



XII - 625 - UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO: USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO COMO VIABILIDADE ECONÔMICA - ESTUDO DE CASO EMBASA (FUTURAMA I E II)

Alanda Mercês Pires dos Santos ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Pesquisadora na Rede de Tecnologias Limpas da UFBA (TECLIM).

Maria Fernanda Souza Matos ⁽²⁾

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA). Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Pesquisadora na Rede de Tecnologias Limpas da UFBA (TECLIM).

Alisson Meireles Brandão ⁽³⁾

Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Doutorando do Programa de Engenharia Industrial da Escola Politécnica da UFBA (PEI/UFBA). Pesquisador na Rede de Tecnologias Limpas da UFBA (TECLIM). Engenheiro na Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

Francisco Ramon Alves do Nascimento ⁽⁴⁾

Graduado em Engenharia Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (2007). Doutor Engenharia Industrial da Escola Politécnica da UFBA (PEI/UFBA). Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA. Pesquisador e líder da Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM-UFBA).

Eduardo Henrique Borges Cohim Silva ⁽⁵⁾

Graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal da Bahia, mestre em Tecnologias Limpas e doutor em Energia e Meio Ambiente. Professor Titular da Universidade Estadual de Feira de Santana. Pesquisador da Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM/UFBA)

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal da Bahia. Rua Augusto Viana, s/n - Palácio da Reitoria, Canela. CEP: 40110-909, Salvador, Bahia, Brasil - e-mail: mariafernanda.embasa@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Universidade Federal da Bahia. Rua Augusto Viana, s/n - Palácio da Reitoria, Canela. CEP: 40110-909, Salvador, Bahia, Brasil.

Endereço⁽³⁾: Empresa Baiana de Águas e Saneamento – EMBASA. 4ª Avenida, 420, Centro Administrativo da Bahia - CAB, CEP: 41745-002, Salvador, Bahia, Brasil.

Endereço⁽⁴⁾: Universidade Federal da Bahia. Rua Augusto Viana, s/n - Palácio da Reitoria, Canela. CEP: 40110-909, Salvador, Bahia, Brasil.

Endereço⁽⁵⁾: Universidade Estadual de Feira de Santana. Avenida Transnordestina, s/n - Novo Horizonte. CEP: 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

RESUMO

Pouco mais da metade da população mundial utiliza saneamento gerido de forma segura, o que representa um problema significativo de saúde pública. O objetivo deste trabalho é avaliar a implementação e os custos de diferentes sistemas de esgotamento sanitário em áreas de baixa densidade populacional na Bahia, especificamente nas comunidades de Futurama I e II. A metodologia desenvolvida pela Embasa classifica os sistemas de tratamento de esgoto conforme o nível de centralização e descentralização, buscando definir as tecnologias mais apropriadas para cada contexto.

A pesquisa se baseou em critérios de Tecnologias Apropriadas, considerando as condições socioeconômicas, ambientais e culturais das comunidades envolvidas. O estudo comparou o Projeto Convencional de Estação de Tratamento de Esgotos com um Sistema Alternativo de Esgotamento Sanitário, analisando custos de implantação e operação, bem como a aceitação sociocultural e os benefícios em termos de salubridade, segurança e dignidade.



Os resultados indicaram que os Sistemas Alternativos são significativamente mais econômicos que os Sistemas Convencionais, tornando-os uma opção viável e eficiente para áreas de baixa densidade demográfica. Além de reduzir custos operacionais, esses sistemas apresentam maior aceitação sociocultural e são mais adequados às condições locais. A implementação de Tecnologias Apropriadas, conforme o gradiente de centralização e descentralização, mostrou-se uma estratégia eficaz para promover o acesso universal ao saneamento básico, contribuindo para a melhoria da saúde pública e da qualidade de vida das comunidades. Conclui-se que decisões informadas e contextualizadas são essenciais para a seleção das tecnologias de esgotamento sanitário, destacando a importância do planejamento técnico, ambiental, social, cultural e econômico no desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Embasa; Universalização do Saneamento; Viabilidade Econômica; Saneamento Rural; Tecnologias Apropriadas.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, apenas pouco mais da metade da população mundial tem utilizado saneamento gerido de forma segura. É preocupante que quase uma em cada duas pessoas não tenha. Muitas pessoas não dispõem de quaisquer instalações sanitárias e, em vez disso, têm de praticar a defecação ao ar livre, o que provoca problemas diretos na qualidade de vida e saúde pública (Ritchie et al., 2019).

