

ANÁLISE DO ASPECTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DE TANQUE SÉPTICO CONVENCIONAL E PRÉ-MOLDADO PARA ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE MILAGRES-CE

Carlos Gardel Belém Dantas Luna¹;

Centro Universitário Paraíso (UniFAP) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/1559355661852498>

Joselania Gonçalves Rats²;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7633732641057594>

Jefferson Macedo do Nascimento³;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5508143271957474>

José Ricardo Temoteo Monte⁴;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2889829481020627>

Joaquim Rodrigues da Silva Neto⁵;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8662641105797350>

Maria Wesline Cardoso Viana⁶;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2198750887845635>

Sarah Luana Maia do Nascimento⁷;

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici.

<http://lattes.cnpq.br/3133681234721596>

Rildson Melo Fontenele⁸;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

Anielle dos Santos Brito⁹.

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

RESUMO: O presente capítulo aborda uma análise da principal fonte poluidora dos corpos hídricos e do meio ambiente que é o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento. Este cenário é bastante crítico em vários municípios do Cariri cearense, principalmente nas zonas rurais onde inexistem os serviços de saneamento básico, identificando-se dessa forma, uma contribuição para problemática de segregação espacial e desigualdade social. Diante do exposto, objetivou-se analisar comparativamente, sob a ótica econômica e ambiental, o sistema de tanque séptico convencional e pré-moldado para residências unifamiliares situadas na zona rural de Milagres, Ceará. A estimativa das vazões dos esgotos domésticos foi realizada com base nos critérios adotados pelo Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e Tabela 1 da NBR 7229/93, para residências de padrão baixo, com 5 pessoas e um consumo *per capita* de 100 L/hab.dia, e a partir desses dados de entrada foi realizado o dimensionamento do tanque séptico, seguido de filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro de acordo com as normas da ABNT, e posterior comparação entre cada orçamento. Foi verificado que o sistema tanque séptico, seguido de filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro em alvenaria seria mais viável, resultando em um orçamento total de R\$ 2697,54, e por se tratar de um sistema que mais se enquadra com a realidade da região da zona rural de Milagres.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico. Tecnologia sustentável. Tratamento de esgoto. Viabilidade técnica.

ANALYSIS OF THE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF CONVENTIONAL AND PRE-CAST SEPTIC TANK FOR RURAL AREAS IN THE MUNICIPALITY OF MILAGRES-CE

ABSTRACTS: This chapter addresses an analysis of the main source of pollution of water bodies and the environment, which is the discharge of untreated domestic sewage. This scenario is quite critical in several municipalities in the Cariri region of Ceará, especially in rural areas where basic sanitation services do not exist, thus identifying a contribution to the problem of spatial segregation and social inequality. In view of the above, the objective was to

comparatively analyze, from an economic and environmental perspective, the conventional and precast septic tank systems for single-family homes located in the rural area of Milagres, Ceará. The estimate of domestic sewage flow rates was performed based on the criteria adopted by the 1 Million Rural Cisterns Program (1MRCP) and Table 1 of NBR 7229/93, for low-standard residences, with 5 people and a per capita consumption of 100 L/inhab.day. Based on these input data, the septic tank was sized, followed by an anaerobic biological filter with upward flow and a sump according to ABNT standards, and each budget was subsequently compared. It was found that the septic tank system, followed by an anaerobic biological filter with upward flow and a masonry sump would be more viable, resulting in a total budget of R\$ 2,697.54, and because it is a system that best fits the reality of the rural area of Milagres.

KEY-WORDS: Basic sanitation. Sewage treatment. Sustainable technology. Technical feasibility.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a principal fonte de poluição dos corpos hídricos superficiais decorrentes do crescimento urbano é o lançamento de esgoto doméstico não tratado. O esgoto gerado por 45% de toda a população brasileira não recebe qualquer tipo de tratamento, aumentando os riscos de poluição e contaminação de rios, lagos e outros mananciais onde os rejeitos são lançados (O Globo, 2017).

