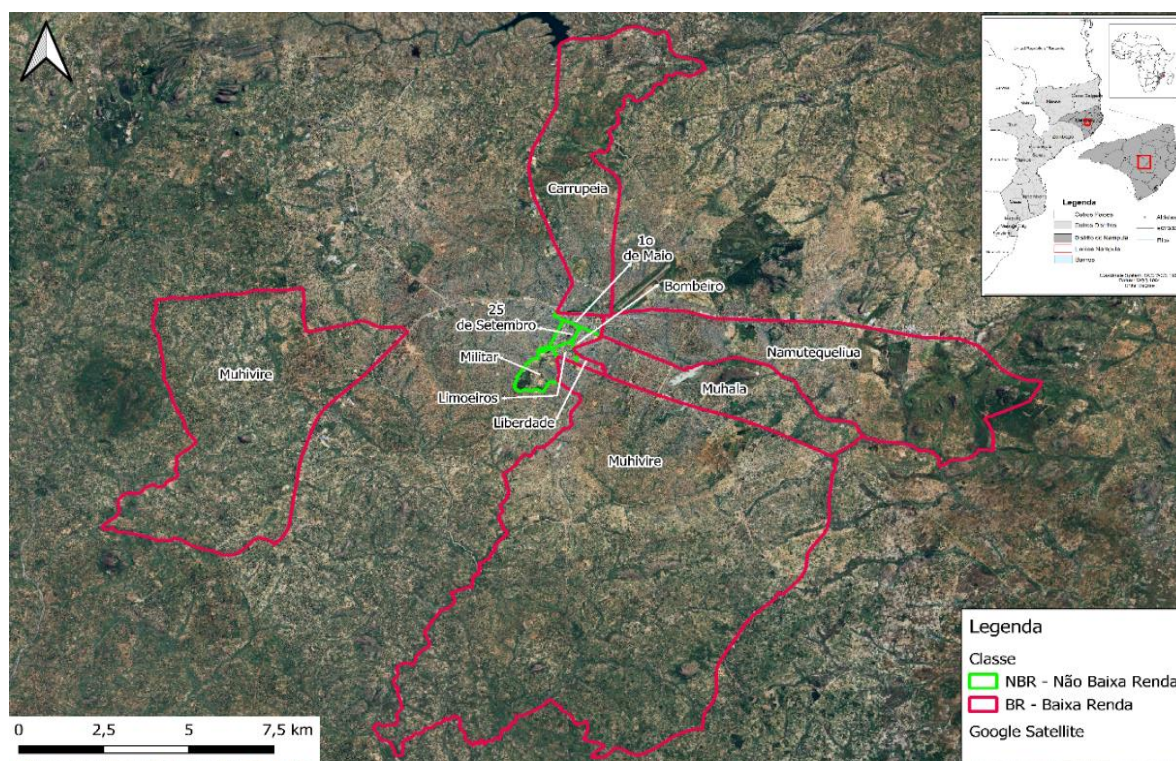
5.2. Identificação e classificação dos bairros

Os bairros de BR foram classificados por ocupações informais e não planejadas, localizadas nas periferias urbanas ou em zonas de expansão irregular, popularmente denominadas “becos”, com elevada densidade populacional (mais de 60 habitações/ha), onde se observa carência de infraestrutura (como acesso a saneamento básico, posto de saúde e correio) e de fraca presença do poder público, ocupando cerca de 38486 ha e correspondendo

a 79,3% da área da cidade (INE; CMCN, 2019). Do ponto de vista socioeconômico, essas comunidades possuem um alto nível (77%) de desemprego e emprego informal. O nível educacional varia entre 75% com 7º a 10º nível, 20% com 12º nível do ensino básico/fundamental e 5% não alfabetizados. A vulnerabilidade ambiental também é um fator marcante, uma vez que muitos desses bairros se situam em zonas suscetíveis a erosão (CMCN, 2019).

Bairros de NBR, também referidos como bairros planejados ou de média e alta renda, concentram infraestruturas urbanas consolidadas, como sistemas de abastecimento de água canalizado, redes de esgoto ou fossas sépticas impermeáveis, com gerenciamento adequado e esvaziamento profissional frequente, e serviços de coleta regular de resíduos sólidos. As habitações são construídas com materiais duráveis, com densidade habitacional entre 20 e 40 habitações por hectare, nas quais os residentes dispõem de renda estável proveniente de atividades formais mediante um contrato com seguro de saúde e segurança social. Esses bairros localizam-se nas zonas centrais ou planejadas, próximos a infraestruturas urbanas como escolas, serviços de saúde e supermercados; ocupam cerca de 1914 ha, o que corresponde a 20,7% da área da cidade, e geralmente a população possui nível de educação superior (INE, CMCN, 2019). Portanto, a distribuição geográfica dos bairros de BR e NBR onde se fez o levantamento de dados, estão apresentados na Figura 5.

Figura 7: Imagem satélite de bairros de BR e NBR-cidade de Nampula

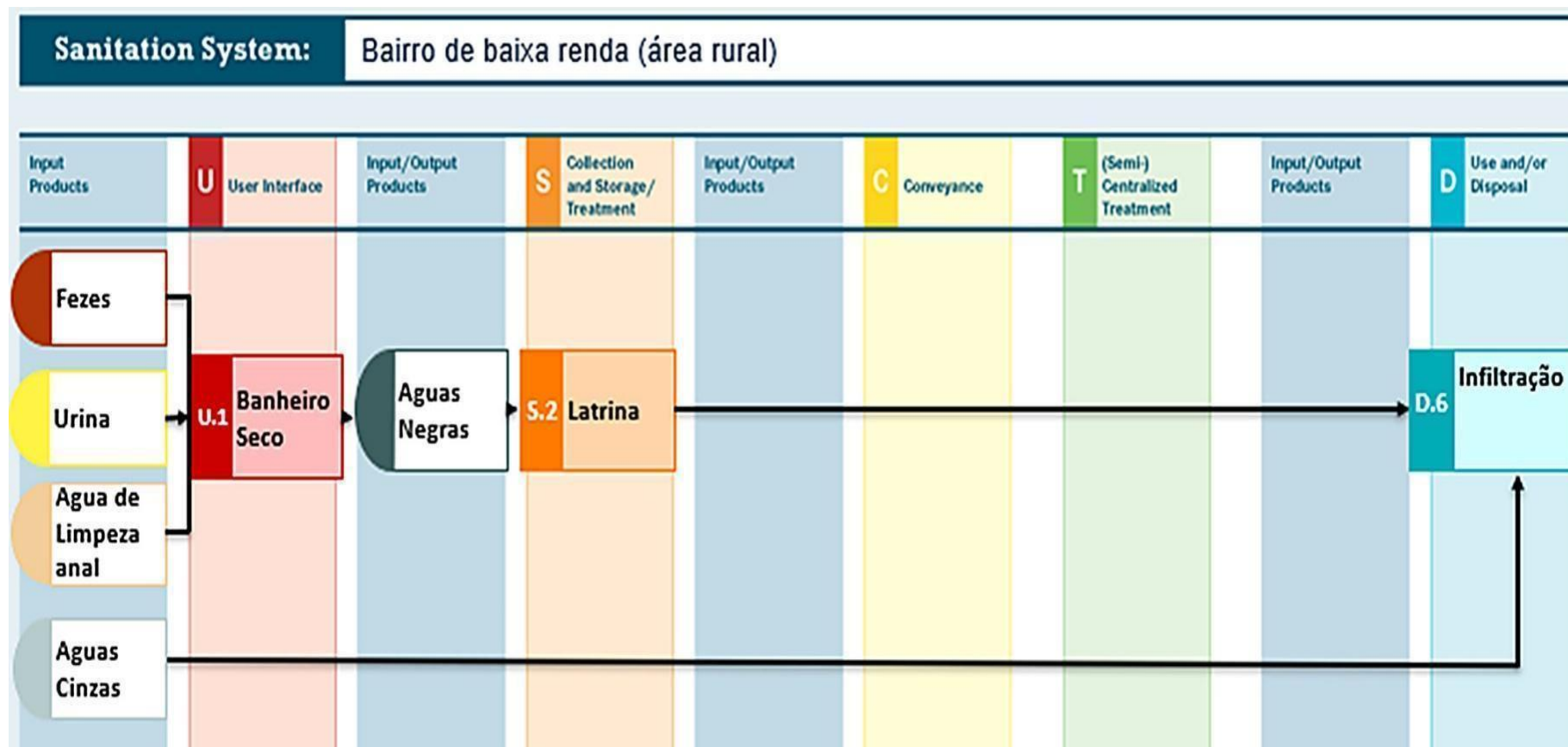


Fonte: Do autor (2026).

5.3. Sistemas de saneamento existente em Nampula

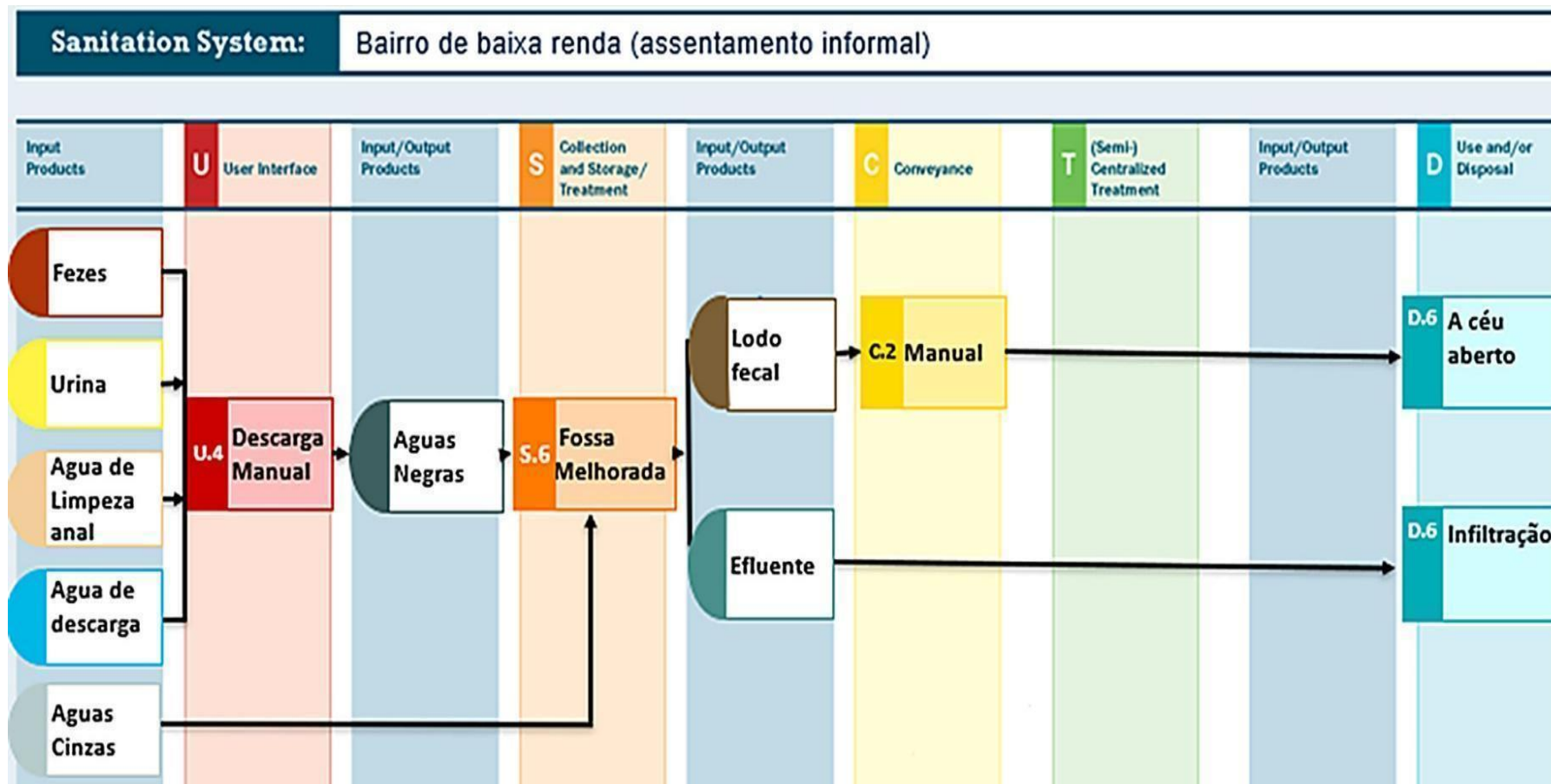
Foram identificados, pelo método CSST, quatro (4) sistemas de saneamento em Nampula. Entre as tecnologias observadas destacam-se: banheiro seco (Figura 6), banheiro construído em cerâmica e cimento com descarga manual (Figura 7), vaso sanitário com descarga manual (Figura 8) e vaso sanitário com descarga hidráulica (Figura 9). Observou-se que dois desses sistemas predominam em bairros de BR (Figuras 6 e 7), enquanto os outros dois são mais frequentes em bairros NBR (Figuras 8 e 9).

Figura 8: Sistema de saneamento de um bairro de BR com características rurais



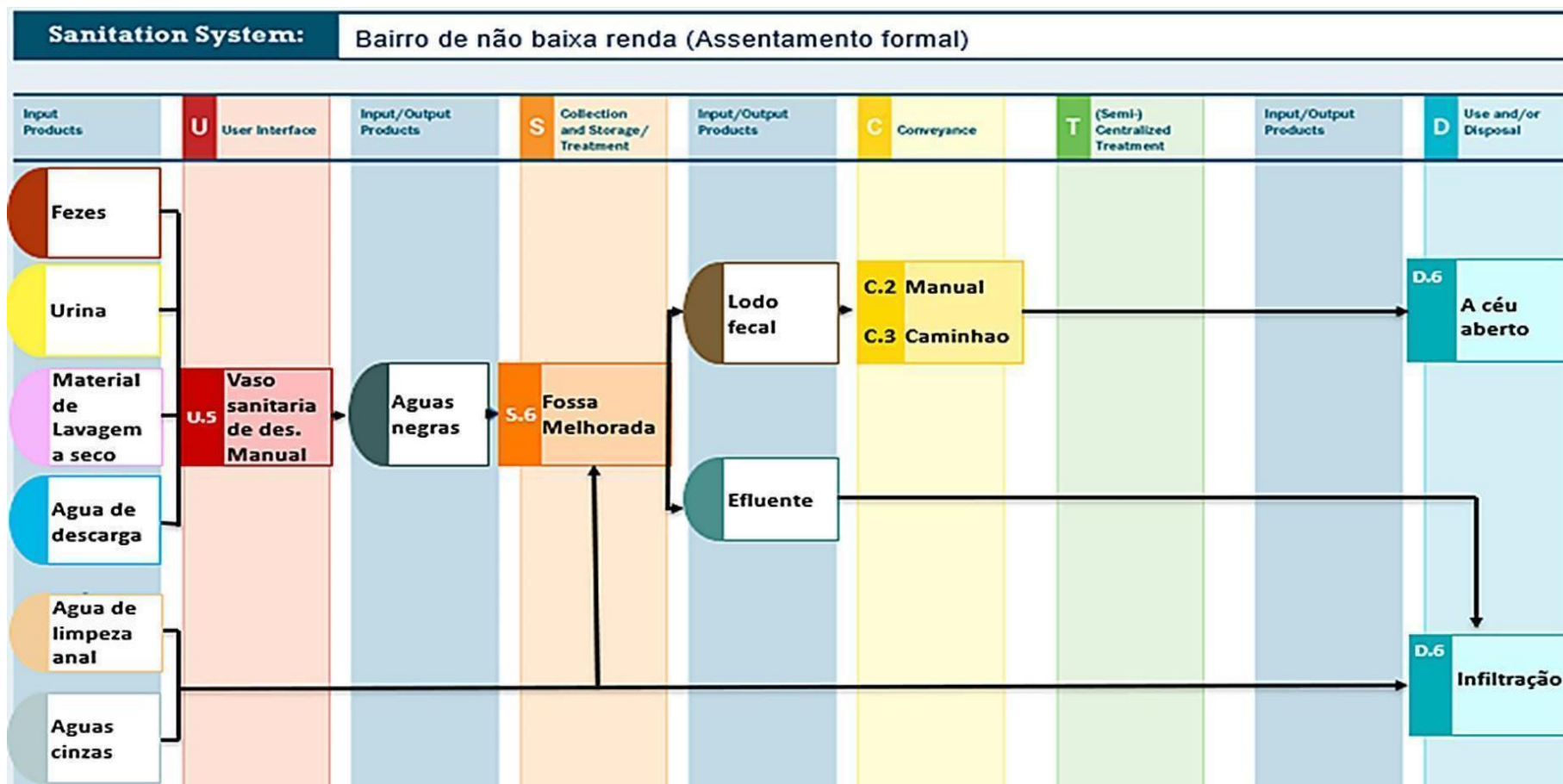
Fonte: Elaborado pelo Autor (2026), pela metodologia de Tilley et al. (2014).