O mundo tem feito progressos nos últimos anos. A Organização das Nações Unidas em 2015 definiu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estando entre eles o ODS 6 com a meta de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. No entanto, apesar dos investimentos, estes progressos têm sido demasiado lentos. Grande parte da população mundial ainda não utiliza saneamento gerido de forma segura. Apenas 56,6% da população mundial utiliza instalações sanitárias geridas de forma segura. Ou seja, quase metade da população mundial possui instalações melhoradas que não são partilhadas com outros agregados familiares, onde os excrementos são eliminados de forma segura no local ou transportados e tratados fora do local (WHO/UNICEF, 2024).

No contexto brasileiro, a implementação do Novo Marco do Saneamento, regulamentada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, representa um avanço considerável ao estipular objetivos para a ampliação dos serviços de água potável e saneamento básico a toda a população. Esse contexto ressalta de maneira evidente a urgência de aprimorar e alargar os serviços disponibilizados, o que lança um desafio às empresas do ramo para adotarem métodos mais eficazes e ecologicamente sustentáveis.

Alcançar essa meta representaria um avanço significativo para o país, trazendo benefícios ambientais provocados pela coleta e disposição correta dos efluentes, e os ganhos socioeconômicos indiretos como a redução das faltas ao trabalho, a diminuição da mortalidade infantil, a melhoria do desempenho escolar, redução dos gastos com saúde devido à diminuição da incidência de doenças, além de possibilitar a valorização das atividades econômicas que dependem de condições ambientais adequadas para seu exercício, como é o caso do turismo (Trata Brasil, 2022).

Os serviços de saneamento são constituídos por infraestruturas complexas, onde os elementos associados à distribuição de água e tratamento de esgoto, conhecidos como ativos, enfrentam o desgaste e deterioração ao longo do tempo. Isso pode resultar em falhas no sistema caso não sejam realizadas manutenções regulares, renovações ou substituições. Ademais, alguns ativos chegam ao final de sua vida útil mais rapidamente devido ao uso intensivo, ao tipo de material empregado, além do impacto acelerado causado pela urbanização e pelas mudanças climáticas (Halim e Mohammed, 2014).

Para além do Brasil, organizações em geral tem investido significativamente em infraestruturas urbanas de água e esgoto, almejando contornar estes cenários problemáticos e contribuir na garantia da saúde pública, bem-estar das populações, desenvolvimento sustentável das comunidades e proteção do meio ambiente. O grande impasse para tal consiste na manutenção destas infraestruturas, uma vez que envelhecem e degradam-se, na medida em que a sociedade se encontra em constante crescimento exigindo continuamente mais níveis de serviço, gestão de risco e sustentabilidade (Cardoso et al., 2016; Alegre e Coelho, 2013). Como resultado, há uma ausência de serviços de saneamento eficientes, enfatizando que as infraestruturas de água e esgoto



consistem nos mais importantes sistemas sociotécnicos para o desenvolvimento e funcionamento das cidades modernas (Bell, 2015).

Mesmo com o aumento nos investimentos, este setor ainda se destaca como incipiente no Brasil. Os dados preocupantes de atendimento à população refletem estes cenários, sendo 32 milhões de brasileiros (15% da população) sem acesso aos serviços de abastecimento de água, enquanto mais de 90 milhões não são atendidos com esgotamento sanitário. Este valor equivale a aproximadamente 44% da população brasileira (SNIS, 2022). No estado baiano, não é diferente. A Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa), fornece abastecimento de água para 367 municípios baianos, sendo que destes, apenas 116 também recebem serviços de esgotamento sanitário (Embasa, 2023).

O Sistema Convencional de Esgotamento Sanitário, comumente adotado em áreas de grande densidade demográfica, tem como premissa a centralização de toda a rede coletora em uma única estação de tratamento. São considerados complexos uma vez compostos pelas seguintes unidades: ligação predial, rede coletora e órgãos acessórios, coletor principal, coletor tronco, interceptor, emissário, estação elevatória de esgoto (EEE), estação de tratamento de esgoto (ETE) e dispositivo de lançamento final (FUNASA, 2015).

No entanto, o tratamento de esgoto em grandes estações atende somente a uma pequena parte da população urbana (Dias e Pereira, 2021). Os baixos índices de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário, sobretudo no que se refere à coleta e ao tratamento de esgoto, indicam que é preciso buscar soluções adequadas e factíveis para a universalização do acesso. Portanto, para expandir os serviços de saneamento e adaptá-los às condições locais, é essencial considerar Tecnologias Apropriadas. Essas tecnologias são aquelas que conseguem fornecer serviços de saneamento seguro e eficiente às comunidades, levando em conta as condições socioeconômicas, ambientais e culturais específicas, além de serem aceitas pelas comunidades e terem custos compatíveis (Embasa, 2022;Chaves et al., 2019; Simiyu, 2017).