Figura 9: Sistema de saneamento de um bairro de BR numa área urbana-informal



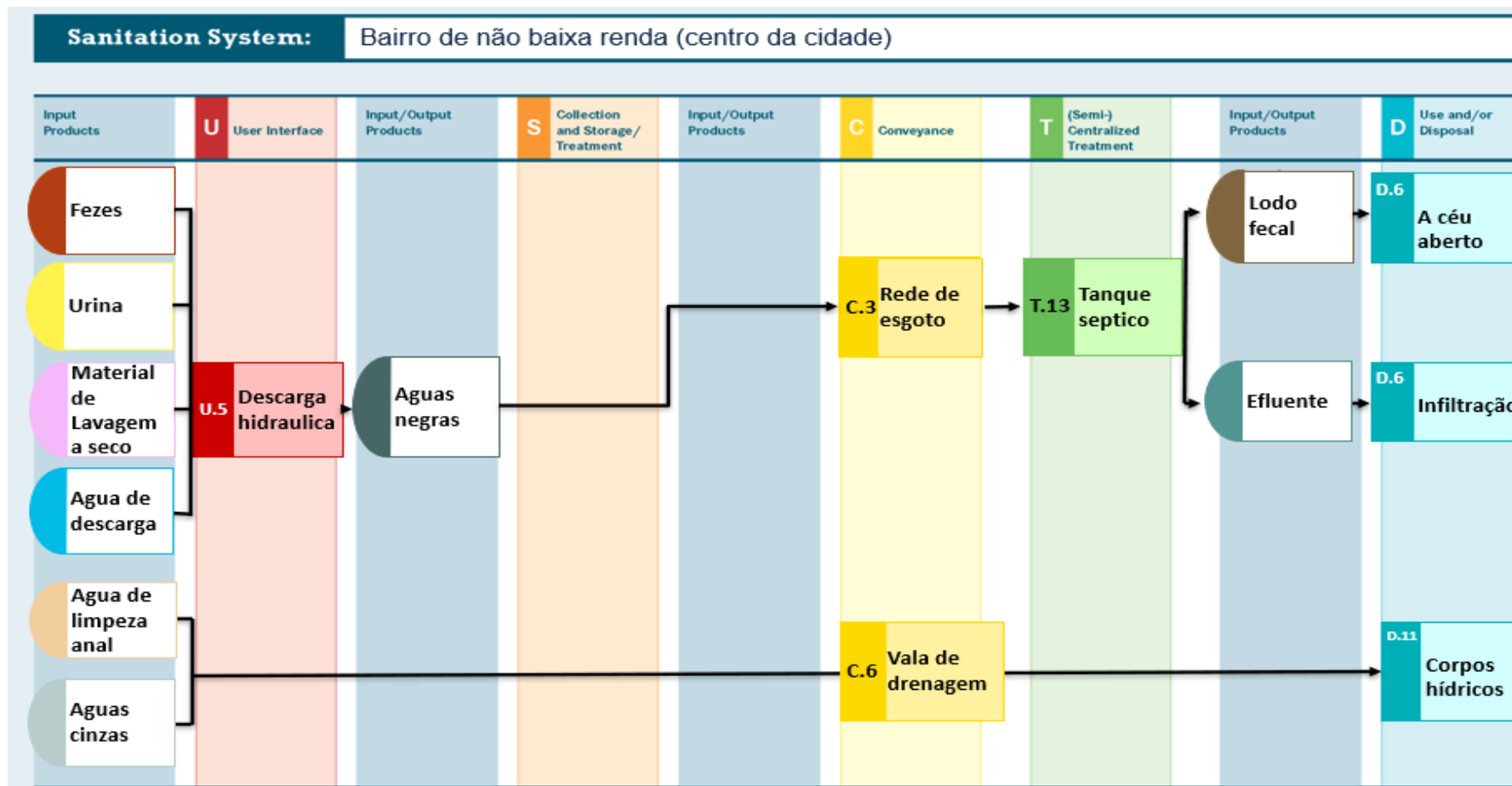
Fonte: Elaborado pelo Autor (2026), pela metodologia de Tilley et al. (2014).

Figura 10: Sistema de saneamento de um bairro NBR numa área urbana-formal



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026), pela metodologia de Tilley et al. (2014).

Figura 11: Sistema de saneamento de um bairro NBR numa área urbana-central ou condomínio/edifícios



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026), pela metodologia de Tilley et al. (2014).

As desigualdades tecnológicas começam na interface com o usuário (Figura 10), na qual se observa que, em bairros de BR, predominam banheiros secos construídos em estruturas de barro ou cimento (A), bem como sanitários de cerâmica e cimento que dependem de descarga manual através de baldes (B e C). Tais tecnologias, embora economicamente acessíveis, apresentam superfícies geralmente porosas e menor nível de vedação, o que dificulta a higienização, favorece a retenção de umidade e pode aumentar o risco de exposição a agentes patogênicos. Por outro lado, nos bairros NBR, os domicílios utilizam predominantemente vasos sanitários com descarga manual ou hidráulica e pisos azulejados (D, E e F). A natureza impermeável desses materiais facilita a limpeza, reduz a absorção de resíduos e melhora as condições de higiene. Além disso, a predominância de banheiros secos e sanitários com descarga manual nos bairros de BR está diretamente relacionada à limitada capacidade de investimento das famílias, à baixa disponibilidade de infraestrutura hidráulica e à expansão urbana não planejada. Em contraste, nos bairros de NBR, o maior poder aquisitivo e a disponibilidade de serviços urbanos favorecem a adoção de tecnologias mais eficientes. Esse padrão demonstra que a desigualdade tecnológica observada não decorre apenas de escolhas individuais, mas reflete desigualdades estruturais no processo de urbanização.

Figura 12: Tecnologia de interface com o usuário, A (LI-área rural), B e C (BR-área urbana/assentamento informal), D e E (NBR-área urbana/assentamento formal) e F (NBR-área urbana/centro da cidade)



Fonte: Do Autor (2026).

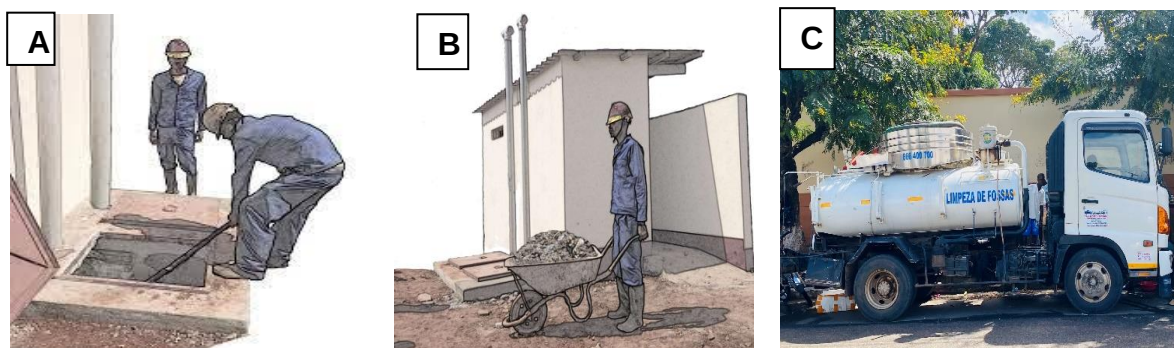
Quanto às tecnologias de contenção/armazenamento (Figura 11), observa-se que, nos bairros BR, predominam fossas rudimentares/sem impermeabilização (vulgarmente conhecido como latrinas), geralmente sem esvaziamento (A). Em algumas residências, foram identificadas fossas melhoradas/impermeabilizadas (B), cujo esvaziamento é realizado manualmente. Essas soluções apresentam maior risco de infiltração de efluentes no solo, contaminação das águas subterrâneas e exposição direta ao esgoto, devido à limitação estrutural e à ausência de uma gestão sistemática. Nos bairros de NBR, observam-se predominantemente fossas melhoradas/impermeabilizadas e tanques sépticos, com esvaziamento periódico, geralmente realizado mecanicamente por caminhão limpa-fossa (B) e, em alguns casos, manualmente, dependendo das condições socioeconômicas e das vias de acesso. Essas tecnologias proporcionam melhor vedação, maior segurança sanitária para usuários e trabalhadores e menor risco de exposição a patógenos.

Figura 13: Tecnologias de contenção/armazenamento, A-fossa rudimentar/sem impermeabilização; B-fossa melhorada/ com paredes impermeabilizadas e selada por cima (geralmente em áreas de BR urbana-informal e algumas áreas urbanas-formais de NBR); e C-tanque séptico



Fonte: A- SuSanA, (2017); B- Do Autor (2026); C-Tilley et al. (2014).

Figura 14: Tecnologias utilizadas no esvaziamento (BR e NBR), A e B-esvaziamento e transporte manual (áreas de NBR e alguns domicílios de áreas de BR-urbana informal) e C) em áreas de NBR



Fonte: Do Autor (2026).

A inexistência de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ou de Lodo (ETL) na cidade, resulta na descarga direta de esgoto no ambiente, como rios, cursos d'água e canais, em diferentes pontos da área urbana, conforme ilustrado na (Figura 13). Essa situação contribui para a contaminação de solos, águas superficiais e aquíferos subterrâneos, comprometendo a qualidade ambiental e a segurança dos recursos hídricos. Do ponto de vista sanitário, a disposição inadequada de esgoto favorece a disseminação de microrganismos patogênicos no ambiente, aumentando a incidência potencial de doenças de veiculação hídrica e fecal-oral (Lanrewaju et al., 2022). Além disso, a presença de efluentes expostos favorece a proliferação de vetores e acarreta impactos negativos nas condições de higiene urbana, incluindo odores desagradáveis e degradação paisagística (Wermelinger; Ferreira, 2023).

Figura 15: Áreas de descarga direta de esgoto; (A e B) efluentes provenientes de domicílios de BR e NBR; (C) área de descarga de esgoto fecal; (D, E e F) infiltração das águas cinzas no solo nos bairros de BR



Fonte: Do Autor (2026).

Essa diversidade observada na CVS (Figuras 10, 11, 12 e 13) evidencia a heterogeneidade tecnológica associada às características socioeconômicas presentes no contexto urbano, refletindo as desigualdades no acesso e na qualidade dos serviços de saneamento. Como destacado por Valette e Colon (2024), essa heterogeneidade é evidente em várias cidades do Sul Global da África, onde múltiplos arranjos tecnológicos coabitam no mesmo espaço urbano em função das desigualdades de renda e da insuficiência de investimento em infraestrutura de saneamento. À luz da análise institucional e legal de Nampula, observa-se que, embora o quadro normativo atribua competências claras à promoção de sanitários, drenagem e fiscalização, a limitada capacidade financeira e técnica municipal fragiliza a implementação dessas atribuições.

Nos bairros de BR, predominam soluções de saneamento *in situ*, compostas maioritariamente por práticas precárias. Embora se afirme que “há avanços mínimos de saneamento em bairros de BR”, Weststrate et al. (2019) destacam que, na maior parte das cidades moçambicanas, sobretudo em assentamentos informais, ainda prevalecem soluções

baseadas em fossas rudimentares, o que não garante segurança sanitária, tampouco a continuidade do serviço (esvaziamento e tratamento). Essas práticas refletem a ausência ou deficiência de infraestrutura, baixa capacidade de pagamento dos serviços, maior índice de assentamentos informais e a inexistência de um sistema organizado de coleta, transporte, armazenamento e tratamento do esgoto, conforme também observado por Diener et al. (2014). E, em sua maioria, a contenção no local não possui, financiamento, capacidade econômica e ambiental, o que leva a condições sanitárias precárias para os moradores urbanos, mesmo sendo regulamentado (Valette; Colon, 2024), como é o caso da cidade de Nampula.

Nos bairros NBR (centro urbano), foi observado um sistema estruturado, com conexão à rede de drenagem que descarrega o efluente em corpos hídricos, sem tratamento. De fato, Schrecongost et al. (2020) afirmam que em muitas cidades de média e baixa renda, o acesso ao saneamento e aos sistemas centralizados de esgotamento atende predominantemente a áreas planejadas e de maior renda ou NBR, enquanto soluções descentralizadas ou baseadas em contenção no local são mais observadas em bairros periféricos e em assentamentos informais de maior densidade populacional. As alíneas j e l do Artigo 66 do regulamento Municipal de Nampula através dos Decretos nº 15, 18 e 51/2004 e nº 112/2020, preveem ações de proteção sanitária e gestão adequada de efluentes, e nota-se uma intenção normativa de melhoria. Contudo, a ausência de tratamento final compromete a efetividade dessas disposições, mantendo riscos ambientais e sanitários mesmo em áreas formalmente atendidas por infraestrutura, corroborando estudos que destacam o risco ambiental decorrente do manejo inadequado de esgoto doméstico (Galli et al., 2014).

A interdependência entre o abastecimento de água intermitente e o uso de descargas hidráulicas conectadas às redes de esgoto é uma das fragilidades dos sistemas de saneamento, uma vez que o transporte do esgoto sanitário pela rede coletora depende de água disponível para seu funcionamento adequado. Em Nampula, o sistema de abastecimento de água depende da barragem do Rio Monapo, originalmente projetada na época colonial (1958 a 1959) para cerca de 200 mil habitantes (CMCN, 2019) e insuficiente para atender à demanda da população atual; assim, 52% dos domicílios dependem de fontes alternativas e inseguras, como poços, rios e lagoas (IKWELI, 2024). Consequentemente, a expansão da rede coletora

de esgoto é impedida devido à falta de água suficiente para conduzir as excretas pela tubulação.

Essa limitação torna-se ainda mais evidente em áreas de BR, onde a expansão das infraestruturas não acompanha o crescimento populacional, resultando em maiores quantidades de geração de esgoto mal geridos. Além disso, a presença de efluentes expostos favorece a contaminação de fontes de água, proliferação de vetores e acarreta impactos negativos nas condições de higiene urbana, incluindo odores desagradáveis, fatores que agravam riscos à saúde e bem-estar dos domicílios (UNEP, 2017). E em muitas cidades de média e baixa renda, enfrentam desafios para ampliar a cobertura de esgotamento sanitário, sem a capacidade institucional, técnica e financeira correspondente para garantir sistemas eficazes de coleta e tratamento de esgoto (Andersson et al., 2016). Esse cenário se assemelha à realidade observada em cidades como Nampula.

5.4. Diagrama de Fluxo de Fecal (SFD)

A Figura 14 apresenta o SFD elaborado para Nampula, em que a cor verde indica segurança no serviço prestado, enquanto o vermelho indica insegurança. Observa-se um quadro crítico de insegurança sanitária, uma vez que a predominância de setas vermelhas ao longo da cadeia de valor do saneamento indica que 74% do esgoto não é contido de forma segura, enquanto 5% da população ainda pratica defecação a céu aberto. Apenas 21% do esgoto é adequadamente contido, na sua maioria em bairros de NBR. As etapas subsequentes do sistema agravam ainda mais esse cenário. O SFD mostra que apenas 12% do esgoto é esvaziado de forma segura, em contraste com 88% de práticas inseguras, e que apenas 5% do volume é transportado adequadamente. A inexistência de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) resulta na descarga de 100% do esgoto diretamente no meio ambiente, o que configura uma disposição final inadequada. De acordo com Peal et al. (2020), o esgoto lançado a céu aberto ou sem tratamento deve ser classificado como “não gerenciado com segurança”, pois representa riscos sanitários equivalentes à defecação a céu aberto, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas (Robb et al., 2017; Wear et al., 2021).

Os resultados do SFD em Nampula revelam que a precariedade do saneamento reflete uma urbanização profundamente desigual. Existe uma dualidade crítica: para serviços de esgotamento sanitário encanado ou de esvaziamento e transporte mecanizado (nos bairros de NBR), a CVS opera com segurança nas etapas de contenção, esvaziamento e transporte, mas

falha no tratamento final. Em contraste, nos bairros BR, a insegurança é sistêmica e abrange quase todas as etapas da CVS. Estudos recentes que aplicaram o *SFD* em cidades de média e baixa renda, como Kampala (Uganda), Dar es Salaam (Tanzânia) e Ahmedabad (Índia), mostram padrões semelhantes: áreas centrais e de maior renda geralmente dispõem de infraestrutura de coleta, mas falham no tratamento final, enquanto áreas periféricas enfrentam insegurança ao longo de toda a cadeia sanitária (World Bank, 2023; WSUP, 2024). Essa dualidade acentua riscos à saúde, contaminação ambiental e desigualdades socioeconômicas. Alternativas como planejamento urbano integrado, fortalecimento institucional, financiamento sustentável e adoção de novas abordagens como o CWIS-FiT podem fortalecer a equidade, segurança e sustentabilidade urbana.

Figura 16: Diagrama de fluxo de esgoto (SFD) da cidade de Nampula

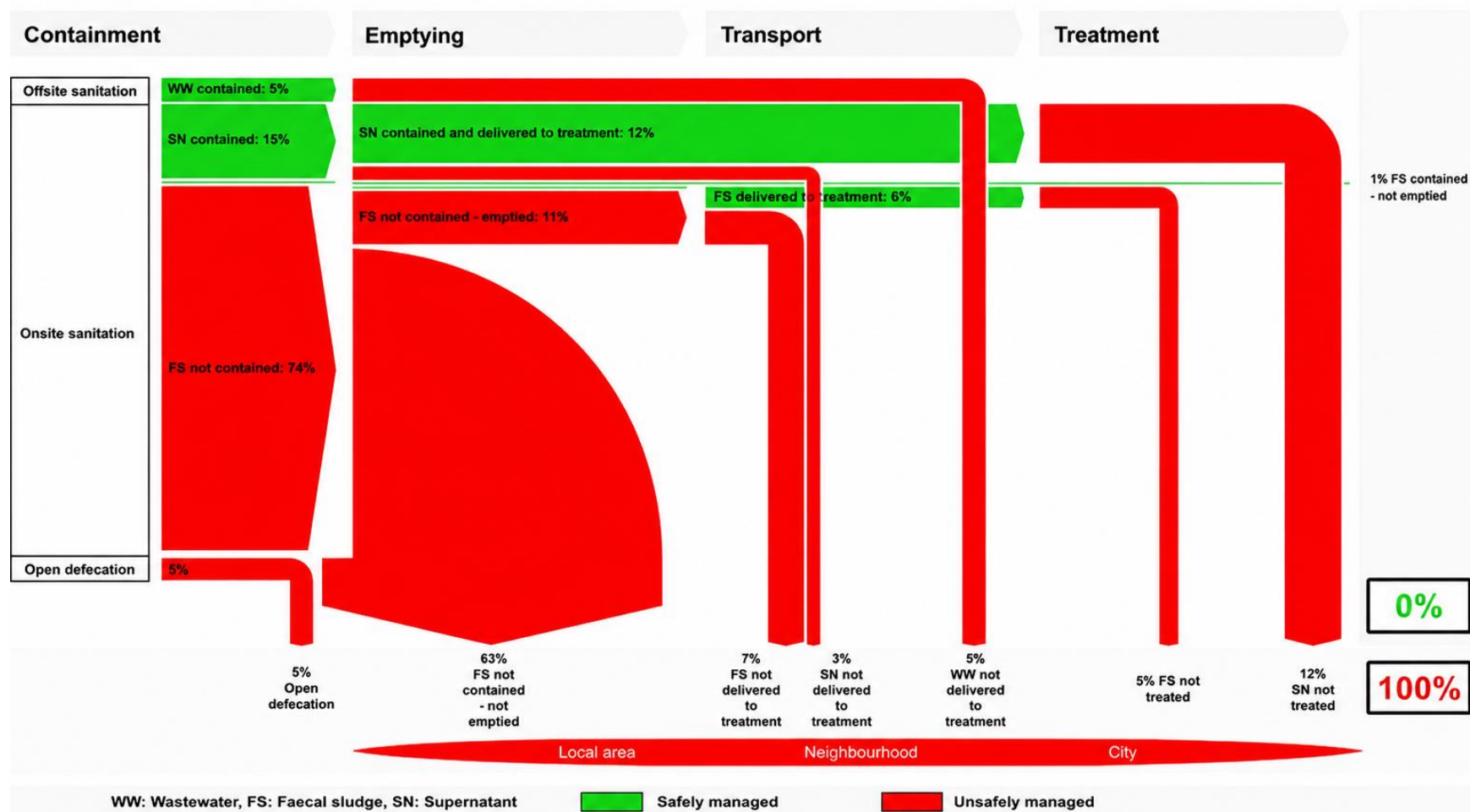
Nampula, Nampula, Moçambique

Version: Draft

SFD Level: not set

Date prepared: 3 Nov 2025

Prepared by: Arsénio Caetano



The SFD Promotion Initiative recommends preparation of a report on the city context the analysis carried out and data sources used to produce this graphic. Full details on how to create an SFD Report are available at sfd.susana.org

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026), pela metodologia de SuSanA, (2017).

5.5. Modelo de negócio existente em Nampula

O modelo de negócio apresentado para o setor de saneamento da cidade de Nampula (Figura 15), representa, de forma sistêmica, a organização institucional, financeira e operacional da cadeia de serviços de saneamento, para sistemas encanados e não encanados. A estrutura segue a lógica da CVS (retenção/armazenamento, transporte, tratamento e reúso), e evidencia a participação simultânea dos domicílios, prefeitura e setor privado.

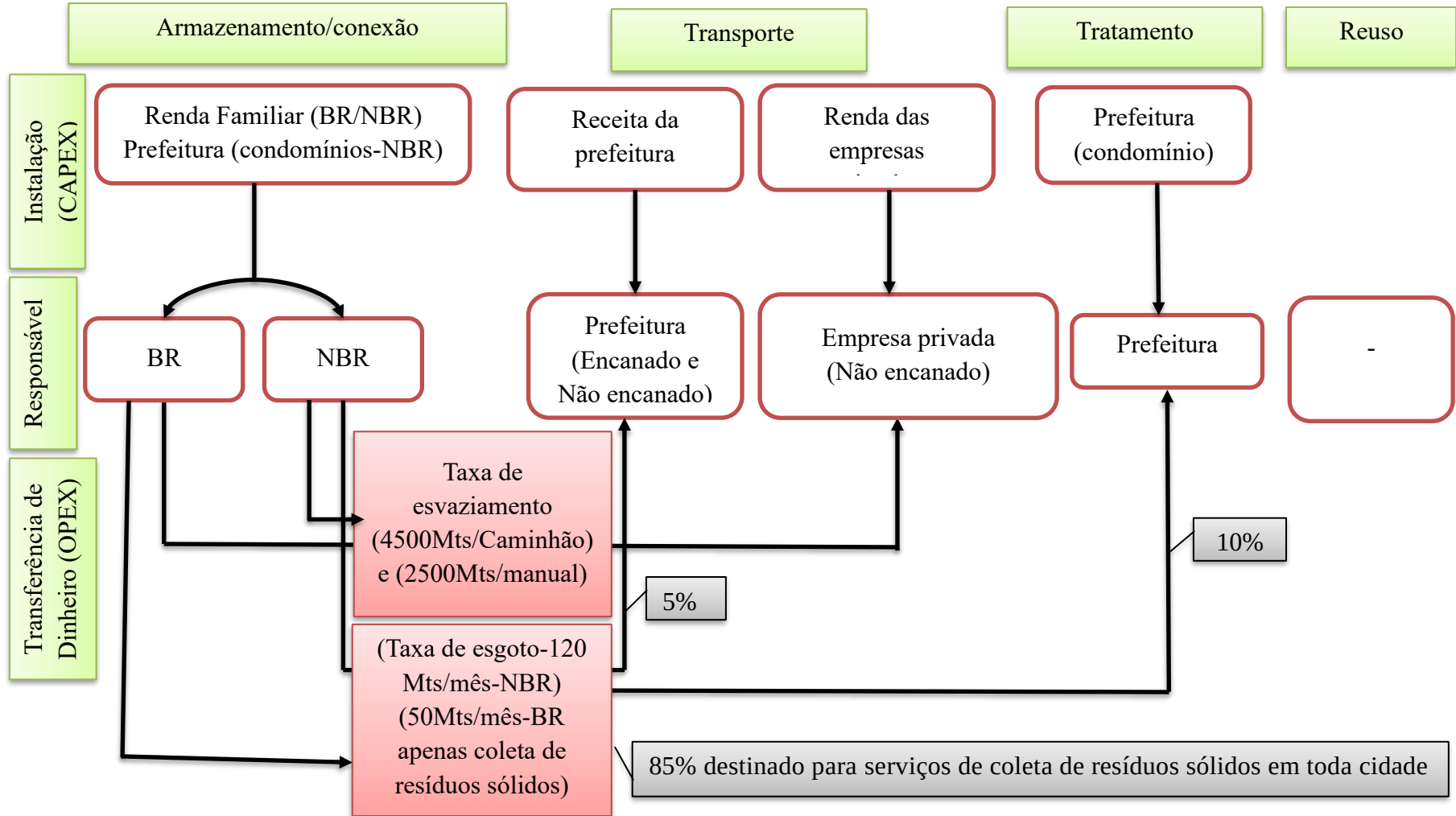
No componente de investimento de capital (*Capital Expenditure-CAPEX*), observa-se que as tecnologias de armazenamento e conexão domiciliar são instaladas predominantemente pelo financiamento das famílias (BR e NBR), especialmente nos sistemas individuais, enquanto em alguns arranjos coletivos, como sistemas condominais/edifícios, há participação financeira da prefeitura. Para a etapa de transporte, os investimentos são sustentados principalmente pela capacidade operacional dos atores privados, na sua maioria informais, complementados, em alguns casos, por serviços municipais. Na etapa de tratamento, a responsabilidade recai majoritariamente sobre a prefeitura, que investe em sistemas como tanques sépticos condominais. Entretanto, os fluxos observados indicam limitações nas etapas transporte, tratamento e reúso, uma vez que, o esgoto é descartado diretamente no ambiente, evidenciando desafios no fechamento seguro da cadeia de saneamento.

Na componente operacional (*Operational Expenditure-OPEX*), o modelo revela duas rotas distintas de prestação de serviços. Nos sistemas encanados, as famílias de NBR pagam uma tarifa mensal de esgotamento sanitário equivalente a 120 Mts/mês (US\$ 1,88), cuja arrecadação é direcionada à prefeitura, responsável pela operação, manutenção e tratamento do esgoto por meio de sistemas condominais/prediais (tanque séptico). Por outro lado, nos sistemas não encanados, o serviço de esvaziamento é realizado por operadores privados, sendo cobrada das famílias de BR e NBR uma taxa média de 4500 Mts (US\$ 70,45), por caminhão de esvaziamento e em alguns casos, o esvaziamento é feito pela prefeitura. Os percentuais identificados no modelo (aproximadamente 5% e 10%) da receita são investidos para o funcionamento (operação e manutenção) dos caminhões e dos tanques sépticos condominais/prediais, respetivamente.

Assim, o modelo de negócio identificado em Nampula representa um arranjo híbrido e funcional, no qual famílias, a prefeitura e operadores privados compartilham responsabilidades financeiras e operacionais. Contudo, ainda há desafios que persistem na recuperação de custos, no tratamento final seguro e na consolidação de mecanismos regulatórios que assegurem eficiência, equidade e sustentabilidade econômica do sistema de saneamento da cidade.

Estudo conduzido por Strande et al. (2023), demonstra que sistemas de saneamento urbanos, devem ser avaliados considerando toda a cadeia de serviço, e não apenas a tecnologia utilizada, pois os custos de CAPEX e OPEX variam significativamente em função do modelo de negócio e da eficiência operacional. Além disso, os autores mostram que sistemas não encanados podem apresentar custos totais comparáveis aos sistemas convencionais quando toda a CVS é considerada. Uma pesquisa realizada em Kampala, Uganda, demonstrou que modelos de negócios baseados em parcerias público-privadas para os serviços de esvaziamento e transporte de esgoto apresentam maior sustentabilidade quando incorporam mecanismos de formalização dos prestadores de serviços privados, reduzindo os custos operacionais e ampliando a cobertura em assentamentos informais (Singh et al., 2022). Essa abordagem pode ser considerada uma alternativa promissora para a cidade de Nampula, onde grande parte dos prestadores privados atua de forma informal, contribuindo para o fortalecimento da gestão, da eficiência operacional e da universalização dos serviços de saneamento.

Figura 17: Modelo de negócio atual do setor de saneamento



Fonte: Do Autor (2026).

5.6. Plano de melhoria do CWIS-FiT para Nampula

Para a visualização e projeção das transições dos serviços de saneamento ao longo do horizonte de 20 anos, foram utilizados os dados de entrada apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Dados de entrada utilizados para visualização do estado atual de saneamento e planejamento das transições ao longo dos 20 anos da cidade.

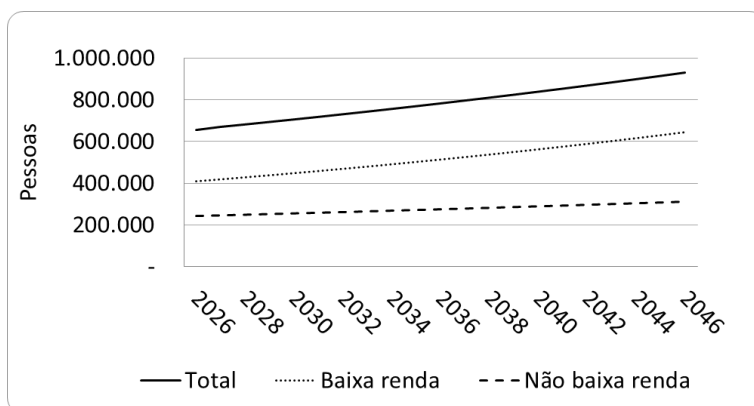
Anos de início e término	2026-2046			CMCN, 2025		
Famílias de BR	81884 domicílios (62.61%)			INE, 2019		
Famílias de NBR	48908 domicílios (37,39%)					
nº. médio de pessoas por família	5 membros			INE, 2017		
Crescimento populacional	2,3% em BR e 1,2% em NBR			INE, 2019		
Mulheres na cidade	51%			INE, 2019		
Taxa de inflação	4,2%			BM, 2025		
Fator de pico	2,1			CMCN, 2021		
Produção de águas residuárias	78,2 L/dia/pessoa			CMCN, 2021		
Águas residuárias provenientes de fontes não domésticas	1339,5m³/dia			CMCN, 2021		
Lodo gerado por doméstico	0,09 m³/pessoa/ano			CMCN, 2021		
Lodo proveniente de fontes não doméstico	3 m³/ano			CMCN, 2021		
Volume médio de contenção	3 m³			CMCN, 2021 e BR/NBR		
Frequência de esvaziamento	5 a 7 anos			CMCN, 2021 e BR/NBR		
Pessoas a serem cobertas pelo sistema não encanado seguro	78%			CMCN, 2021 e BR/NBR		
Pessoas a serem cobertas pelo sistema encanado seguro	22%			CMCN, 2021 e BR/NBR		
Pessoas com sistema seguro até 2046	100%			CMCN, 2021 e BR/NBR		
Cobertura atual de serviço de saneamento	Esgoto encanado c/tratamento	Esgoto encanado s/tratamento	Esgoto não encanado c/tratamento	Esgoto não encanado s/tratamento	Sem banheiro	
	BR (%)	0	2	0	38	5
	NBR (%)	0	20	0	35	0

*CMCN (Conselho Municipal da Cidade de Nampula); *INE (disponível: <https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/nampula-1>); *BM (disponível: <http://www.bancomoc.mz/>).

Fonte: Do Autor (2026).

A aplicação da ferramenta CWIS-FiT à projeção populacional da cidade, considerando a taxa de crescimento populacional e assumindo que a cobertura de saneamento seguro (0%) permaneça constante durante todo o período analisado, indica um aumento significativo do número de pessoas dependentes de fossas rudimentares ou não impermeabilizadas e de práticas inadequadas de disposição de esgoto. Além disso, considerando que o crescimento populacional é mais acentuado nos bairros de BR (Figura 16), esse cenário evidencia que, na ausência de investimentos e melhorias na prestação dos serviços de saneamento, as condições de insegurança sanitária tendem a se agravar progressivamente.

Figura 18: Projeção populacional dos próximos 20 anos sobre o saneamento sem intervenção do CWIS-FiT



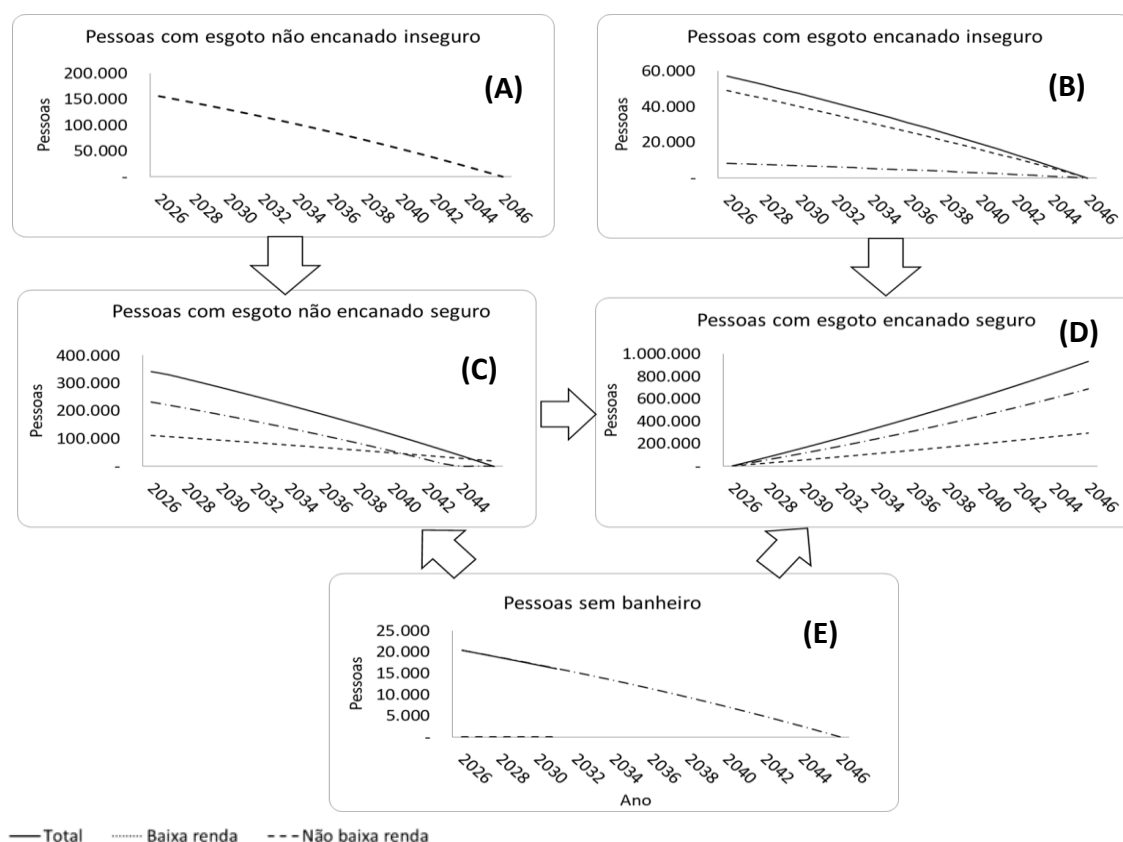
Fonte: Do Autor (2026).

O plano de melhoria (Figura 17) demonstra uma transição gradual dos serviços de saneamento. A ferramenta CWIS-FiT permitiu estimar a evolução de serviços inseguros para serviços seguros, em que os domicílios com sistema não encanado inseguro (A) passam para um sistema não encanado seguro (C) e, posteriormente, para um sistema encanado seguro (D). Os domicílios que utilizam um sistema encanado inseguro (B) transitam diretamente para o cenário (D). Por sua vez, os domicílios em situação de defecação a céu aberto ou sem banheiro (E) passam inicialmente para o cenário (C) e, posteriormente, para o cenário (D), ou realizam a transição direta de (E) para (D). Neste plano, a Prefeitura Municipal de Nampula estabeleceu a meta ambiciosa de alcançar 100% de cobertura de esgotamento sanitário encanado no horizonte de 20 anos. Contudo, a viabilidade dessa transformação

estrutural está condicionada à mobilização de financiamento (inclusive com apoio externo) e à superação de entraves históricos, como a inexistência de ETEs e ETLs, a fragilidade da governança e da gestão do sistema, a informalidade na prestação dos serviços de esvaziamento e as limitações fiscais.

Pressupõe-se a implementação progressiva de um plano que amplie sistematicamente a cobertura de saneamento seguro até alcançar a universalização em 2046, no qual a meta é a cobertura integral de saneamento seguro e a eliminação da defecação a céu aberto e outras práticas inseguras, priorizando a redução das desigualdades entre os bairros BR e NBR. As projeções indicam redução contínua das categorias de esgotamento inseguro (tanto encanado quanto não encanado) paralelamente ao crescimento dos sistemas seguros, sejam eles descentralizados ou soluções convencionais com rede e tratamento.

Figura 19: Transições populacionais entre sistemas sanitários aplicadas nos próximos 20 anos



Fonte: Do Autor (2026).

Nesse contexto, mesmo com crescimento populacional significativo, o número absoluto de pessoas em situação de saneamento inseguro seria gradualmente reduzido até atingir níveis residuais ou nulos (0%). Porém, embora a Prefeitura tenha estabelecido a meta de alcançar 100% de cobertura em um horizonte de 20 anos, essa projeção pode ser considerada excessivamente otimista diante das condições atuais da cidade, tendo em conta que, grande parte da população reside em bairros de BR, onde a implantação de redes convencionais de esgoto é frequentemente limitada por restrições físicas, fundiárias e econômicas. Para compensar o crescimento demográfico projetado, a expansão anual da cobertura deverá superar a taxa média de crescimento populacional. Ou seja, a efetivação das políticas existentes precisará crescer não apenas em termos absolutos, mas também a um ritmo superior ao do crescimento populacional.

Embora o arcabouço legal atribua ao município competência para o planejamento urbano e a provisão de serviços de saneamento, além de estabelecer princípios de proteção ambiental e de saúde pública, os principais entraves residem na capacidade institucional e operacional. A existência de base normativa não garante, por si só, a execução efetiva das políticas, especialmente em contextos de rápida urbanização e expansão de assentamentos informais. Para viabilizar o alcance das metas estabelecidas até 2046, é imprescindível a adoção de um conjunto integrado e articulado de estratégias.