Dessa forma, para o atendimento com serviços de esgotamento sanitário em áreas de baixa densidade demográfica, a seleção de tecnologia apropriada, além de envolver uma série de decisões, que vão para além da questão tecnológica em seu sentido restrito, deve apresentar facilidade e baixo custo na prestação do serviço e proporcionar aceitação do ponto de vista sociocultural, com atenção às especificidades de salubridade, segurança, higiene e dignidade (Embasa, 2022).

Certas barreiras ou restrições aumentam as dificuldades na seleção da melhor tecnologia em áreas com baixa densidade populacional. Isso exige que, especialmente, as companhias locais de água e esgoto façam uma avaliação cuidadosa e demonstrem discernimento em suas escolhas, tornando essencial o conhecimento técnico das unidades que podem ser implementadas.

Nesse contexto, com o intuito de ampliar serviços públicos de esgotamento sanitário, a Embasa desenvolveu uma metodologia para enquadramento dos sistemas de tratamento de esgoto conforme o nível de centralização e descentralização, para assim caracterizar e definir as tecnologias mais apropriadas para esgotamento sanitário. A fim de estudar os níveis de investimento e comparar para cada Sistema disponível, surge o Estudo de Caso comparativo do Projeto Convencional de Estação de Tratamento de Esgotos – Futurama I e II e do Sistema Alternativo de Esgotamento Sanitário nas comunidades, pertencentes ao município de Dias d'Ávila. Assim, sob a ótica das localidades e dos critérios para Alternativas Tecnológicas Apropriadas, foi possível realizar um comparativo de custos para implantação em casos da utilização de Sistemas Convencionais e de Sistemas Alternativos, compreendendo um melhor caminho para amenização da problemática de saneamento nas localidades de estudo e contribuir para ampliação do acesso ao saneamento básico no estado da Bahia.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a implementação e os custos associados a diferentes sistemas de esgotamento sanitário em áreas de baixa densidade populacional no estado da Bahia, com foco nas comunidades de Futurama I e II no município de Dias d'Ávila. A Embasa desenvolveu uma metodologia que classifica os sistemas de tratamento de esgoto conforme seu nível de centralização e descentralização, buscando definir as tecnologias mais apropriadas para cada contexto. Este estudo de caso comparativo analisa o Projeto Convencional de Estação de Tratamento de Esgotos e um Sistema Alternativo de Esgotamento



Sanitário, com o intuito de identificar a solução mais eficiente e socioeconomicamente viável para a expansão dos serviços de saneamento básico.

A pesquisa se baseia em critérios de Tecnologias Apropriadas, considerando as condições socioeconômicas, ambientais e culturais das comunidades envolvidas. Além de analisar os custos de implantação e operação, o estudo também aborda a aceitação sociocultural e os benefícios em termos de salubridade, segurança e dignidade. O objetivo é proporcionar um entendimento sobre as vantagens e desvantagens de cada sistema, oferecendo dados fundamentados em um estudo de caso, para a ampliação do acesso ao saneamento básico no estado da Bahia e contribuindo para o cumprimento das metas do ODS 6, que visam assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Em suma, o trabalho busca fornecer uma base sólida para a tomada de decisões sobre a seleção de tecnologias de saneamento, especialmente em áreas com desafios específicos como baixa densidade populacional e restrições econômicas. Ao comparar sistemas convencionais e alternativos, espera-se identificar soluções que não só sejam tecnicamente viáveis, mas também economicamente sustentáveis e aceitáveis pelas comunidades locais.

METODOLOGIA UTILIZADA

As localidades de Futurama I e II estão contempladas num projeto de Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Convencional, denominado Projeto ETE Norte. Para estas localidades foram previstas 4 (quatro) Estações Elevatórias de Esgotos (EEE) que coletarão a contribuição de esgotos de cada Bacia e, cada EEE será interligada com o restante do projeto até chegar à ETE Norte. Para melhor dimensionamento, Futurama I e II foram divididas em 04 (quatro) bacias, sendo a D23 pertencente a Futurama II e D24 a D26 pertencente a Futurama I.