Estudos semelhantes realizados nas cidades de Nakuru, no Quênia com um planejamento de 20 anos, e Mahalaxmi, no Nepal com um planejamento de 5 anos utilizando a ferramenta CWIS-FiT, demonstraram resultados consistentes com os observados neste estudo. Segundo Franco et al. (2026), o plano de melhoria evidenciou uma redução gradual dos serviços de saneamento inadequados em ambas as cidades. A aplicação da CWIS-FiT permitiu estimar a eliminação progressiva dos serviços de saneamento inseguros, promovendo um aumento significativo da população com acesso a serviços de saneamento seguro. No entanto, as cidades avançaram de 41% para 55% e de 47% para 60% de cobertura de saneamento seguro, respectivamente, alcançando uma redução dos serviços inseguros (0%) da área em estudo em Mahalaxmi.

5.7. Planejamento financeiro

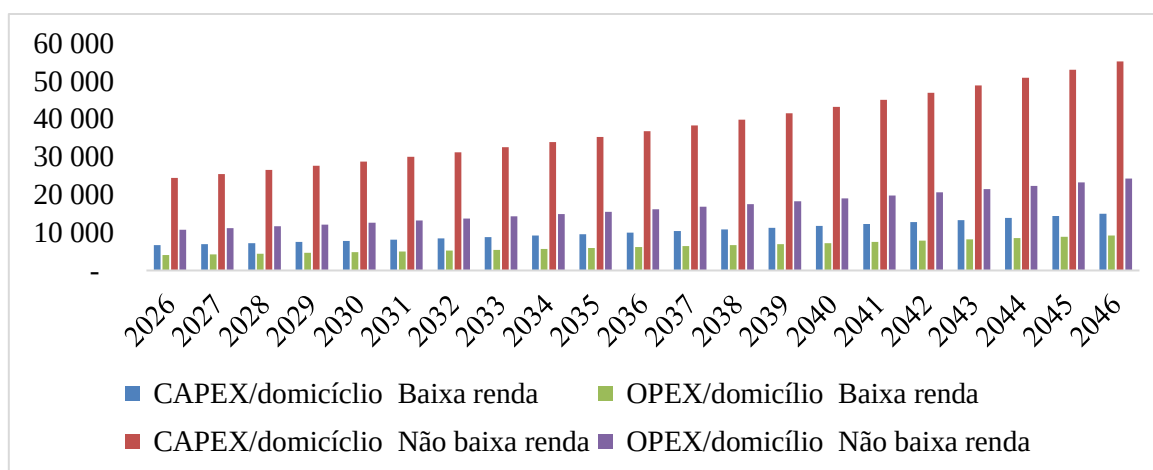
5.7.1. Interface com o usuário (Banheiro)

Domicílios de BR gastam cerca de 500 Mts (US\$ 7,83), para instalar um banheiro seco, com projeção de aumento para 12.000 Mts (US\$ 187,79), até 2046 em função da inflação do país. Os usuários (BR/NBR) de vaso sanitário com descarga manual investem, em média, 7.000 Mts (US\$ 109,55), podendo atingir 20.000 Mts (US\$ 313,00), em 2046. Já para o vaso sanitário com descarga hidráulica, os domicílios de NBR investem, em média, 25.000 Mts (US\$ 391,24), com expectativa de aumento para 55.000 Mts (US\$ 860,72), até 2046. Em relação aos custos médios anuais de OPEX, os gastos dos domicílios de BR iniciam em 300 Mts (US\$ 4,69), com projeção de alcançar 7.000 Mts (US\$ 109,55), ao longo de 20 anos, enquanto nos domicílios de NBR variam entre 7.393,1 (US\$ 115,70) e 14.137,6 Mts (US\$ 221,25), podendo atingir 15.000 Mts (US\$ 234,74), até 2046.

Esse comportamento (Figura 16) ocorre porque os maiores investimentos em CAPEX e OPEX nos domicílios de NBR estão associados à adoção de tecnologias sanitárias mais sofisticadas, com melhor padrão construtivo e sistemas de gestão mais seguros e robustos com azulejo, vaso sanitário/pia e torneira que facilita a limpeza e mantém a interface com o usuário mais segura. Em contraste, os custos nos domicílios de BR permanecem significativamente inferiores, embora apresentem crescimento gradual ao longo do tempo, evidenciando que mesmo soluções simplificadas, frequentemente adotadas em áreas periurbanas e assentamentos informais, requerem investimentos para garantir sua funcionalidade e segurança sanitária (Schrecongost et al., 2020).

Segundo Peal et al. (2020), o saneamento urbano é marcado por desigualdades estruturais, nas quais populações de BR recebem serviços precários ou dependem de soluções informais devido às limitações dos investimentos públicos. Dessa forma, o crescimento contínuo dos custos ao longo dos anos pode representar um obstáculo à universalização do saneamento, caso não sejam implementados subsídios, incentivos públicos ou modelos de gestão compatíveis com a capacidade de pagamento das famílias. Além disso, o aumento do OPEX ao longo do período analisado evidencia a importância de considerar não apenas os custos iniciais de implantação, mas também a sustentabilidade operacional dos sistemas sanitários.

Figura 20: Projeção de custos em banheiros/interface do usuário



Fonte: Do Autor (2026).

5.3.2. Armazenamento/conexão

Para a instalação dos sistemas de armazenamento/conexão apresenta custos distintos conforme a tecnologia adotada (Tabela 9).

Tabela 9: Preços atuais para instalar uma tecnologia de armazenamento/conexão

Tecnologia	Preço atual de CAPEX	
	BR	NBR
Fossa rudimentar/latrina	500 Mts (US\$ 7,83)	-
Fossa ventilada (VIP)	7000 Mts (US\$ 109,55)	7000 Mts (US\$ 109,55)
Conexão à rede de esgoto	-	4500 Mts (US\$ 70,45)

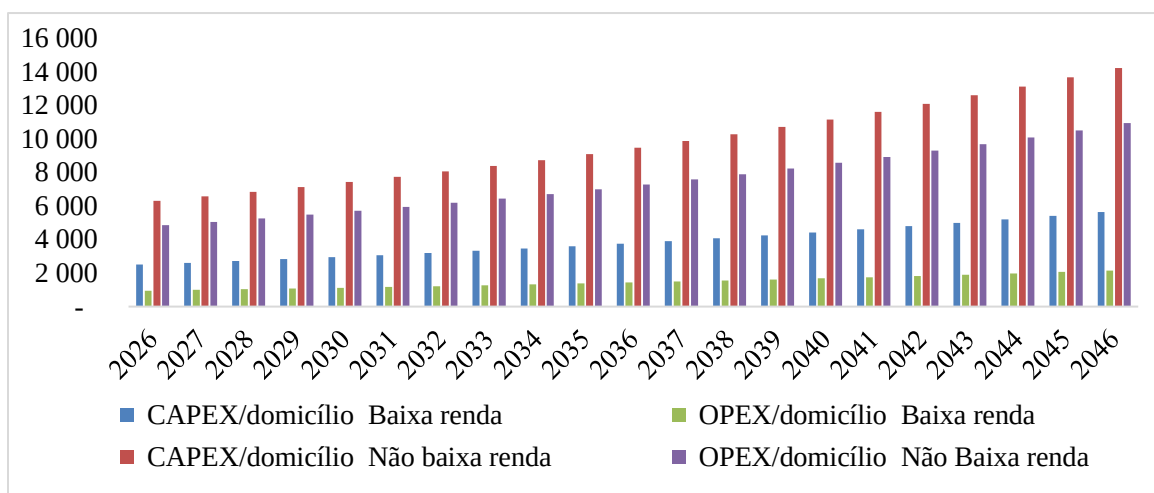
Fonte: Do Autor (2026).

Para garantir a funcionalidade dessas tecnologias, os domicílios de NBR dependem cerca de 4.000 Mts anuais, valor que poderá atingir 11.000 Mts até 2046, refletindo principalmente as despesas com limpeza e manutenção. Nos domicílios de BR, esses custos são de aproximadamente 300 Mts, podendo alcançar 2.500 Mts em 2046, em razão da menor complexidade tecnológica dos sistemas utilizados. Observou-se que a construção de uma fossa ventilada (VIP) apresenta custo superior ao da ligação à rede de esgoto. Esse resultado indica que o investimento necessário para implantar uma fossa ventilada (VIP) é superior ao custo de ligação à rede pública de esgoto. Assim, quando a infraestrutura estiver disponível, a conexão à rede poderá representar uma alternativa economicamente competitiva para

usuários que atualmente investem em sistemas individuais do tipo VIP. Um estudo realizado no município de Kushtia, Bangladesh, demonstrou que o CAPEX para fossas rudimentares, fossas ventiladas (VIP) e tanques sépticos variou entre 3.776, 7.488 e 33.920 Mts/domicílio (US\$ 59, 117 e 530), respetivamente (Mohideen, 2020). De forma semelhante, Ocharo (2024) verificou que, em Nakuru, Quênia, os custos de implantação das tecnologias de armazenamento são significativamente mais elevados para tanques sépticos e fossas ventiladas do que para fossas rudimentares, principalmente em função do maior custo dos materiais de construção. Esse padrão também foi observado em Nampula. Nos bairros de BR, a predominância de fossas rudimentares resulta em menores custos de CAPEX e OPEX quando comparados aos bairros de não baixa renda (NBR), onde tecnologias como fossas ventiladas e tanques sépticos são mais frequentes (Figura 17). Assim, esses resultados evidenciam que menores custos de investimento não representam, necessariamente, uma condição mais favorável, mas refletem a adoção de tecnologias de menor desempenho sanitário, geralmente associadas a maiores riscos ambientais e à saúde pública.

Os valores apresentados correspondem aos custos médios anuais por domicílio estimados pelo CWIS-FiT para as tecnologias predominantes de contenção existentes em cada grupo de bairros. Como diferentes tecnologias coexistem em cada categoria, os custos representam médias ponderadas obtidas a partir da distribuição das tecnologias identificadas em campo.

Figura 21: Projeção dos custos de tecnologias de armazenamento/conexão



Fonte: Do Autor (2026).

5.3.3. Esvaziamento/transporte

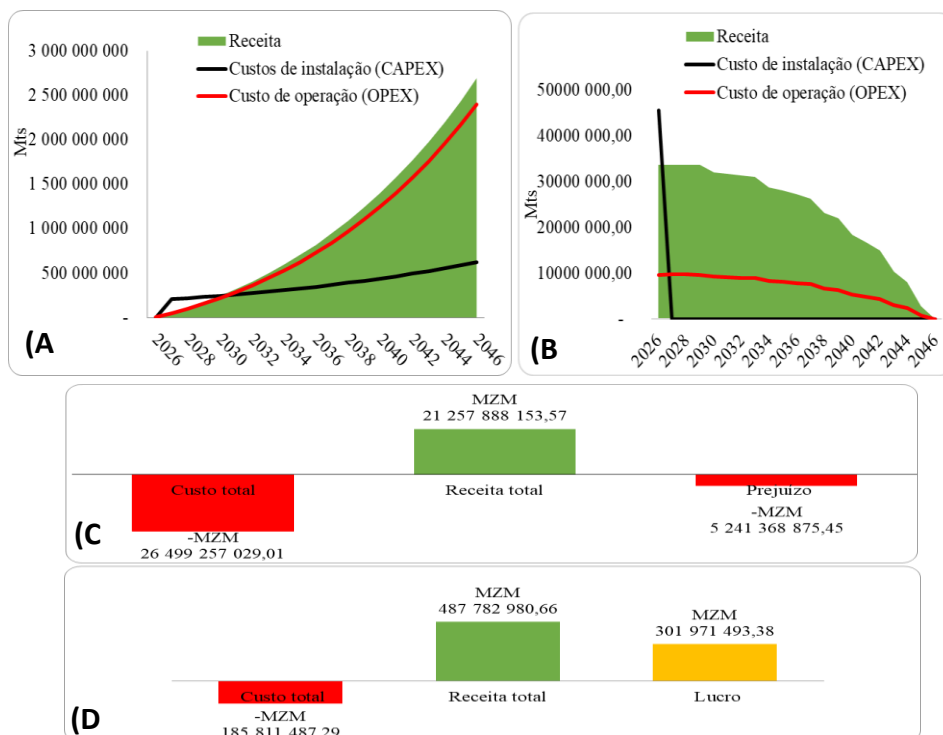
Atualmente, a cidade dispõe de 12 caminhões de esvaziamento operados pelo setor privado, dos quais 7 são de pequeno porte e 5 de grande porte, ambos com capacidades de 2,5 m³ e 4 m³, respectivamente e 4 associações de esvaziamento manual. A maioria desses operadores atua de forma informal, realizando predominantemente o esvaziamento de sistemas descentralizados e individuais. Por sua vez, a Prefeitura Municipal dispõe de 2 caminhões de grande porte destinados ao serviço público, utilizados principalmente no esvaziamento de fossas sépticas de condomínios e edifícios. Nesse contexto, a formalização dos operadores privados e o fortalecimento de parcerias com o setor público poderiam contribuir para a regulamentação do serviço, padronização das tarifas e a melhoria da qualidade operacional, ampliando o acesso e reduzindo práticas inseguras. Em Dar es Salaam, Tanzânia, e em Kisumu, Quênia, verificou-se que os elevados custos do esvaziamento levam muitas famílias a adiar a contratação do serviço ou a recorrer a práticas inadequadas de disposição de esgoto (Jenkins et al., 2015; Peletz et al., 2020). De forma semelhante, Grisaffi et al. (2022) destacaram que a integração entre operadores privados e instituições públicas amplia a cobertura dos serviços, sobretudo em assentamentos informais. Na (Figura 18 A), o aumento gradual do CAPEX está associado, além da inflação, à expansão da infraestrutura da rede coletora de esgoto, considerando a meta de ampliação da cobertura de 2% para 100% ao longo de 20 anos definido pela prefeitura Municipal de Nampula. Na (Figura 18 B), o aumento acentuado do CAPEX relaciona-se à necessidade de atender aos domicílios sem serviços de esvaziamento e transporte no primeiro ano de planejamento, por meio da aquisição de novos caminhões de esvaziamento e da expansão da rede de esgoto. Entretanto, à medida que o cenário projetado prevê a migração de serviços não encanados para serviços encanados, o OPEX e as receitas associadas ao transporte motorizado de esgoto reduz gradualmente. Na perspectiva de atendimento com esgotamento encanado a 100% da população em 20 anos, estes serviços de esvaziamento se tornarão obsoletos no futuro, assim como os equipamentos adquiridos, o que compromete a viabilidade econômica do negócio para empreendedores privados e resulta em investimentos subutilizados por parte do poder público. Este resultado evidencia que a universalização baseada em alcançar 100% de cobertura por coleta encanada em 20 anos merece uma análise crítica quanto à sua viabilidade

técnica, financeira e operacional, sendo recomendável a avaliação de metas menos ambiciosas.

Quanto aos custos e às receitas ao longo do ciclo de vida, os serviços públicos de coleta encanada de esgoto apresentam limitações de sustentabilidade financeira para cobrir o OPEX da rede de esgoto (Figura 18C), enquanto os prestadores privados tendem a gerar lucros (Figura 18D). Assim, intervenções como apoio orçamentário, subsídios e reajustes tarifários serão necessárias para garantir a continuidade e a sustentabilidade dos serviços públicos. De acordo com as entrevistas realizadas com informantes-chave operadores privados, os entrevistados relataram que as taxas atualmente praticadas são suficientes para gerar lucros, conforme demonstrado pela frequência de esvaziamento e pelo segmento de mercado atendido. Um estudo sobre serviços de esvaziamento prestados por operadores privados na África e na Ásia constatou que essas atividades são, em geral, lucrativas (Chowdhry; Koné, 2012). Essa lucratividade também foi observada em Kampala, Uganda, onde o lucro médio anual dos caminhões de esvaziamento foi estimado em 896.000 Mts (US\$14.000/ano) (Laker, 2020). Resultados semelhantes foram reportados por Estu et al. (2021), Četković et al. (2022) e Franco et al. (2026), que verificaram a obtenção de lucros pelas empresas privadas, enquanto os serviços públicos apresentaram déficits financeiros.

Contudo, nem todos os domicílios, especialmente os de BR, possuem capacidade financeira para custear esse serviço, tornando necessário subsídios cruzados e suporte público para suprir essa lacuna, como o caso de Kigali no Ruanda, demonstraram que subsídios cruzados representam uma alternativa viável para financiar o esvaziamento formal sem comprometer a sustentabilidade financeira dos operadores (Wilcox et al., 2024). Complementarmente, Delaire et al. (2020) e Hawkes et al. (2023), evidenciaram que subsídios direcionados, modelos tarifários diferenciados e a formalização dos operadores privados aumentam a adesão aos serviços seguros e favorecem a sustentabilidade financeira no saneamento.

Figura 22: Projeção dos custos de esvaziamento/transporte (A-Esgoto encanado/público e B- Esgoto não encanado/privado) e Custos e receitas ao longo do ciclo de vida de 20 anos, considerando a variação da taxa de inflexão (C-serviço público e D-serviço privado)



Fonte: Do Autor (2026).

5.3.2. Tratamento semi-centralizado por tanque séptico (condomínio/predial)

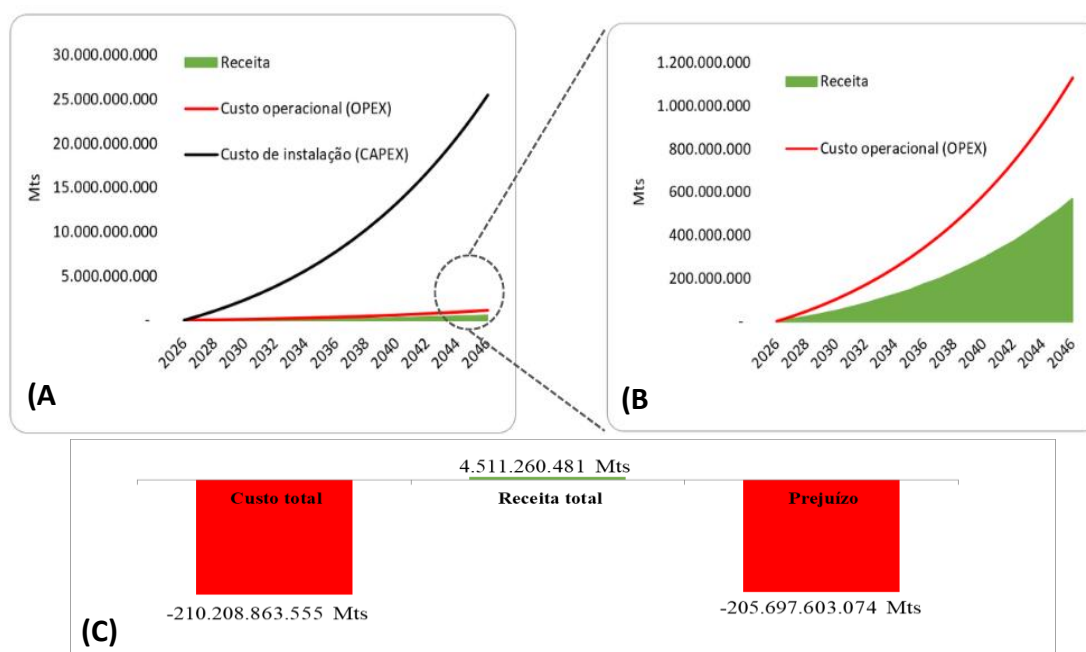
Foi observado, em condomínios e edifícios (prédios), um sistema semi-centralizado e simplificado de tratamento de esgoto por meio de tanque séptico, no qual o lodo é removido periodicamente por esvaziamento, enquanto o efluente infiltrado no solo (Figura 9). O CAPEX de um tanque séptico destinado ao atendimento de cerca de 20 domicílios é estimado em 250.000 Mts, sendo sua implantação realizada pelo proprietário do condomínio em parceria com a Prefeitura Municipal. Quanto ao OPEX, os domicílios pagam uma tarifa mensal de 120 Mts, da qual 10% da receita é destinada à rede de esgoto conectada ao tanque séptico, 5% para manter os caminhões de esvaziamento da prefeitura e 85% à gestão de resíduos sólidos em toda cidade. As projeções do CWIS-FiT indicam um aumento progressivo do CAPEX até 2046 (Figura 19 A), fazendo com que a receita projetada se torne

progressivamente insuficiente para cobrir os custos operacionais e os investimentos necessários (Figura 19 B). Portanto, ajustes tarifários serão necessários para garantir a continuidade dos serviços ou para a implantação de uma estação de tratamento centralizada, a qual é mais sustentável e segura. Em relação aos custos e receitas ao longo do ciclo de vida (Figura 19 C), observou-se que a diferença do custo total e a receita total resulta em prejuízo, evidenciando baixa sustentabilidade financeira do sistema.

Franco et al. (2026) constataram que os serviços públicos de tratamento têm prejuízos financeiros nas cidades de Nakuru e Mahalaxmi. De forma semelhante, McConville et al. (2019), ao analisarem os segmentos de tratamento na cidade de Kampala, Uganda, verificaram que o sistema de tratamento operava com déficits de -46,08 e -10.252,8 Mts/pessoa/ano (US\$ -0,72 e -160,2), respetivamente. Segundo os autores, esses resultados estão associados, principalmente, aos elevados custos iniciais de investimento (CAPEX), sendo recomendada a implementação de subsídios externos para apoiar a instalação de novos sítios de tratamento ou mesmo de uma estação de tratamento de esgoto centralizada. Evidências de cidades como Kampala e Lusaka demonstram que a baixa recuperação de custos e a falta de mecanismos claros de subsídios comprometeram a expansão dos serviços para áreas de BR (Banco Mundial, 2019; ONU-Habitat, 2020). Além disso, Mills et al. (2020), destacam que tarifas pagas pelos usuários raramente cobrem integralmente os custos dos serviços públicos, tornando indispensável a combinação de tarifas, subsídios públicos e investimentos nacionais, provinciais, municipais ou até mesmo externos, para garantir a viabilidade financeira de longo prazo, porque os resultados obtidos para Nampula reforçam essa necessidade, indicando que a sustentabilidade financeira dos serviços de tratamento dificilmente será alcançada apenas por meio da arrecadação tarifária, exigindo mecanismos complementares de financiamento para assegurar a expansão e a continuidade dos serviços. Paralelamente, em Dakar, embora existisse viabilidade técnica para a ampliação dos serviços, a reduzida capacidade de pagamento das famílias e a dependência de subsídios externos dificultaram a expansão de serviços de saneamento gerenciados com segurança (Dodane et al., 2012). A inviabilidade de cobrir o CAPEX apenas via tarifas reforça a necessidade de subsídios externos direcionados e focados em resultados (*Output-Based Aid*). Mbossé et al., (2021), destacou que em Dakar, o aporte de fundos multilaterais cobriu a infraestrutura domiciliar, viabilizando a prestação de serviços por operadores privados em áreas de BR. De

modo análogo, em Lusaka e Kampala, financiamentos externos focados em CWIS subsidiaram a gestão de lodo fecal, garantindo equidade no acesso e sustentabilidade operacional sem sobrecarregar a população vulnerável (Mallory et al., 2020).

Figura 23: Custo em tratamento (A/B), e custos e receitas ao longo da vida útil para tratamento em tanque séptico (C), considerando a variação da taxa de inflexão



Fonte: Do Autor (2026).

5.4. Análise de inclusividade nos serviços de esgotamento sanitário em Nampula

Os resultados da avaliação de inclusividade foram sintetizados por meio de um sistema de semáforos do CWIS-FiT, que representa visualmente o desempenho individual e, consequentemente, o desempenho agregado de cada dimensão analisada (equidade, segurança e sustentabilidade). A avaliação baseou-se na importância relativa atribuída a cada indicador e em valores de referência ponderados, previamente estabelecidos pelos stakeholders. Os indicadores foram classificados em três níveis de desempenho: vermelho (baixo desempenho), amarelo (desempenho intermediário) e verde (alto desempenho), considerando limites de desempenho entre 30% e 70%. No componente de equidade, a principal disparidade foi entre os domicílios conectados à rede de esgoto, que apresentam maior regularidade, segurança operacional e menores custos relativos, e os usuários de sistemas não encanados, que frequentemente pagam valores proporcionalmente mais

elevados por serviços limitados, aumentando a dependência de prestadores privados. Também foi identificada baixa participação feminina nas atividades e nos cargos de liderança do setor de saneamento. No componente de segurança, verificou-se que, embora os trabalhadores utilizem equipamentos de proteção individual, a maioria dos operadores privados não recebe capacitação técnica periódica, não possui vínculo formal de trabalho, proteção social ou plano de saúde. Na dimensão da sustentabilidade, a principal disparidade está associada à inexistência de uma ETE/ETAR, o que compromete o tratamento adequado dos efluentes e do lodo, além de impedir o reúso dos subprodutos e a recuperação de recursos (Tabela 10).

Tabela 10: Avaliação dos resultados do CWIS em relação à equidade, segurança e sustentabilidade e seus custos associados

Equidade	Padrão de desempenho	Peso	Resultado		Causas
	30%-70%	68,7			
% de residências de BR com acesso a banheiros seguros	50%-70%	13%	95%		
% de mulheres com acesso a banheiros seguros	35%-45%	13%	100%		-
Valor pago por serviços de esgoto não encanado/valor pago para coleta encanada	100%-120%	13%	108%		Os domicílios conectados à rede encanada possuem maior regularidade, segurança operacional e de baixo custo, e os usuários de sistemas não encanados frequentemente pagam tarifas relativamente elevadas por serviços limitados e menos eficientes.
Valor pago por residências de BR /valor pago por residências de NBR	100%-120%	13%	17%		-
% de mulheres em posição de decisão	45%-50%	13%	0%		
Diferença salarial de gênero em posições de decisão	0%-20%	13%	0%		-
% de mulheres trabalhando no saneamento	45%-50%	13%	0%		Não há mulheres trabalhando no saneamento, considerando que o número de mulheres (51%) é maior que os homens (49%), no entanto a distribuição dos serviços não é equitativa.
Diferença salarial de gênero	0%-20%	13%	0%		-

Segurança	30%-70%	41,7		-
Treinamento	NA	17%	50% 	Apenas os funcionários da prefeitura recebem treinamento para a prestação dos serviços de saneamento, enquanto os prestadores de serviços privados não possuem capacitação técnica adequada, o que acarreta acidentes, exposição ou até contaminação.
Trabalhadores registrados	NA	17%	50% 	Apenas os funcionários da prefeitura são formalmente registrados e contribuem para o INSS, enquanto os prestadores de serviços privados atuam de forma informal, sem registro profissional.
Plano de saúde para os trabalhadores	NA	17%	50% 	Apenas os funcionários da prefeitura possuem plano de saúde, enquanto os prestadores de serviços privados não dispõem de qualquer cobertura de assistência médica.
Equipamentos de proteção individual	2142,86 Mts	17%	90% 	-
Capacidade da ETE/Esgoto gerado	NA	17%	55% 	Há escassez de dados sobre a quantidade de esgoto gerado por domicílio, o que compromete o planejamento e a gestão adequada do sistema de saneamento, tornando-o inseguro.
Capacidade da ETL/Lodo gerado	70%-100%	17%	0% 	Há escassez de dados sobre a quantidade de lodo gerado por domicílio, o que compromete o planejamento e a gestão adequada do sistema de saneamento, tornando-o inseguro.
Sustentabilidade	30%-70%	33,3		-
% de reúso de esgoto ou lodo	70%-100%	33%	0% 	Devido à inexistência de um sistema de tratamento eficiente (ETE/ETAR), não há reúso de esgoto e lodo fecal.
% OPEX coberto por tarifas/taxas	70%-100%	33%	58% 	As tarifas/taxas pagas pelos domicílios não são suficientes para cobrir os serviços de operação e manutenção.
% CAPEX coberto por fundos	70%-100%	33%	0% 	As tarifas/taxas pagas pelos domicílios não são suficientes para investir e expandir os serviços de saneamento

Fonte: Do Autor (2026).

Entre os indicadores avaliados, os piores desempenhos foram observados na equidade, devido à baixa participação feminina na CVS e em cargos de decisão, apesar dos avanços na igualdade de gênero, persistindo, em alguns casos, barreiras culturais associadas à fraca participação feminina. Na segurança, destacam-se o treinamento insuficiente e a baixa formalização dos atores privados. Na sustentabilidade, evidenciaram-se a inexistência de tratamento de lodo, a ausência de reuso, a insuficiência de recursos para financiar o CAPEX e de tarifas para cobrir o OPEX. Esses resultados indicam que os maiores desafios de Nampula estão associados à governança institucional, à sustentabilidade financeira e à ausência de infraestrutura de tratamento. A sustentabilidade apresentou desempenho crítico, associado à dependência de recursos externos para a instalação de uma ETE/ETAR. A inexistência da etapa de tratamento não apenas compromete o tratamento adequado dos efluentes e lodo, mas também inviabiliza a recuperação de água, nutrientes e energia, limitando o potencial de implementação de estratégias de economia circular no município.

5.5. Diretrizes para um saneamento inclusivo em Nampula

Com base nos resultados obtidos pelo CWIS-FiT, foram elaboradas diretrizes destinadas a aumentar a inclusividade dos serviços de esgotamento sanitário em Nampula, contemplando aspectos institucionais, técnicos, financeiros e de governança. A Tabela 11 apresenta um resumo das sugestões a caminho da inclusividade sanitária. No âmbito institucional, recomenda-se o fortalecimento da capacidade técnica municipal (treinamento dos técnicos e contratação de profissionais capacitados, bem como a implementação de mecanismos permanentes de monitoramento, avaliação e transparência. No campo da infraestrutura, a implantação de uma estação de tratamento de esgoto configura-se como medida estruturante importante, devendo ser acompanhada da padronização técnica de fossas melhoradas, da ampliação e regulamentação dos serviços de esvaziamento mecanizado e da promoção de soluções descentralizadas e seguras em áreas de difícil acesso, até a consolidação da rede coletora.

Tabela 11: Sugestões para atingir maior inclusividade nos serviços de esgotamento sanitário em Nampula

Princípio CWIS	Indicador com sinais amarelo ou vermelho (resultado do CWIS-FiT)	Sugestão para um sinal verde
Equidade	O valor pago pelos serviços não encanados > valor pago pelos serviços encanados	Implementar uma política de subsídios cruzados, na qual os usuários de sistema encanado contribuam com uma tarifa proporcionalmente maior para subsidiar os custos dos serviços de saneamento não encanados
	Não há mulheres trabalhando no saneamento	Priorizar participação efetiva de mulheres em todos os níveis da CVS, incluindo funções operacionais, técnicas e de liderança, com metas de contratação e monitoramento contínuo.
	Não há mulheres na posição de liderança/decisão em toda CVS	Garantir a representação efetiva de mulheres em cargos de liderança da CVS, por meio de metas institucionais, processos seletivos inclusivos e monitoramento periódico.
Segurança	Nem todos os trabalhadores são treinados, registrados pelo INSS e possuem plano de saúde	Garantir que todos os trabalhadores da CVS sejam formalmente contratados, recebam capacitação periódica, estejam inscritos no INSS (pago 4% da remuneração mensal), e tenham acesso a plano de saúde (pago 3% da remuneração mensal), e demais benefícios de proteção e segurança social.
	Tratamento de esgoto incipiente Não há tratamento de lodo de esgoto coletado pelos caminhões	Implantar uma ETE/ETAR centralizada com cotratamento de esgoto e lodo fecal, complementada por unidades descentralizadas em áreas não atendidas pela rede de esgoto.
Sustentabilidade	Não há reúso	Implementar o reúso seguro do efluente tratado e do lodo estabilizado, incluindo irrigação, usos urbanos não potáveis, produção de biossólidos, recuperação de nutrientes e geração de biogás, promovendo a economia circular e a sustentabilidade do sistema de saneamento.
	OPEX não é coberto por tarifas	Implementar uma estrutura tarifária sustentável, baseada na recuperação integral do OPEX, com tarifas progressivas, subsídios cruzados entre domicílios de NBR e BR, tarifa social para famílias vulneráveis e reajustes periódicos conforme os custos operacionais.

Fonte: Do Autor (2026).

As sugestões apresentadas buscam responder às principais limitações identificadas nos serviços de saneamento. A incorporação de mão de obra específica e qualificada ou de uma equipe técnica especializada é fundamental para assegurar a adequada operação, manutenção e monitoramento dos sistemas, contribuindo para maior segurança, eficiência e continuidade dos serviços. No caso do reúso de esgoto e do lodo tratado, embora possa existir resistência social associada à percepção de riscos sanitários e ambientais, sua implementação pode ser socialmente aceitável quando acompanhada de tratamento adequado, controle de qualidade, regulamentação, transparência e ações de sensibilização da população.

As tarifas atualmente praticadas nos serviços de saneamento, de 50 MT/mês para domicílios de BR e 120 MT/mês para os NBR, mostram-se insuficientes para assegurar a sustentabilidade financeira do sistema, uma vez que não cobre integralmente o OPEX. Para que o sistema de saneamento seja efetivamente inclusivo e sustentável, é necessário que cada componente da cadeia de serviços gere receitas suficientes para cobrir os custos operacionais e, idealmente, produzir excedentes financeiros destinados à manutenção, modernização, ampliação da infraestrutura e melhoria contínua da qualidade dos serviços.

Contudo, a busca pela sustentabilidade financeira deve ser conciliada com o princípio da equidade, assegurando que as tarifas permaneçam acessíveis, especialmente para os domicílios de BR. Dessa forma, a estrutura tarifária deve equilibrar a recuperação de custos com a capacidade de pagamento dos usuários, evitando que limitações financeiras se tornem barreiras ao acesso universal aos serviços. Para tal, a ferramenta CWIS-FiT calcula os valores tarifários necessários para sustentabilidade financeiras, os quais devem ser analisados da perspectiva inclusiva, em que domicílios atendidos por sistemas encanados e não encanados tenham custos semelhantes e domicílios de BR paguem menos que os de NBR. A Tabela 12 apresenta estes valores, supondo um ajuste tarifário para domicílios de BR. Sugere-se, portanto, que estudos de capacidade de pagamento de tarifas sanitárias deem sequência a este estudo na cidade de Nampula, no sentido de validar os valores propostos.

Tabela 12: Cenário com ajustes tarifários inclusivos

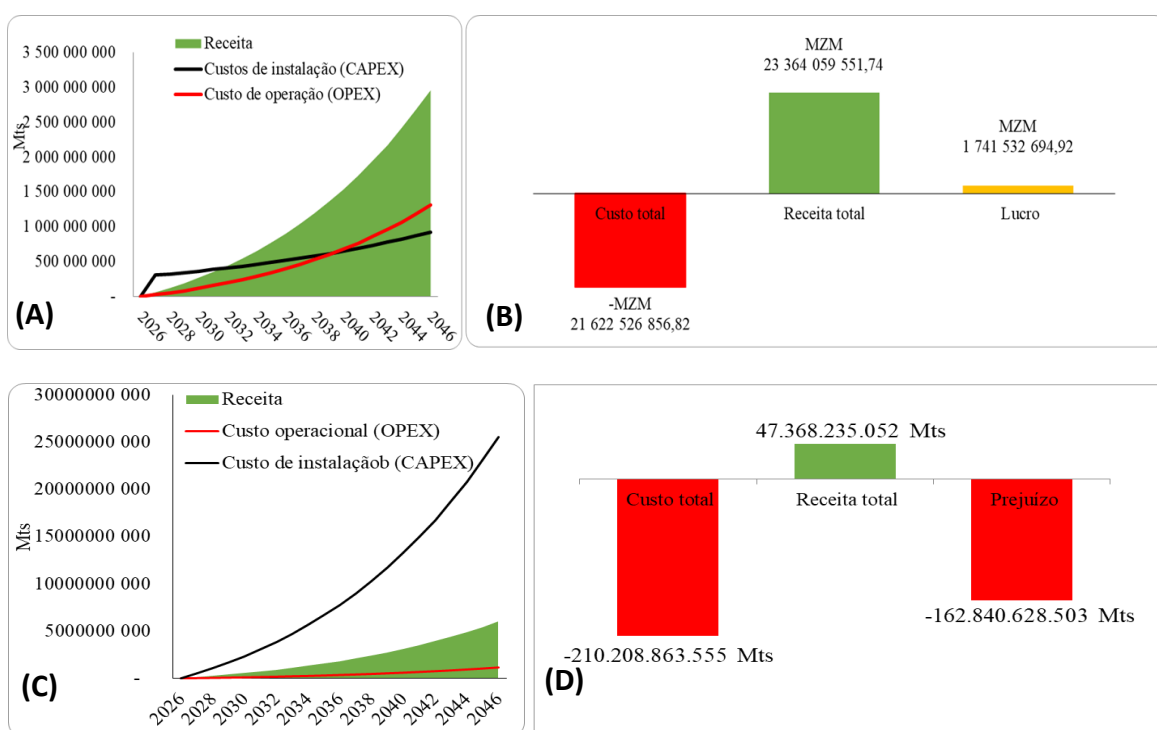
Cenário	Valores das tarifas (Mts/mês)		
	Atual	Sustentabilidade financeira (calculado do CWIS-FiT)	Valor mais inclusivo (proposto)
BR encanado	0,00	58,00	105,00
BR não encanado	54,00	198,00	105,00
NBR encanado	120,00	58,00	150,00
NBR não encanado	75,00	198,00	150,00
Total	249,00	512,00	512,00

Fonte: Do Autor (2026).