A Figura 1 apresenta a seguir especificações de ambas as localidades objeto de estudo, explicitando a área, número de habitantes e número de casas de cada uma das bacias delimitadas, conforme projeções feitas pelo Projeto Básico ETE Norte.

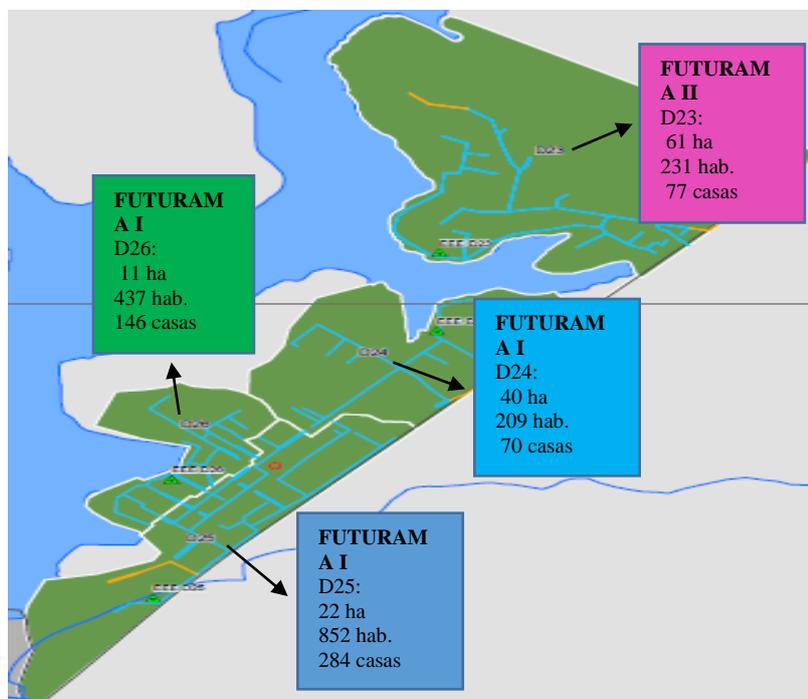


Figura 01. Delimitação das áreas por bacias hidrográficas D23 a D26 nas regiões de Futurama I e II.

Fonte: Embasa, 2022.

Assim, a fim de orientar-se quanto às ações necessárias para a realização do Estudo de Caso em Futurama I e II, a Embasa utilizou das mesmas divisões de bacias na região e aplicou os 11 (onze) passos da metodologia para a definição das concepções de projeto, bem como escolha da alternativa mais adequada para o tratamento e disposição de esgoto doméstico, conforme contido no “Manual de Tecnologia Apropriada para o Serviço de Esgotamento Sanitário em Áreas de Baixa Densidade Demográfica no Estado da Bahia” (Figura 2).



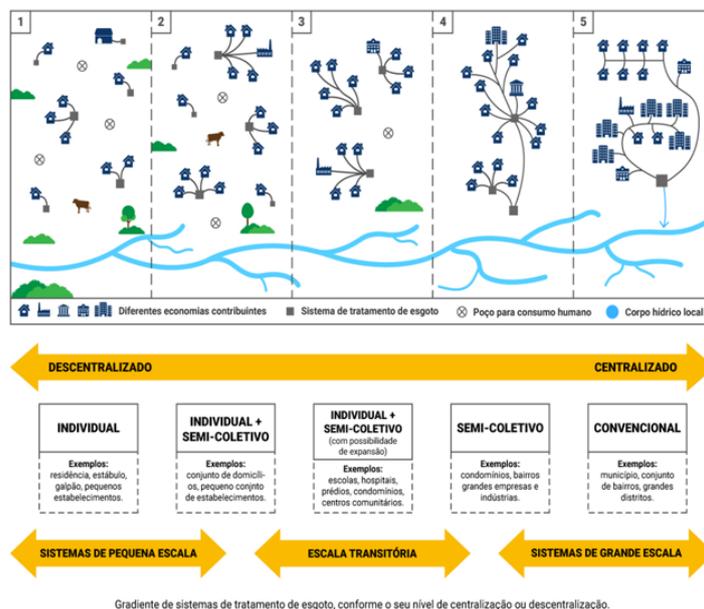
Figura 02. Passos para a escolha da tecnologia mais apropriada

Fonte: Embasa, 2022.