O cenário proposto apresenta caráter conceitual, uma vez que ainda não foi validado pelas principais partes interessadas do setor de saneamento. Para garantir um serviço seguro de tratamento e disposição dos efluentes, estima-se a necessidade de apoio orçamentário de aproximadamente 2.092.000.000 Mts (US\$ 32.754.303), destinado ao financiamento dos custos de investimento (CAPEX). Mesmo considerando o aumento das tarifas no cenário analisado (Figura 20C), a receita projetada não seria suficiente para financiar a implantação de uma nova ETE/ETAR, considerando o ciclo de vida de 20 anos adotado na análise (Figura 20D). Apesar dessa limitação, o cenário apresenta como vantagem a possibilidade de cobertura da maior parte dos custos do sistema, com exceção do transporte público associado ao esvaziamento. Parte desse déficit poderia ser reduzida por meio de receitas complementares provenientes da valorização e comercialização dos subprodutos gerados no tratamento de esgoto, incorporando princípios da economia circular ao modelo de saneamento. Nesse sentido, o lodo tratado apresenta potencial de aproveitamento como condicionador de solos, na recuperação de áreas degradadas ou como matéria-prima para produção de insumos agrícolas, desde que atendidos os requisitos de estabilização, higienização e qualidade. O biogás produzido durante a digestão anaeróbia pode ser aproveitado para geração de eletricidade e calor, contribuindo para a redução dos custos energéticos da ETE/ETAR. Adicionalmente, a água residuária tratada pode ser destinada à irrigação agrícola, áreas verdes e outros usos não potáveis, podendo gerar receitas e, simultaneamente, reduzir a demanda por água de melhor qualidade. Entretanto, o aumento das tarifas constitui um desafio para a viabilidade do cenário, pois pode comprometer a acessibilidade econômica dos serviços e enfrentar resistência por parte dos domicílios.

Peletz et al. (2021) avaliaram a disposição a pagar pelos serviços de saneamento entre domicílios de BR em Nakuru, e constataram que o investimento em soluções de saneamento seguro era significativamente limitado pela incapacidade financeira das famílias para custear sistemas de melhor qualidade. Situação semelhante pode ocorrer na cidade de Nampula, onde muitas famílias de BR enfrentam restrições orçamentárias e priorizam gastos relacionados às necessidades básicas de subsistência. Nesse contexto, o comprometimento de parte da renda mensal com o pagamento pelos serviços de saneamento pode representar um ônus financeiro considerável, havendo necessidade de se realizar um estudo socioeconômico para avaliar a disposição a pagar, antes da implementação deste cenário, sobretudo nos domicílios de BR.

Figura 24: Custos da rede de esgoto/público (A) e custos e receitas ao longo do ciclo de vida (B); Custo em tratamento (C) e custos e receitas ao longo da vida útil para tratamento em tanque séptico (D)



Fonte: Do Autor (2026).

Um outro cenário conceitual baseado nos estudos desenvolvidos em países de média e baixa renda (Ocahro, 2024; Appiah-Effah et al., 2024; Acey et al., 2019), consiste na

criação de um Fundo de Desenvolvimento Sanitário (FDS), no qual, os fundos obtidos são destinados ao subsídio dos segmentos deficitários do sistema de saneamento. Outra opção consiste também no suporte financeiro por meio de outros setores essenciais como água, energia ou até mesmo telefonia (Ocahro, 2024). A principal vantagem dessa proposta é a cobertura das despesas por meio do FDS, proporcionando ao Município maior estabilidade financeira mediante um fluxo contínuo de receitas. Ao distribuir os custos entre todos os domicílios, o FDS permite que as despesas de OPEX da infraestrutura sejam compartilhadas de forma mais equitativa, tornando-as mais acessíveis às famílias de BR. Além disso, uma fonte estável de financiamento favorece o planejamento de longo prazo, permitindo à Prefeitura expandir a infraestrutura em consonância com o crescimento populacional. Entretanto, o aumento dos encargos financeiros pode representar um desafio, sendo necessário um estudo prévio de avaliação de disposição e capacidade de pagamento da população, para dar continuidade deste cenário.

Estudos realizados por Furlong et al. (2020), na cidade de Pokhara, e por Mohideen et al. (2022), no município de Kushtia, demonstraram que a implementação de um imposto destinado a subsidiar os custos do saneamento pode contribuir para um modelo financeiramente sustentável. Iniciativas semelhantes foram bem-sucedidas em cidades como Ouagadougou e Lusaka, destacando-se o caso de Ouagadougou, onde a melhoria dos serviços de saneamento beneficiou cerca de 1 milhão de pessoas sem depender de financiamento externo (Appiah-Effah et al., 2024). Quanto a disposição apagar, Acey et al. (2019), no Quênia, verificaram que as famílias estavam dispostas a pagar até 185,6 Mts/mês (US\$ 2,9), equivalente a aproximadamente 8% da conta média de água, enquanto Appiah-Effah et al. (2024), em Gana, observaram que apenas 36,1% dos domicílios entrevistados estavam dispostos a pagar os serviços de saneamento com uma tarifa proporcional ao consumo de água.

6. CONCLUSÕES

A avaliação da equidade, segurança e sustentabilidade do sistema de saneamento de Nampula evidenciou profundas disparidades socio espaciais e tecnológicas entre os bairros do município. Nas áreas de baixa renda, observou-se a predominância de infraestruturas precárias e de esvaziamento informal, submetendo usuários e trabalhadores a elevados riscos à saúde, enquanto os bairros de renda mais elevada dispõem de instalações adequadas e esvaziamento mecanizado. Contudo, a aplicação do Diagrama de Fluxo de Esgoto (SFD) revelou uma insegurança total na etapa final da cadeia de saneamento, visto que a ausência de estações de tratamento de esgoto ou de lodo fecal resulta na descarga direta de efluentes sem tratamento no ambiente, resultando em um cenário 100% inseguro para toda a cidade.

No apuramento dos custos e receitas ao longo da cadeia de valor, verificou-se que os investimentos de capital e despesas operacionais no nível domiciliar são significativamente maiores nos bairros de maior renda devido à superioridade construtiva de suas instalações. Enquanto os operadores privados responsáveis pelo esvaziamento e transporte mantêm margens de lucro, o setor público opera sob expressivo déficit nos sistemas condominais. A arrecadação tarifária atual é insuficiente para cobrir até mesmo os custos operacionais básicos de manutenção das redes, ressaltando a urgência de uma reestruturação do fluxo financeiro do setor que incorpore mecanismos de subsidiação cruzada para garantir a sustentabilidade econômica e o acesso universal.

O uso da CWIS-FiT facilitou a modelagem de cenários de transição tecnológica para um horizonte de 20 anos, demonstrou custos, receitas, lucros e déficits para cada componente da cadeia de valor do saneamento, apresentou valores tarifários para corrigir déficits para uma avaliação mais justa entre sistemas sanitários e para domicílios de baixa renda. Revelou ainda que a meta municipal de universalizar o saneamento exclusivamente mediante sistemas encanados convencionais não possui viabilidade técnica e financeira. Para a efetiva melhoria da inclusão e da cobertura de saneamento no município é necessária a integração formal, investimentos e a regulamentação das soluções descentralizadas e não encanadas dentro do planejamento urbano de longo prazo.

Por fim, a consolidação de um cenário inclusivo pautado nas diretrizes CWIS, recomenda-se:

- 1) a implementação de tarifas justas entre os diversos sistemas existentes no município, com subsídios direcionados às famílias de baixa renda;
- 2) a formalização dos operadores e limpa-fossas mecânicos e manuais para assegurar a proteção social e de saúde do trabalhador;
- 3) prioridade à igualdade de gênero e a liderança feminina no setor;
- 4) captar financiamentos externo para a construção de infraestruturas de tratamento;
- 5) impulsionar a economia circular através do reuso do efluente e do lodo fecal como fonte alternativa de receita, viabilizando um modelo de saneamento verdadeiramente seguro, equitativo e sustentável para Nampula.

7. REFERÊNCIAS

ACEY, C. et al. Cross subsidies for improved sanitation in low-income settlements: assessing the willingness to pay of water utility customers in Kenyan cities. *World Development*, v. 115, p. 160–177, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.11.002>.

AEWPP. Africa-EU Water Partnership Project - Constraints in Water Infrastructure Financing: Shared Lessons from Africa and Europe Akbar Chinna. 2019.

AKBAR; CHINNA MOHIDEEN SMS.; SINGH, S.; CHOWDHURY, T.A.; BRDJANOVIC, D. Application of financial flow simulator (eSOSView™) for analyzing financial viability and developing a sustainable fecal sludge management business model in Kushtia, Bangladesh. *Front. Environ. Sci.* 10, 863044, 2022. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.863044>.

AMURANE, A.M.; FIJAMO, D.V.; BOAVENTURA, C.J.; MUCUFO, J.R. House Conditions and Public Health Case Study of Namutequeliua, an Informal Neighbourhood in the Municipality of Nampula, Mozambique. *TRIALOG* 145/146. July, 2023

APPIAH-EFFAH, E.; DUKU, G. A.; BOAKYE, K.; ODURO, C.; NYARKO, K.B. Navigating Taxpayers Attitude: Exploring Support for Urban Sanitation Surcharge in Kumasi. *Environmental Health Insights* 18: 11786302241247797. (2024). DOI 10.1177/11786302241247797.

ASEJANA. Relatório de Arte Ambiental: Nampula. Nampula, 2021.

ATHENA-INFOMICS. Equiserve <https://www.equiserve.io/> . Cited 05/06/2024.

AWWDA. Situational analysis for faecal sludge management Athi Water Works Development Agency, Nairobi, 2023.

BAGIRE, V.; WAFLE, M.; RIECK, C.; ASIIMWE, J.; ABAHO, E.; ATISINGUZA, F.; LUGALI Y.; NAMANYA, C. Waste as Business: Emerging Ugandan micro- and Small-sized Businesses in Resource Recovery and safe Reuse. *Journal of Environmental Management*

BASYAL, I.; SHRESTHA, K.B.; SINGH, S.; SHRESTHA, B.R.; YENDYO, K.R.; SHRESTHA, R.R. Cost-Benefit Analysis of Sewered and Non-sewered Sanitation Interventions in Mahalaxmi Municipality, 2023. <https://doi.org/10.56506/RARG9041>

BHAGWAN, J. N.; PILLAY, S.; KONÉ, D. Sanitation game changing: paradigm shift from end-of-pipe to off-grid solutions. *Water Practice and Technology* 14: 497-506, 2019. DOI 10.2166/wpt.2019.059.

BHATT, J. Comparison of the performance of small suppliers and public services in urban water supply: the case of Maputo, Mozambique. *Water Policy* 16 (1), 102–123, 2014.

BISHOGE, O. K. Challenges facing sustainable water supply, sanitation, and hygiene. Achievements in urban areas in sub-Saharan Africa. *Local Environment*. 2021. 26: 893-907 DOI [10.1080/13549839.2021.1931074](https://doi.org/10.1080/13549839.2021.1931074).

BRDJANOVIC, D.; STRANDE, L.; RONTETAP, M. Faecal Sludge Management: System Approach for Implementation and Operation. International Water Association (IWA), 2014. <https://doi.org/10.2166/9781780404738>.

CEPT UNIVERSITY. SaniPlan: a performance improvement planning tool: approach paper. manual part 1. Centre for Water and Sanitation. 2016.

CHEN, G-H.; VAN LOOSDRECHT, M.C.; EKAMA, G. A.; BRDJANOVIC, D. Biological wastewater treatment: principles, modeling and design IWA publishing. 2020.

CHITAMBA, H.; et al. Saneamento inclusivo à escala da cidade uma abordagem integrada e alternativa à abordagem convencional de sistemas de saneamento. a Direção Nacional de Águas do Ministério de Energia e Águas, Cónego Manuel das Neves 234, Angola b IST-UL, HIDRA, 2023. DOI: 10.22181/aer.2023.1204.

CHOWDHRY, S.; KONE, D. Business analysis of fecal sludge management: Emptying and transportation services in Africa and Asia. The Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, 2012.

CONSELHO MUNICIPAL DA CIDADE DE NAMPULA (CMCN). Caracterização geral da cidade de Nampula. Nampula, 2019. <https://cmnampula.gov.mz/emusana/>

CORDEIRO, J. S. Sistemas de saneamento. Cresce Brasil: + Engenharia + Desenvolvimento-Cidades. 2016.

CRONK, R.; BARTRAM, J. Environmental conditions in health facilities in low- and middle-income countries: Coverage and inequalities. 2018.

CHOWDHRY, S.; KONE, D. Business analysis of fecal sludge management: Emptying and transportation services in Africa and Asia. The Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle. (2012)

DAUDEY, L. The cost of urban sanitation solutions: A literature review. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 2017. 8. DOI:10.2166/washdev.2017.058.

DAVIS, M. Water and Wastewater Engineering McGraw-Hill Education. 2010.

DIRECÇÃO NACIONAL DE ÁGUAS DO MINISTÉRIO DE ENERGIA E ÁGUAS (DNA). Coastal towns wastewater management study for Landana, N'zeto, Cabinda and Soyo towns - Preliminary projects. Studi & Serambi, supported by HIDRA. 2021.

DIRECÇÃO NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO (DNAAS). Termos de referência para o projeto executivo de saneamento da cidade de Tete – 2.º relatório de progresso. Maputo: EEPLAN. HIDRA, 2015.

DODANE, P.-H.; MBÉGUÉRÉ, M.; SOW, O.; STRANDE, L. Capital and Operating Costs of Full-Scale Fecal Sludge Management and Wastewater Treatment Systems in Dakar, Senegal. *Environmental Science & Technology*, pp. 3705 – 3706, 2012.

DROST, M. et al. A rapid and cell free assay to test the activity of Lynch syndrome associated MSH2 and MSH6 missense variants. *Human Mutation*. v. 33, n. 3, p. 488–494, 2012.

EXLEY, J.L.; LISEKA, B.; CUMMING, O.; et al. The sanitation ladder, what constitutes an improved form of sanitation? *Environ Sci Technol* 49:1086–94. 2015.

FINNEY, B.A.; GEARHEART, R.A.; HOWELL, J.; LAGACE, S.; LAWSON-DOE, M.; JORDAN, T.; CROSS, G. A User's Manual Fdr (Version 4.0 for MS-Windows): a Decision Support Model for Prefeasibility Analysis of Water and Wastewater Treatment Technologies Appropriate for Reuse. IRC International Water and Sanitation Centre, Humboldt State University, Arcata, California [Online PDF] Available, 1998. at: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/250-98US-16718.pdf>.

FOLHA DE MANICA. Relatorio sobre a revisao da Lei de abasteciemnto de agua e saneamento. 2025. Disponível em: <https://www.folhademanica.com/>

FRANCO, C. S.; SINGH, S.; BRDJANOVIC, D. Sanitation financial tools (SFTs) for citywide inclusive sanitation (CWIS): A critical review. *Journal of Environmental Management* 392 (2025) 126687. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126687>.

FRANCO, C. S.; BRDJANOVIC, D.; SINGH, S.; OCHARO, A.; MUGO, T.; SHRESTHA, P.; SHRESTHA, K. Developing and Testing a Citywide Inclusive Sanitation Financial Tool. *Sustainable Development*, Hoboken, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.71091>

FURLONG, C.; SINGH, S.; SHRESTHA, N.; SHERPA, M. G.; LÜTHI, C.; ZAKARIA, F. Evaluating Financial Sustainability along the Sanitation Value Chain Using a Financial Flow Simulator (eSOSView™). *Water Science & Technology*, v. 82, n. 11, p. 2220, 2020. DOI: 10.2166/wst.2020.456.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa. São Paulo: Atlas editora, 2008.

GLOBAL HEALTH HUB. development to sustainability. www.thelancet.com Vol 379 January 21, 2012.

GWSP-Global Water Security & Sanitation Partnership (World Bank), 2023. New IBNET data collection tool: Key performance indicators and management practices [Online] Available at: <https://newibnet.org> (Accessed 16 August 2024).

HÄDER, D.P.; BANASZAK, A.T.; VILLAFañE, V.E.; NARVARTE, M.A.; GONZÁLEZ, R.A.; HELBLING, E.W. Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems: Emerging Problems with Global Implications. *Sci. Total Environ.* 2020, 713, 136586. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.136586

HARADA, H.; STRANDE, L.; FUJII, S. Challenges and opportunities of faecal sludge management for global sanitation. Towards future earth: challenges and progress of global environmental studies Kaisei Publishing, Tokyo, 2016: 81-100 DOI <https://doi.org/10.1039/C5EW00255A>

HEIJNEN, M.; CUMMING, O.; PELETZ, R.; et al. Shared sanitation versus individual household latrines: a systematic review of health outcomes. PLoS ONE 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093300>.

HELLER, L. Accessibility and human rights to water and sanitation. 2016.

HOLCOMB, D.A.; STEWART, J.R. Microbial Indicators of Fecal Pollution: Recent Progress and Challenges in Assessing Water Quality. *Curr Envir Health Rpt* 7, 311–324, 2020. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00278-1>.

HUTTON, G. Global costs and benefits of drinking water supply and sanitation interventions to achieve the MDG target and universal coverage. WHO: Geneva, Switzerland. 2012.

HUTTON, G., VARUGHESE, M. The costs of meeting the 2030 sustainable Development goal targets on drinking water, sanitation, and hygiene. The water and sanitation program. World Bank Group's Water Global Practice, 2017. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/12d140fc-607b-5fa2-b966-40e872906946/content>. (Accessed 16 August 2024).

IKWELI. Relatorio sobre sistema de abastecimento de água de Nampula depende da barragem de Monapo. Nampula: Jornal Ikweli, 2024. Disponível em [MZNews.co.mz](https://www.mznews.co.mz) .

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (INE). Recenseamento geral da população e habitação 2017. Indicadores socio-demográficos distritais – Província de Nampula. Moçambique, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (INE). Relatório Anual de Estatísticas do Saneamento em Moçambique. Maputo: INE, 2019.

JHANSI, S.C.; MISHRA, S.K. Wastewater Treatment and Reuse Sustainability Options. Consilience: 1-15, 2013. <https://www.jstor.org/stable/26476137>.

KENGNE, I.; DIAZ-AQUADO, B.M.; STRANDE, L. Enduse of treatment products. Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation IWA Publishing, London: 203-226, 2014.

KHANSA, F. S.; et al. Development and validation of instrument to measure citywide inclusive sanitation (CWIS Scale) for Low-and Middle-Income Countries (LMICs). E3S Web of Conferences, 04005. 2024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448504005>.

LAKER, F. Assessment of sustainable business model for improved faecal sludge emptying and transport in informal settlements. (2020).

LANGERGRABER, G.; WEISSENBACHER, N. Sustainable sanitation. Pract Issue 19: the CLARA Project. EcoSan Club, Vienna, 2014.

LI, Y.; TRIMMER, J.T.; HAND, S.; ZHANG, X.; CHAMBERS, K.G.; LOHMAN, H.A.C.; SHI, R.; BYRNE, D.M.; COOK, S.M.; GUEST, J.S. Quantitative sustainable design (QSD) for the prioritization of research, development, and deployment of technologies: a tutorial and review. *Environ. Sci.: Water Res Technol* 8, 2439-2022. <https://doi.org/10.1039/d2ew00431c>.

LIZOT, M.; GOFFI, A.S.; THESARI, S.S.; TROJAN, F.; AFONSO, P.S.L.P.; FERREIRA, P.F.V. Multi-criteria methodology for selection of wastewater treatment systems with economic, social, technical and environmental aspects. *Environment, Development and Sustainability* 23: 9827-9851, 2021. DOI 10.1007/s10668-020-00906-8.

MAIA, R. A. L. et al. Diagnóstico do saneamento básico e das doenças de veiculação hídrica do bairro nhamaonha, província de Manica, Moçambique. *Scientia Generalis* 2675-2999 v. 6, n. 1, p. 71-85. 2025. DOI: [10.22289/sg.V6N1A6](https://doi.org/10.22289/sg.V6N1A6)

MATSINHE, N.; COELHO, D. Guião metodológico para a elaboração de planos diretor municipais de água e saneamento. Projeto de Desenvolvimento Urbano e Local – PDUL. Governo de Moçambique, Banco Mundial (BM) e Governo do Japão, 2020.

MCCONVILLE, J. R. et al. Infrastructure investments and operating costs for fecal sludge and sewage treatment systems in Kampala, Uganda. *Urban Water Journal*. 2019.

MCGRANAHAN, G; MITLIN, D. Learning from Sustained Success: HowCommunity-Driven Initiatives toImprove Urban Sanitation CanMeet the Challenges’, *World Development*. 87(ii), pp. 307–317, 2016.

MEINZINGER, F. Resource efficiency of urban sanitation systems: a comparative evaluation using material and energy flow analysis. 2010.

MINAYO, M. C. de S.; DESLANDES, S. F.; GOMES, R. Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 33. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

MOÇAMBIQUE. Relatório Nacional: 3ª Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável (HABITAT III). Maputo: MOPRH, 2016.

MOHIDEEN, S. Development of Business Model forFaecal Sludge Management in Kushtia Municipality, Bangladesh. IHE DELFT. (2020).

MOMADE, M.H.; HAININ, M.R. Problems affecting squatter settlements in Nampula, Mozambique. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4) (2018) 5022-5025 doi: [10.14419/ijet.v7i4.26560](https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.26560).

OCHARO, A. O. Investigating an integrated financial tool for Citywide Inclusive Sanitation (CWIS). Master of Science Thesis: a case study of Nakuru City-Kenya. 2024.

OERTLÉ, E.; HUGI, C.; WINTGENS, T.; KARAVITIS, C.A. Poseidon—decision support tool for water reuse. *Water*. 2019. <https://doi.org/10.3390/w11020104>

OMS; UNICEF. Progress on Drinking Water, Sanitation and Household Hygiene 2000–2020: Five Years After the SDGs; WHO: Geneva, Switzerland. 2021.

ONU-HABITAT. Mapping the vulnerability of informal settlements in Mozambique - The case of settlements in the city of Nampula, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova Iorque: ONU, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: ONU, 2023.

PALMA, F.A.G.; SODRÉ, J.F.A.; NERY, N.J.R.; OLIVEIRA, L.J.; BROWN, J.; BOURGEOIS, A.; et al. A tale of two communities: Comparing user perceptions of condominial and conventional sewer systems in Salvador, Brazil. *PLOS Water* 2(11): e0000129, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000129>.

PEAL, A.; EVANS, B.; BLACKETT, I.; HAWKINS, P.; HEYMANS, C. Fecal sludge management (FSM): analytical tools for assessing FSM in cities. *Water, Sanit. Hyg. Dev.* 4, 371. 2014. doi:10.2166/washdev.2014.139.

PELETZ, R.; DELAIRE, C.; KONES, J.; MACLEOD, C.; SAMUEL, E.; EASTHOPE-FRAZER, A.; KHUSH, R. Will Households Invest in Safe Sanitation? Results from an Experimental Demand Trial in Nakuru, Kenya. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18: 4462. (2021).

REED, R.; GODFREY, S.; KAYAGA, S.; REED, B.; ROUSE, J.; FISHER, J.; VILHOLTH, K.; ODHIAMBO, F. Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies Loughborough University. 2013. Report, 2019.

RHEINLÄNDER, T.; KONRADSEN, F.; KERAITA, B.; APOYA, P.; GYAPONG, M. Redefining shared sanitation. *Bull World Health Organ* 93-7, July, 2015. <https://doi.org/10.2471/BLT.14.144980>.

ROEFS, I.; MEULMAN, B.; VREEBURG, J.H.G.; SPILLER, M. Centralised, decentralised or hybrid sanitation systems? Economic evaluation under urban development uncertainty and phased expansion. *Water Research* 109: 274-286, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.051>.

SAINATI, T.; ZAKARIA, F.; LOCATELLI, G.; SLEIGH, P.A.; EVANS, B. Understanding the costs of urban sanitation: towards a standard costing model. *J Water, Sanitation Hyg Dev.* 2020. <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.093>.

SAKER, A.; PEDRAZA, A. B.; NARAYAN, A. S. Citywide Inclusive Sanitation (CWIS) Regulations in Colombia. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 5669. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095669>.

SAMAL, K.; MOULICK, S.; MOHAPATRA, B.G.; SAMANTA, S.; SASIDHARAN, S.; PRAKASH, B.; SARANGI, S. Design of faecal sludge treatment plant (FSTP) and availability of its treatment technologies. *Energy Nexus* 7: 100091, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100091>.

SANTOS, M.M.; FERREIRA, A.V.; LANZINHA, J.C.G.; COLLADO, B.R. Sustaining Urban Water and Sanitation in Beira, Mozambique: From Policy to Practice Through Local Perspectives. *Urban Sci.* 2025, 9, 480. <https://doi.org/10.3390/urbansci9110480>.

SCHOUTEN, M. A.C.; MATHENGE, R.W. Communal sanitation alternatives for slums: A case study of Kibera, Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C.* Vol. 35, 13–14, 2010, Pag 815-822. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.07.002>

SCHRECONGOST, A.; PEDI, D.; ROSENBOOM, J.W.; SHRESTHA, R.; BAN, R. Citywide Inclusive Sanitation: A Public Service Approach to Achieving the Urban Sanitation SDGs. *Front. Environ. Sci.* 8:19. 2020. [doi: 10.3389/fenvs.2020.00019](https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00019).

SIMIYU, S., SWILLING, M., CAIRNCROSS, S. *et al.* Determinants of quality of shared sanitation facilities in informal settlements: case study of Kisumu, Kenya. *BMC Public Health* 17, 68. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-4009-6>.

SINGH, S.; LAKER, F.; BATEGANYA, N.L.; NKURUNZIZA, A.G.; SEMIYAGA, S.; BRDJANOVIC, D. Evaluation of Business Models for Fecal Sludge Emptying and Transport in Informal Settlements of Kampala, Uganda. *Water* 2022, 14(18), 2914; <https://doi.org/10.3390/w14182914>

SPRINGER-HEINZE, A. Manual on sustainable value chain development. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2018.

STANTEC. Stantec embraces the entire sustain-ability spectrum: environmental protection and enhancement, social responsi-bility, and good governance. Sustainability, 2019.

STRANDE, L.; BRDJANOVIC, D. Faecal sludge management: Systems approach for implementation and operation IWA publishing, 2014. DOI:10.13140/2.1.2078.5285

STRANDE, L.; RONTELTAP, M.; BRDJANOVIC, D. Faecal sludge management systems approach for implementation and operation. IWA Publishing: London, UK, 2014.

STRANDE, L.; SCHOEBITZ, L.; BISCHOFF, F.; DDIBA, D.; OKELLO, F.; ENGLUND, M.; WARD, B.J.; NIWAGABA, C.B. Methods to reliably estimate faecal sludge quantities and qualities for the design of treatment technologies and management solutions. *Journal of*

Environmental Management 223: 898-907, 2018. DOI
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.100>.

SuSanA. Contribution of Sustainable Sanitation to the 2030 Agenda, pp. 1–19, SuSanA Vision Document.2017. (<https://sfd.susana.org/login>).

TIDWELL, J. B.; TERRIS-PRESTHOLT, F.; QUAIFE, M.; AUNGER, R. Understanding demand for higher quality sanitation in peri-urban Lusaka, Zambia through stated and revealed preference analysis. *Social Science & Medicine*, v. 232, p. 139–147, jul. 2019.

TILLEY, E.; ULRICH, L.; LUTHI, C.; REYMOND, P.; ZURBRÜGG, C. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. 2014.

TSEOLE, N.P.; MINDU, T.; KALINDA, C.; CHIMBARI, M.J. Barriers and facilitators to Water, Sanitation and Hygiene (WaSH) practices in Southern Africa: A scoping review. *PLoS ONE* 17(8): e0271726. (2022). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271726>.

UN-WATER. National systems to support drinking-water, sanitation and hygiene: Global status report ,2019. UN Water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/glaas-report-2019/en/.

UNICEF. Global Framework for Urban Water, Sanitation and Hygiene. New York: UNICEF,2019.Availableat:[https://www.unicef.org/media/63941/file/global%20Framework%20for%20Urban%20Wa er,%20Sanitation%20and%20Hygiene.pdf](https://www.unicef.org/media/63941/file/global%20Framework%20for%20Urban%20Water,%20Sanitation%20and%20Hygiene.pdf). Accessed: February 20, 2020.

UNICEF; WHO. Progress on drinking water, sanitation, and hygiene: 2017 update and SDG baselines. Geneva: WHO, 2017.

USAID. Sustainable water and sanitation in Africa - Final report. 2015.

VAN WELIE, M. J.; ROMIJN, H. A. NGOs fostering transitions towards sustainable urban sanitation in low-income countries: insights from transition management and development studies. *Environmental Science and Policy*, v. 84, p. 250–260, jun. 2018.

VÁSQUEZ, W. F.; ALICEA-PLANAS, J. Unbundling household preferences for improved sanitation: A choice experiment from an urban settlement in Nicaragua. *Journal of Environmental Management*, v. 218, p. 477–485, 2018.

VERHEYEN, J.; TIMMEN-WEGO, M.; LAUDIEN, R.; BOUSSAAD, I.; SEM, S.; KOC, A.; UESBECK, A.; MAZOU, F.; PFISTER, H. Detection of adenovirus and rotavirus in drinking water sources used in rural areas of Benin, West Africa. *Appl Environ Microbiol*. 2009 Maio;75(9):2798-801. doi: 10.1128/AEM.01807-08.
 Volume 279, 1 February 2021.

WESTSTRATE, J.; GIANOLI, A.; ESHUIS, J.; DIJKSTRA, G.; COSSA, I. J.; RUSCA, M. The regulation of onsite sanitation in Maputo, Mozambique. *Utilities Policy* 61: 100968, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100968> .

WORLD BANK. The climate resilience. Collaboration between the World Bank and the German Cooperation/KfW. 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines on sanitation and health. Geneva, 2018.

WHO; UNICEF. Data | JMP. 2014. Disponível em: <https://washdata.org/data>. Acesso em: 06 ago. 2014.

ZAQUEU, L. C. M. A. Crises e perspectivas para os objetivos do desenvolvimento sustentável em moçambique: descentralização como marco da agenda 2030 para o desenvolvimento nas localidades- distrito de Marracuene. *Revista do grupo estudo e pesquisa processos identitários e poder-SFS*. V.11 • N.21 • p. 105 – 133 • Jan-Jun/2023 Doi: 2 10.21665/2318-3888.v11n21p105-133.

8. APÊNDICE

Apêndice 1: Questionário para preenchimento da FFCWIS

Questionário para preenchimento da FFCWIS

Planilha	Pergunta	Resposta																		
Dados censitários, de cobertura de saneamento e de planejamento da cidade	1. Quantos domicílios de baixa renda e de não baixa renda? 2. Quantas pessoas por domicílio de baixa renda e não baixa renda? 3. Qual a porcentagem de domicílios de BR e NBR com esgoto encanado com tratamento, sem tratamento, não encanado com e sem tratamento e sem banheiro na cidade?? 4. Qual o ano de início e fim para o planejamento? 5. Qual a taxa de crescimento populacional nas áreas com e sem encanamento? 6. Qual a % de pessoas sem banheiro que serão atendidas por sistema não encanado no ano final de plano? 7. Qual a % de pessoas com sistema encanado no ano final de plano? 8. Qual a taxa de inflação do país? 9. Existe suporte do setor de água para o setor de esgoto? Quanto?	1. # domicílios de baixa renda (BR): <u>81884</u>, Não Baixa Renda (NBR): <u>48908</u> 2. # pessoas/domicílios de baixa renda (BR): <u>409421</u>, Não Baixa Renda (NBR): <u>244538</u> 3.<table><tr><td></td><td>Esgoto encanado com tratamento</td><td>Esgoto encanado sem tratamento</td><td>Esgoto não encanado com tratamento</td><td>Esgoto não encanado sem tratamento</td><td>Sem banheiro</td></tr><tr><td>BR (%)</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>38</td><td>5</td></tr><tr><td>NBR (%)</td><td>0</td><td>20</td><td>0</td><td>35</td><td>0</td></tr></table> 4. <u>2026 a 2046 (20 anos)</u> 5. <u>2,3 % Sem encanamento e 1,2% Com encanamento</u> 6. <u>70%</u> 7. <u>100%</u> 8. <u>4,15%</u> 9. <u>Não</u>		Esgoto encanado com tratamento	Esgoto encanado sem tratamento	Esgoto não encanado com tratamento	Esgoto não encanado sem tratamento	Sem banheiro	BR (%)	0	2	0	38	5	NBR (%)	0	20	0	35	0
	Esgoto encanado com tratamento	Esgoto encanado sem tratamento	Esgoto não encanado com tratamento	Esgoto não encanado sem tratamento	Sem banheiro															
BR (%)	0	2	0	38	5															
NBR (%)	0	20	0	35	0															
WW&FS production	<u>Para esgoto encanado:</u> 1. Qual a produção de esgoto por pessoa por dia? 2. Qual o fator de pico? 3. Qual a produção de esgoto de fontes não domésticas por dia (comercial, industrial)?OU uma % estimada a partir do volume doméstico <u>Para esgoto não encanado:</u>	1. <u>100 a 160 L - buscar na literatura a média de geração de esgoto em Moçambique por pessoa (citar) e fator de pico</u> 2. <u>100 a 110</u> 3. <u>20%</u>																		

	4. Qual a produção de lodo de esgoto por pessoa por ano? OU qual é a frequência média de esvaziamento dos armazenamentos (fossas e tanques sépticos)? 5. Qual o volume médio dos tanques de armazenamento? 6. Qual o volume de lodo de esgoto de fontes não domésticas? OU uma % estimada a partir do volume doméstico	4. <u>2 a 10 anos</u> 5. <u>3 m³</u> 6. <u>1000 a 3000 L ou %?</u>
--	---	--

Banheiros - repetir estas questões para cada tecnologia utilizada	1. Quais as tecnologias utilizadas na cidade (ver sanitation compendium ewag)? 2. Quantos domicílios BR e NBR usam cada tecnologia? 3. Qual o preço de instalação? 4. Qual o preço para reparos maiores? 5. Qual a vida útil de cada tecnologia? 6. Qual o custo com campanhas para mudanças de comportamento? 7. Quais os custos com manutenção? (A) aditivo, (B) preço da água e volume gasto por ano, (C) eletricidade por ano, (D) ferramentas, (E) material de limpeza, (F) taxas, (G) outros? 8. Existem verbas (externas, nacionais, estaduais ou empréstimos - tempo e imposto) para instalação de banheiros? Quanto?	1. Banheiro com descarga hidráulica, Banheiro com descarga manual e Banheiro seco 2. (BR/NBR): 38908(Banheiro com descarga hidráulica-NBR);70884 (Banheiro com descarga manual-BR e NBR); 21000 (Banheiro seco-BR) 3. 100 a 500 Mts (Banheiro seco-BR); 3000 a 10.000Mts (Banheiro com descarga manual-BR e NBR) e 15.000 a 30.000 Mts (Banheiro com descarga hidráulica-NBR). 4. 100 a 300Mts(tradicional); 500 a 5000Mts (misto) e 5.000 a 15.000 Mts (convencional) 5. Tradicional (1 ano); misto (1 a 7 anos) e convencional (7 a 15 anos) 6. 800.000 Mts para todas as tecnologias 7. A)100 a 300Mts (Banheiro seco-BR) ; 500 a 5000Mts (Banheiro com descarga manual-BR e NBR) e 5000 a 15.000 Mts (Banheiro com descarga hidráulica-NBR) B) 1800Mts/ano e 40,6m³/ano (tradicional); 10000 Mts/ano e 81,2m³/ano (misto e convencional) C) 0 Mts (tradicional); 2000Mts = 296Kw (convencional) D) Tradicional (100 a 300Mts) misto (500 a 3000Mts) e convencional (1000 a 7000Mts) E)100Mts/mês (tradicional) e 500Mts/mês (misto e convencional), F) 0 Mts (para todas as tecnologias).
---	---	--