Segundo a metodologia, após a execução dos 11 passos, é possível realizar a escolha da tecnologia mais apropriada para a localidade estudada. A Figura 3 ilustra o enquadramento desenvolvido e estabelecido pela Embasa, onde os tipos de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) são definidos de acordo com o gradiente, onde o seu nível pode variar de uma situação descentralizada (povoados e pequenas localidades) até uma situação centralizada (sedes municipais e grandes distritos). Este gradiente permite visualizar as diversas situações que orientam as escolhas de tecnologias para esgotamento sanitário mais apropriadas para uma determinada área.

Vale destacar ainda que a densidade demográfica e o consumo per capita de água são os critérios determinantes para a escolha do SES a ser adotado. Sendo o sistema individual a referência e o sistema semicoletivo a exceção à regra. A seguir, definição norteadora dos dois sistemas adotadas e apresentadas no Manual de Tecnologias Apropriadas da Embasa:

- Sistema individual de esgotamento sanitário: é aquele dimensionado para atender a 01 economia ou até três economias desde que estejam construídas no mesmo terreno (propriedade);
- Sistema semicoletivo de esgotamento sanitário: é aquele dimensionado para atender a mais de 01 economia construída em terrenos distintos, por possuírem um maior volume de contribuição de esgoto e exigirem uma maior dimensão das unidades tecnológicas de tratamento. Esses esgotos serão transportados por rede coletora e emissário de esgoto até uma área disponível para execução das modalidades de tratamento.



* Imagem adaptada do livro *Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas - referencial para escolha de soluções*. Biblioteca UNICAMP, 2018.

Figura 03. Sistemas de esgotamento sanitários numa escala de áreas descentralizadas a centralizadas
Fonte: Embasa, 2022.

Este gradiente seguiu também requisitos e parâmetros norteadores para a tomada da decisão mais coerente com a realidade das localidades. Assim, as tecnologias escolhidas foram concebidas com base em critérios de funcionabilidade (adequação, acurácia, compatível com a necessidade do usuário e segurança de acesso), confiabilidade (maturidade, tolerância a falhas e recuperabilidade), usabilidade (inteligibilidade, operacionalidade, atratividade e conformidade), eficiência (comportamento em relação ao tempo e aos recursos empregados), manutenibilidade (modificabilidade, estabilidade e conformidade) e portabilidade (adaptabilidade, capacidade para ser instalado, capacidade para substituir em casos de existência futura de rede coletora e coexistência).

Conforme o objeto deste trabalho, foram levados em considerações 9 combinações de tratamento disponíveis para esgotamento sanitário, sendo estas, Tanque Séptico, Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (RAFA), Filtro Anaeróbico, Filtro de Areia, Biodigestor, Sistemas Alagados Construídos (S.A.C.), Círculo de Bananeiras /Vermifiltro, Sumidouro e Vala de Infiltração.

Nesse contexto, este trabalho buscou avaliar o nível de investimento tanto para a implantação do Sistema Convencional no recorte do estudo, quanto do Sistema Alternativo, utilizando as etapas mencionadas como forma de chegar às tecnologias mais apropriadas para Futurama I e II.

RESULTADOS OBTIDOS

A escolha das modalidades dos sistemas de esgotamento sanitário em ambas as comunidades, Futurama I e Futurama II, considerou não apenas a viabilidade econômica, mas também aspectos sociais e a estrutura das moradias. Em Futurama I, a decisão foi pela instalação de um Sistema Individual para casas isoladas e um Sistema Semicoletivo para áreas mais aglomeradas, enquanto em Futurama II, a implantação foi exclusivamente de sistemas individuais. Esta abordagem reflete uma análise criteriosa que vai além do custo, levando em conta a distribuição das moradias e as características específicas de cada área.

Os valores referentes ao custo de investimento no Projeto ETE Norte de caráter convencional, no recorte do estudo, estão propostos na Figura 4 a seguir. Vale destacar que foram considerados os números de economias levantados em campo, sendo de 276 casas, e uma população futura com acréscimo de 10%, totalizando 1.104 habitantes.

		BACIA D23	BACIA D24	BACIA D25	BACIA D26	TOTAL
REDE COLETORA	Serviços	R\$ 1.032.812,85	R\$ 295.953,02	R\$ 534.626,12	R\$ 255.902,32	R\$ 2.518.485,21
	Materiais	R\$ 128.514,49	R\$ 78.156,86	R\$ 134.158,30	R\$ 58.361,25	
LIGAÇÕES DOMICILIARES	Serviços	R\$ 160.439,26	R\$ 161.498,49	R\$ 718.918,14	R\$ 349.452,79	R\$ 1.603.780,34
	Materiais	R\$ 25.046,94	R\$ 24.782,40	R\$ 108.137,22	R\$ 55.505,10	
ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO	Serviços	R\$ 1.895.752,74	R\$ 1.111.113,95	R\$ 544.021,97	R\$ 1.151.178,01	R\$ 6.365.861,66
	Materiais	R\$ 502.249,55	R\$ 398.139,99	R\$ 363.875,52	R\$ 399.529,93	
LINHAS DE RECALQUE DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO	Serviços	R\$ 2.302.016,69	R\$ 178.107,98	R\$ 108.615,63	R\$ 151.236,45	R\$ 3.147.985,46
	Materiais	R\$ 327.279,54	R\$ 36.071,84	R\$ 23.260,73	R\$ 21.396,60	
TOTAL	Serviços	R\$ 5.391.021,54	R\$ 1.746.673,44	R\$ 1.906.181,86	R\$ 1.907.769,57	R\$ 13.636.112,67
	Materiais	R\$ 983.090,52	R\$ 537.151,09	R\$ 629.431,77	R\$ 534.792,88	

Figura 04. Resumo dos investimentos em Sistemas Convencionais nas localidades de Futurama I e II
Fonte: Embasa, 2022.

A partir dos resultados quantitativos apresentados na figura acima, é possível perceber que os gastos para implantação do Sistema Convencional nas bacias não incluem a construção de uma Estação de Tratamento de Esgoto, e se dá por conta das estações elevatórias de esgoto, seguido também da contribuição das linhas de recalque das estações, rede coletora e ligações domiciliares. Somente as estações elevatórias de esgoto correspondem a aproximadamente 50% da necessidade de recursos para investimento.

Dessa forma, em contrapartida, o resumo do nível de investimento para a Implantação de Sistemas Alternativos na mesma área de estudo sob as mesmas circunstâncias está apresentado no Quadro 1 a seguir.

Localidade	Bacia	Sistema Alternativo	Modalidades de Tratamento	Custo de Investimento (R\$)
Futurama II	D23	Sistema Individual	Tanque séptico + Sumidouro + Vala de infiltração	195.628,76
	D24	Sistema Individual	Tanque séptico + Sumidouro + Vala de infiltração	90.910,53
Futurama I	D25	Sistema Individual	Tanque séptico + Sumidouro + Vala de infiltração	15.823,78
		Sistema Semicoletivo	Tanque séptico + Sumidouro	90.155,10
	D26	Sistema Individual	Tanque séptico + Sumidouro + Vala de infiltração	11.363,82
		Sistema Semicoletivo	Tanque séptico + Sumidouro	90.155,10
Total dos Sistemas Alternativos em Futurama I e II				494.037,09

Tabela 01. Resumo dos investimentos em Sistemas Alternativos nas localidades de Futurama I e II
Fonte: Embasa, 2022.

Na tabela acima, os valores foram definidos conforme delimitação das soluções para cada bacia, considerando soluções individuais e semicoletivas. Evitando a necessidade de estações elevatórias de esgoto e incluindo estações de tratamento para os sistemas semicoletivos com baixa complexidade técnico-operacional. Percebe-



se que a bacia D23, pertencente à Futurama II é a que possui maior custo de investimento devido à quantidade de pessoas a serem atendidas. Em contrapartida, a localidade de Futurama I requer no total acumulado de suas bacias, um maior custo de investimento, correspondendo a um pouco mais de 50% do total de R\$ 494.037,09.

Diferentemente dos Sistemas Convencionais, a contribuição direta para aumento dos custos de investimentos em Sistemas Alternativos em áreas de baixa densidade demográfica, se dá principalmente na escolha mais adequada da tecnologia de tratamento do esgoto doméstico, conforme aplicação dos 11 passos da metodologia do Estudo de Caso.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Diante dos resultados obtidos, a Tabela 2 a seguir apresenta os custos de investimento para cada uma das duas possibilidades estudadas. Vale destacar que foram considerados os números de economias levantados em campo, sendo de 276 casas, e uma população futura com acréscimo de 10%, totalizando 1.104 habitantes. Logo, os valores foram projetados para esta amostra populacional.

Sistema de Esgotamento Sanitário	Custo de Investimento por casa	Custo de Investimento por habitante
1. Sistema Convencional	R\$ 54.327,14	R\$ 12.351,55
2. Sistema Alternativo	R\$ 1.789,99	R\$ 447,50
• Sistema Individual	R\$ 1.136,69	R\$ 284,17
• Sistema Semicoletivo	R\$ 653,30	R\$ 163,32

Tabela 02. Comparativo dos custos de investimento em cada Sistema de Esgotamento Sanitário em Futurama I e II

Fonte: Autor, 2024.