		8. Não existem
--	--	----------------

Conexão/ armazenamento	1. Quais as tecnologias utilizadas na cidade (ver sanitation compendium ewag)? 2. Quantos domicílios BR e NBR usam cada tecnologia? 3. Qual o preço de instalação? 4. Qual o preço para reparos maiores? 5. Qual a vida útil de cada tecnologia? 6. Qual o custo com campanhas para mudanças de comportamento? 7. Quais os custos com manutenção? (A) aditivo, (B) preço da água e volume gasto por ano, (C) eletricidade por ano, (D) ferramentas, (E) material de limpeza, (F) taxas, (G) outros? 8. Existem verbas (externas, nacionais, estaduais ou empréstimos - tempo e imposto) para instalação de tanques? Quanto? 9. Qual o valor pago para esvaziamento e transporte de cada tipo de armazenamento? 10. Quantas vezes por ano se esvazia o tanque para cada tecnologia? 11. Qual a taxa ou tarifa de esgoto paga para domicílios com conexão na rede e sem rede?	1. Valas de drenagem/tanque séptico, Fossas e latrinas (rudimentares) 2. 4515 Valas de drenagem/tanque séptico e Fossas; 60769 Fossas e latrinas 3. Valas de drenagem 200 a 500 mil Mts; Fossas 3 a 10 mil Mts e Latrinas de 100 a 500 Mts. 4. 150 mil Mts (Valas de drenagem), 7 mil Mts (Fossas) e 300 Mts (Latrinas) 5. Valas de drenagem (mais de 10 anos), Fossas (5 a 15 anos) e Latrinas (1 a 3 anos) 6. 800.000 Mts (para todas as tecnologias) 7. A) Valas de drenagem (100 mil Mts), Fossas (1000 a 7000 Mts) e Latrina (100 a 500), B) 3600 Mts/ano e 81,2m³/ano (Para todas as tecnologias) C) 2000Mts/mes = 248Kw (valas de drenagem); Fossas e Latrinas (N/A) D) Valas de drenagem (100.000 a 500.000Mts); Latrinas (100 a 500 Mts) e Fossa (1000 a 7000Mts) E) 50.000Mts/mes (Vala de drenagem); 100Mts/mes (Latrinas) e 500Mts/mes (Fossa) F) Valas de drenagem (110 Mts/mes); Fossas e Latrinas (N/A) G) N/A 8. Não existem
---------------------------	---	--

		9. Apenas para Fossa-4500 Mts para 3000m³ (Esvaziamento e Transporte/Caminhão) e 4000Mts (Esvaziamento e Transporte/Manual) 10. N/A 11. Com conexão (100 Mts) e sem conexão (N/A)
--	--	---

Transporte não encanado: mecânico e semi- mecânico	1. Quais as tecnologias utilizadas na cidade? 2. Quantos domicílios utilizam cada uma delas? 3. Quanto caminhões grandes e pequenos? Quais são seus volumes? Quantas viagens por dia cada um faz? 4. Quantas equipes de esvaziamento semi-mecânico existem?Quais suas capacidades? Quantas viagens por dia? 5. Há transporte motorizado para equipes de esvaziamento semi-mecânico? quantos? qual a capacidade e número de viagens? 6. Quais os preços dos caminhões grandes e pequenos? 7. Preço da garagem ou outro CAPEX? 8. Qual o preço de reparos maiores? 9. Qual a vida útil de cada equipamento? 10. Qual o valor de manutenção? (A) Preço do combustível/L (B) Quantidade de combustível em L, (C) preço da água e volume, (D) eletricidade por ano, (E) Lubrificante e serviços, (F) ferramentas e materiais, (G) manutenção geral, (H) taxas, (I) Licença, (J) Plano ou seguro saúde dos trabalhadores (pode ser uma % do salário), (K) EPI por trabalhador, (L) treinamento (%do OPEX) (M) other? 11. Qual o valor anual para descarga de lodo na estação de tratamento para caminhões e para equipes de esvaziamento semi-mecanico. 12. Qual a receita de cada serviço vinda das taxas de esvaziamento pagas pelos domicílios? 13. Há incentivo de descarga? Qual o valor anual? 14. Há receita de tarifas ou taxas de esgoto? Qual o valor? 15. Há receita suporte vinda do setor de água? quanto?	1. Mecânico e semi- mecânico (Caminhão e Manual) 2. 80.010 (Caminhão limpa fossa) e 46266 (Manual) 3. 5 grandes (4 m³) geralmente uma viagem e 7 pequenos (2,5m³) uma ou duas viagens. 4. 3 equipes reconhecidas e outras equipes são sazonais (cada equipe só pode esvaziar uma fossa por dia) e a deposição é feita aos arredores do local de esvaziamento. 5. Não há 6. Pequenos (1.000.000 a 2.000.000 Mts) e grandes (2.500.000 a 6.000.000 Mts) 7. 1000Mts/mes 8. 10.000 a 100.000 (dependendo da avaria) 9. 10 a 50 anos (dependendo da forma de uso) 10. A) 86 Mts/L B) 6L/viagem (ida e volta) C) 44,32Mts/m³ D) 3000kw/ano (Caminhão); N/A (Manual) E) 5000 a 10.000Mts/mes (Caminhão) e 1000 a 2000Mts/mes (Manual) F)3000 a 15.000Mts (caminhão) e 500 a 3000Mts (Manual); G) 10.000 a 50.000Mts (Caminhão), 1000 a 5000Mts (Manual); H)1070Mts/mes; I)7000 Mts; J)N/A; K)4000Mts L)N/A. 11. N/A 12. 10.000 a 30.000Mts/mes (esvaziamento/caminhão) e 5000 a 15.000Mts/mes (esvaziamento/manual) 13. N/A 14. 110Mts/mes (NBR) 15. N/A 16. N/A 17. #de trabalhadores e salário 2 para serviços mecanizados e 4 para serviços semi-mecanizados com salários que variam de <u>7000 a 10.000Mts</u>
--	--	---

	16. Existem verbas (externas, nacionais, estaduais ou empréstimos - tempo e imposto) para compra de equipamentos de esvaziamento e transporte? quanto? 17. Os trabalhadores estão registrados e cobertos por seguro social e legal nacional?	#de mulheres trabalhadoras and salario <u>N/A</u> #de posições de tomada de decisão (gerência, diretoria, engenheiros e engenheiras) e salário <u>Apenas homens</u> #de mulheres em posição de tomada de decisão e seus salário <u>N/A</u>
Esgoto encanado	1. Quais as tecnologias utilizadas na cidade? 2. Quantos domicílios utilizam cada uma delas? 3. Qual o comprimento de tubulação primária (<200mm)? Qual o preço por metro? 4. Qual o comprimento de tubulação secundária (200-600mm)? Qual o preço por metro? 5. Qual o comprimento de tubulação terciária (>600mm)? Qual o preço por metro? 6. Qual o valor gasto para desenvolvimento do projeto, construções e escavações (pode ser um porcentagem do CAPEX)? 7. Qual o preço de um bueiro? 8. Quantas estações de bombeamento existem? Qual o preço de uma? 9. Há um custo de expansão para aumento da capacidade da tubulação? quanto (pode ser uma porcentagem do CAPEX) 10. Outros CAPEX? 11. Qual a vida útil da tubulação? 12. Qual o custo (pode ser em % do CAPEX) para reparos maiores?	1. Valas de drenagem 2. 4515 domicílios 3. 1000 km a 6000Mts/m 4. 1,5 km a 3000Mts/m 5. 1 km a 1000 Mts/m 6. 10.000.000 USD 7. 35.000 Mts 8. N/A 9. 10% da receita anual 10. N/A 11. 20 a 50 anos 12. 100.000 a 500.000Mts 13. 500.000 a 1.000.000Mts 14. A) 44,32Mts/m³ B) N/A C) O Município (2.000.000 a 5.000.000Mts) ; D) 2000Mts/mes = 248Kw E) 50.000Mts/mes F)O município (2.000.000 a 5.000.000Mts) G)110 Mts/mes H) N/A; I) 10% ; J)10.000Mts; K)N/A; L)N/A

	13. Qual o valor de manutenção? 14. (A) preço da água e volume, (B) Consultoria, (C) Controle de vazamento (D) eletricidade por ano, (E) ferramentas e materiais, (F) manutenção geral, (G) taxas, (H) suporte ao consumidor, (I) Plano ou seguro saúde dos trabalhadores (pode ser uma % do salário), (J) EPI por trabalhador, (K) treinamento (%do OPEX) (L) other? 15. Qual a receita vinda das taxas de esgoto? 16. Qual a receita vinda das tarifas de esgoto? 17. Há receita suporte vinda do setor de água? quanto? 18. Existem verbas (externas, nacionais, estaduais ou empréstimos - tempo e imposto) para compra de equipamentos de esvaziamento e transporte? quanto? 19. Os trabalhadores estão registrados e cobertos por seguro social e legal nacional?	15. 20.000 Mts 16. N/A 17. N/A 18. N/A 19. Sim #de trabalhadores e salário <u>15 trabalhadores (5000Mts/mes)</u> #de mulheres trabalhadoras and salario <u>5 mulheres (5000Mts/mes)</u> #de posições de tomada de decisão (gerência, diretoria, engenheiros e engenheiras) e salário <u>3 Homnes e 2 Mulheres (ambos 7000 Mts)</u> #de mulheres em posição de tomada de decisão e seus salário <u>2 Mulheres (7000Mts)</u>
Tratamento - repetir para diferentes plantas	1. Quais as tecnologias utilizadas na cidade? 2. Quantas estações de tratamento? 3. Qual a capacidade das estações de tratamento de esgoto? 4. Qual a capacidade das estações de tratamento de lodo de esgoto? 5. Há co- tratamento? 6. Qual o preço das estações (equipamentos)? 7. Qual o preço do terreno? 8. Qual o preço do desenvolvimento do projeto, construção e terraplanagem (pode ser uma porcentagem do valor das estações)? 9. Qual a vida útil da estação? 10. Qual o custo (pode ser em % do CAPEX) para reparos maiores? 11. Qual o valor de manutenção? (A) preço da água e volume, (B) Consultoria, (C) Eletricidade por ano, (D) Análises de laboratório, (E) Ferramentas e materiais, (F) manutenção geral, (G) taxas, (H) químicos, (I) Plano ou	1. Sem tratamento 2. N/A 3. N/A 4. N/A 5. N/A 6. N/A 7. N/A 8. N/A 9. N/A 10. N/A 11. A) N/A B) N/A C)N/A D)N/A E)N/A F)N/A G)N/A H)N/A I)N/A J) N/A K)N/A 12. N/A 13. N/A

	seguro saúde dos trabalhadores (pode ser uma % do salário), (I) EPI por trabalhador, (K) treinamento (%do OPEX) (M) outro? 12. Qual a receita vinda das taxas de esgoto? 13. Qual a receita vinda das tarifas de esgoto? 14. Há receita suporte vinda do setor de água? quanto? 15. Há receita de reuso de água ou venda do lodo? quanto? 16. Existem verbas (externas, nacionais, estaduais ou empréstimos - tempo e imposto) para compra de equipamentos de esvaziamento e transporte? quanto? 17. Os trabalhadores estão registrados e cobertos por seguro social e legal nacional?	14. N/A 15. N/A 16. N/A 17. N/A #de trabalhadores e salário_____ #de mulheres trabalhadores and salario_____ #de posições de tomada de decisão (gerencia, diretoria, engenheiros e engenheiras) e salário_____ #de mulheres em posição de tomada de decisão e seus salário_____
--	---	--

Uso e disposição final	1. Quais as tecnologias utilizadas na cidade? Quanto sítios de reuso? 2. Qual a capacidade? 3. Qual a capacidade das estações de tratamento de lodo de esgoto? 4. Qual o preço dos equipamentos? 5. Qual o preço do terreno? 6. Qual o preço do desenvolvimento do projeto, construção e terraplanagem (pode ser uma percentagem do valor das estações)? 7. Qual a vida útil da tubulação? 8. Qual o custo (pode ser em % do CAPEX) para reparos maiores? 9. Qual o valor de manutenção? (A) preço da água e volume, (B) Consultoria, (D) eletricidade por ano, (E) Análises de laboratório, (F) Ferramentas e materiais, (G) manutenção geral, (H) taxas, (I) químicos, (J) Plano ou seguro saúde dos trabalhadores (pode ser uma % do salário), (K) EPI por trabalhador, (L) treinamento (%do OPEX) (M) outro? 10. Qual a receita vinda das taxas de esgoto? 11. Qual a receita vinda das tarifas de esgoto? 12. Há receita suporte vinda do setor de água? quanto? 13. Há receita da venda dos produtos? quanto? 14. Existem verbas (externas, nacionais, estaduais ou empréstimos - tempo e imposto) para compra de equipamentos de esvaziamento e transporte? quanto? 15. Os trabalhadores estão registrados e cobertos por seguro social e legal nacional?	1. Deposição a céu Aberto 2. N/A 3. N/A 4. N/A 5. N/A 6. N/A 7. N/A 8. N/A 9. A) N/A B)N/A C)N/A D)N/A E) N/A F)N/A G)N/A H)N/A I)N/A J) N/A K)N/A 10. N/A 11. N/A 12. N/A 13. N/A 14. N/A 15. N/A #de trabalhadores e salário_____ #de mulheres trabalhadores and salario_____ #de posições de tomada de decisão (gerencia, diretoria, engenheiros e engenheiras) e salário_____ #de mulheres em posição de tomada de decisão e seus salário_____
------------------------	--	---

Apêndice 2: Percentagens estimadas de tecnologias sanitárias utilizadas em BR e NBR com base na terminologia do SFD

Tecnologia utilizada	Estimativas	Área	Caraterísticas
T1A1C2-Descarga diretamente em uma rede de esgoto centralizada/separada	5%	NBR	Infraestruturas protocolares instaladas na época colonial na presença de uma rede de esgoto
T1A2C2-Fossa séptica conectada a uma rede de esgoto centralizada	2%	NBR	Infraestruturas públicas da época colonial localizados no centro da cidade
T1A3C2-Tanque totalmente revestido conectado a uma rede de esgoto centralizada	5%	NBR	Condomínios e edifícios instalados após época colonial localizados nas proximidades do centro da cidade
T1A3C4- Tanque totalmente revestido conectado a uma rede de esgoto descentralizada	10%	NBR	Área de ocupação formal em expansão, situada na periferia urbana e afastada do centro da cidade
T1B11C7AC9- Defecação a céu aberto	5%	BR	Domicílios sem banheiros de acordo com os dados da UNICEF (2019) e relatório da prefeitura municipal
T1B8C10-Poço (todos os tipos), nunca esvaziado, abandonado, quando cheio, mas não adequadamente coberto com terra	5%	BR e NBR	Domicílios que utilizam fossa ventilada (VIP), e após o seu enchimento, optam pela construção de uma nova fossa, em vez de realizar o esvaziamento e a manutenção da estrutura existente.
T2A4C10-tanque revestido com paredes impermeáveis, e fundo aberto sem saída, onde há um risco significativo de poluição de águas subterrâneas	32%	BR e NBR	Fossa ventilada (VIP) construída em concreto, com revestimento interno e acabamento das paredes, sendo uma das tecnologias mais adotada pelos domicílios da cidade.
T2A5C10-tanque revestido com paredes semipermeáveis, e fundo aberto sem saída, onde há um risco significativo de desabamento e poluição de águas subterrâneas	20%	BR	Vossa ventilada (VIP) construída em alvenaria cerâmica e sem revestimento interno e acabamento das paredes, adotado devido ao baixo custo na instalação.
T2A6C10-Poço sem revestimento, sem saída ou extravasar, onde há um risco significativo de poluição de águas subterrâneas	10%	BR	Fossa rudimentar sem impermeabilização das paredes, coberta com materiais de origem local.
T2B7C10-Poço (todos os tipos), nunca esvaziado, mas abandonado quando cheio e coberto com terra, sem saída ou sistema de transbordamento, onde há um risco significativo de poluição de águas subterrâneas	5%	BR	Fossas ventiladas (VIP) construídas em alvenaria cerâmica ou fossas rudimentares e, quando essas estruturas atingem sua capacidade máxima, optam pela construção de uma nova.

Fonte: Do Autor (2026)

Apêndice 3: Matriz do SFD gerada

Nampula, Nampula, Moçambique, 3 Nov 2025. SFD Level: not set

Population: 743104

Proportion of tanks: septic tanks: 15%, fully lined tanks: 5%, lined, open bottom tanks: 80%

Containment								
System type	Population	WW transport	WW treatment	FS emptying	FS transport	FS treatment	SN transport	SN treatment
	Pop	W4a	W5a	F3	F4	F5	S4d	S5d
System label and description	Proportion of population using this type of system (p)	Proportion of wastewater in sewer system, which is delivered to centralised treatment plants	Proportion of wastewater delivered to centralised treatment plants, which is treated	Proportion of this type of system from which faecal sludge is emptied	Proportion of faecal sludge emptied, which is delivered to treatment plants	Proportion of faecal sludge delivered to treatment plants, which is treated	Proportion of supernatant in sewer system, which is delivered to treatment plants	Proportion of supernatant in sewer system that is delivered to treatment plants, which is treated
T1A1C2 Toilet discharges directly to a centralised foul/separate sewer	5.0	0.0	0.0					
T1A2C2 Septic tank connected to a centralised foul/separate sewer	2.0			90.0	90.0	0.0	80.0	0.0
T1A3C2 Fully lined tank (sealed) connected to a centralised foul/separate sewer	5.0			90.0	90.0	0.0	80.0	0.0
T1A3C4 Fully lined tank (sealed) connected to a decentralised foul/separate sewer	10.0			90.0	90.0	0.0	80.0	0.0
T1B11 C7 TO C9 Open defecation	5.0							
T1B8C10 PI (all types), never emptied, abandoned when full but NOT adequately covered with soil, no outlet or overflow	5.0							
T2A4C10 Lined tank with impermeable walls and open bottom, no outlet or overflow, where there is a 'significant risk' of groundwater pollution	32.0			40.0	40.0	0.0		
T2A5C10 Lined pit with semi-permeable walls and open bottom, no outlet or overflow, where there is a 'significant risk' of groundwater pollution	20.0			10.0	10.0	0.0		
T2A6C10 Unlined pit, no outlet or overflow, where there is a 'significant risk' of groundwater pollution	10.0			0.0	0.0	0.0		
T2B7C10 PI (all types), never emptied but abandoned when full and covered with soil, no outlet or overflow, where there is a 'significant risk' of groundwater pollution	5.0							