Traçando um comparativo dos resultados de investimento para a implantação de um Sistema Convencional e Sistema Alternativo nas comunidades de Futurama I e II, percebe-se a viabilidade da utilização das tecnologias alternativas apropriadas mapeadas, uma vez que estas representam uma redução em quase 28 vezes nos custos de investimento em esgotamento sanitário. Quando comparado os dois tipos de sistema alternativos adotados, o sistema individual é mais custoso que o sistema semicoletivo, visto que contempla mais casas, enquanto os semicoletivos adotados em parte das bacias D25 e D26 atendem um maior volume de contribuições de esgoto.

A diferença significativa nos valores entre os Sistemas Convencionais e os Sistemas Alternativos reflete diretamente na aceitação popular. A implantação de Sistemas Convencionais implicaria em altas tarifas para a prestação de serviços públicos, o que pode ser um fator decisivo para a rejeição dessa alternativa pelas comunidades locais. As tarifas mais altas não só pressionam financeiramente as famílias, mas também podem gerar resistência e insatisfação, dificultando a implementação e sustentabilidade do sistema.

A escolha das tecnologias mais apropriadas conforme análise técnica, ambiental, social, cultural e econômica da área enfatiza a importância da utilização de um gradiente de sistemas de tratamento de esgoto conforme o nível de centralização e descentralização. Tecnologias com menores níveis de investimento, como os sistemas alternativos, são mais adequadas para áreas de baixa densidade populacional e com limitações financeiras.

Optar por sistemas de menor custo e maior aceitação social, como os sistemas alternativos, facilita sobretudo o alcance da universalização do acesso ao saneamento. A redução dos custos de investimento e operação permite que mais áreas sejam atendidas com os recursos disponíveis, promovendo melhorias na saúde pública e na qualidade de vida das populações envolvidas.

A análise dos resultados demonstra que a escolha de sistemas de esgotamento sanitário deve ser baseada em uma avaliação abrangente que considere a viabilidade econômica, a aceitação social e as características específicas da área. Os sistemas alternativos, especialmente em regiões de baixa densidade populacional como Futurama I e II, mostram-se como a opção mais viável, proporcionando uma solução eficiente e sustentável para o tratamento de esgoto. A integração de critérios técnicos, ambientais, sociais, culturais e econômicos na



tomada de decisão é crucial para o sucesso e a aceitação dos projetos de saneamento, contribuindo para a universalização do acesso e a melhoria das condições de vida das comunidades.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise apresentada demonstra que a implementação de tecnologias apropriadas pode oferecer uma solução viável e econômica para a ampliação do acesso ao saneamento básico, especialmente em áreas de baixa densidade demográfica como as comunidades de Futurama I e II no município de Dias d'Ávila, Bahia. O estudo comparativo entre Sistemas Convencionais e Sistemas Alternativos de Esgotamento Sanitário evidencia uma significativa diferença nos custos de investimento, com os sistemas alternativos apresentando-se como uma opção até quase 30 vezes mais econômica.

Em contrapartida, a implementação de Sistemas de Esgotamento Sanitário em áreas de baixa densidade demográfica ainda apresenta diversos entraves econômicos. Alguns dos principais desafios referem-se diretamente à tecnologia utilizada, a exemplo do retorno financeiro limitado, dificuldade na recuperação de custos operacionais e por conseguinte, desafios na manutenção dos sistemas por parte da concessionária prestadora do serviço. Além disso, fatores políticos também impactam negativamente, uma vez que comunidades pequenas apresentam baixa priorização política e acesso limitado a recursos financeiros para a implantação de sistemas de esgotamento sanitário.

A análise do nível de investimento em sistemas de esgotamento sanitário caracteriza-se, assim, como um critério de viabilidade imprescindível para o avanço da cobertura de esgotamento sanitário. Isso devido ao caráter essencial para garantia da eficácia, eficiência e sustentabilidade financeira dos projetos, além de promover o cumprimento de regulamentações e a satisfação das necessidades da comunidade.

A partir dos resultados quanti e qualitativo alcançados pelo Estudo de Caso em Futurama I e II, conclui-se que a utilização de Sistema Convencional em Esgotamento Sanitário apresenta custo elevado, dificultando ou mesmo impedindo o atendimento ao serviço em áreas de população menor e conseqüentemente, de baixa renda.

Em contrapartida, os Sistemas Alternativos de Esgotamento Sanitário demonstraram mais viáveis economicamente no tratamento de esgoto sanitário de unidades habitacionais e pequenas comunidades, uma vez que reduz custos operacionais sem prejuízo de sua eficácia. Além disso, pensar em tecnologias alternativas para áreas de densidade demográfica pequenas é também sobre inclusão popular no poder decisório dos projetos, implantação e até operação, contribuindo para maior aceitação e efetividade dos sistemas.

Ademais, a implementação desses sistemas pode evitar a necessidade de infraestruturas complexas e dispendiosas, como estações elevatórias de esgoto, previstas para os Sistemas Convencionais. Sob o conhecimento da capacidade de pagamento de tarifas por parte dos beneficiários de localidades de baixa densidade demográfica, a Embasa definiu que a contrapartida financeira das famílias (tarifas) para a prestação do serviço não deve ultrapassar 5% da renda familiar total para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, contribuindo assim para a universalização do acesso à água potável e saneamento básico.

Dessa forma, é essencial pensar em viabilidade econômica de forma ainda mais ampliada, pensando em referenciais econômicos capazes de otimizar as análises e promover maior aceitação social dos Sistemas Alternativos de Esgotamento Sanitário. Para isso, adotar abordagens flexíveis, buscar a gestão associada, inovações tecnológicas, colaboração entre entidades governamentais, setor privado e comunidades locais também é fundamental para encontrar soluções sustentáveis e superar os desafios supracitados.

Em suma, a utilização de Tecnologias Apropriadas, conforme o gradiente de centralização e descentralização das áreas, emerge como uma estratégia eficaz para superar os desafios do saneamento básico, promovendo melhorias significativas na saúde pública e na qualidade de vida das comunidades. Este estudo sublinha a importância de decisões informadas e contextualizadas para a seleção das tecnologias de esgotamento sanitário, destacando o papel crucial do planejamento técnico, ambiental, social, cultural e econômico na promoção do desenvolvimento sustentável e na universalização do acesso ao saneamento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4 ed., Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>. Acesso em 28 de mar. de 2024.
2. SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2022.
3. EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. Manual de Tecnologias Apropriadas para o Serviço Público de Esgotamento Sanitário em Áreas de Baixa Densidade Demográfica no Estado da Bahia, 1ª Edição, Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2022.
4. CHAVES, V. T. TOMAZ, F. A. CONTRERA, R. C. Avaliação do desempenho de uma tecnologia apropriada para o saneamento rural. Revista DAE, v. 67, n. 220, São Paulo, novembro de 2019. Disponível em: https://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_220_n_1818.pdf. Acesso em 08 de abr. de 2024.
5. SIMIYU, S. Preference for and characteristics of an appropriate sanitation technology for the slums of Kisumu, Kenya. International Journal of Urban Sustainable Development, v. 9, n. 3, p. 300-312. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez10.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/19463138.2017.1325366>. Acesso em 08 de abr. de 2024.
6. DIAS, M. S. B.; PEREIRA, A. C. Tecnologias descentralizadas apropriadas para tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais. ForScience, v. 9, n. 2, p. e00995, jul/dez. 2021. Disponível em: <https://forscience.ifmg.edu.br/index.php/forscience/article/view/995>. Acesso em 12 de abr. de 2024.
7. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP) – with major processing by Our World in Data, 2024.
8. Hannah Ritchie, Fiona Spooner and Max Roser (2019) - “Sanitation” Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/sanitation>' [Online Resource].
9. TRATA BRASIL. Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil. Instituto Trata Brasil, Novembro de 2022.
10. HALIM, Mohd Hazley; MOHAMMED, Abdul Hakim. Identification Of Critical Level Of Assets By Using Analytic Hierarchy Process For Water Assets Management. International Journal Of Technical Research And Applications, [s. l], v. 2, n. 1, p. 54-58, 2014.
11. CARDOSO, M. A. et al. Innovation results of IAM planning in urban water services. Water Science and Technology, v. 74, n. 7, p. 1518–1526, Oct. 2016. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2016.291>.
12. ALEGRE, H.; COELHO, S. T. Infrastructure Asset Management of Urban Water Systems. LNEC - National Civil Engineering Laboratory, Lisbon, Portugal, Capítulo 3, p. 49 – 73, 2013.
13. BELL, S. Renegotiating urban water. Progress in planning, v. 96, p. 1–28, Fev. de 2015.
14. EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. Relação de todos os municípios atendidos com abastecimento de água e esgotamento sanitário no ano de 2023. 2023.