O Ceará é o quarto Estado do Nordeste em produção de carga orgânica não coletada e não tratada, por dia. Para agravar a situação, cerca de 91,4 toneladas de esgotos diários não são recolhidas no Estado cearense, ficando atrás da Bahia (183,1 t/dia), Pernambuco (175,9 t/dia) e Maranhão (183,1 t/dia) (Atlas Esgoto, ANA 2017).

Com base nesses dados, é perceptível que os investimentos em coleta, transporte e tratamento dos esgotos domésticos alcançam cada vez mais índices desfavoráveis com reflexos nas condições de saúde pública da população não atendida, como também impactos aos corpos receptores, propiciando doenças de veiculação hídrica e desequilíbrio ao ecossistema aquático.

É importante salientar que este cenário é bastante crítico em vários municípios do Cariri cearense. À medida que as áreas urbanizadas possuem infraestrutura de saneamento básico deficiente, principalmente no quesito de tratamento dos esgotos, nas zonas rurais basicamente inexistem tais serviços, identificando-se dessa forma, uma contribuição para problemática de segregação espacial e desigualdade social.

Em Milagres, localizada no Sul do Estado do Ceará, a insalubridade ambiental ocasionada pelo lançamento de esgotos à céu aberto é comum no centro da cidade e esta situação de desconforto agrava ainda mais em áreas distantes desses centros. Essa situação é preocupante, visto que, além de trazer riscos à saúde da população por

verminoses e parasitoses, os esgotos acabam poluindo o solo e as microbacias, afetando as atividades econômicas locais.

A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre as condições e lançamento de efluentes, estabelecendo em seu artigo 3º que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento, atendendo aos padrões exigíveis.

Segundo dados da Secretaria de Saúde Municipal de Milagres (2019), o índice de diarreia aumenta consideravelmente pela falta de infraestrutura de serviços de saneamento básico, principalmente pelo lançamento de esgotos sem tratamento diretamente no solo.

Apesar do município de Milagres possuir uma população de 25.900 habitantes (IBGE, 2022), a não existência de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) e nem ao menos um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), gera por consequência, uma carência de ações voltadas às políticas públicas na região, contribuindo desta forma, para deficiência desses serviços, inclusive de um sistema de esgotamento sanitário eficiente.

Outra problemática refere-se a rede de drenagem natural, o Riacho dos Porcos, que acaba recebendo diariamente elevadas cargas orgânicas devido aos lançamentos de esgotos domésticos e industriais, especificamente matadouros, sem nenhum tipo de tratamento prévio, afetando direta e indiretamente, as populações ribeirinhas e as atividades econômicas locais.

Nesse sentido, é possível minimizar o lançamento de esgotos domésticos em áreas rurais por meio de sistemas que reduzem a carga poluidora, considerando como principal critério de escolha da tecnologia adequada, a realidade local, os aspectos ambientais, econômicos e sociais, para tomada de decisão quanto às questões de sustentabilidade.

Dessa forma, objetivou-se analisar comparativamente, sob a ótica econômica e ambiental, o sistema de tanque séptico convencional e pré-moldado para residências unifamiliares situadas na zona rural de Milagres, Ceará.

REFERENCIAL TEÓRICO

Saneamento rural

Tangencia-se salientar que o meio rural é heterogêneo, pois ele tem uma constituição variada de comunidades, com especificações próprias variando em cada região do Brasil, as quais exigem formas particulares de intervenção em saneamento básico, comumente quanto as questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações. (Panorama do saneamento rural no Brasil, 2017).

No âmbito nacional, a Lei de Saneamento Básico, de nº 11445/2007, no artigo 48, estabelece *“garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características*

econômicas e sociais peculiares”. No artigo 49, expõe que se deve “*proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados*”. Determina também a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico, ele abrange o Saneamento Básico Integrado, Saneamento Rural e Saneamento estruturante.

Outra estratégia do governo federal é o Programa Nacional de Saneamento Rural, que se refere ao saneamento como meio de promover saúde, erradicar a pobreza e promover desenvolvimento rural solidário sustentável, interligando dessa forma saneamento, meio ambiente e saúde.

Visto que a Lei Federal não tem uma definição clara, assim como na constituição, de quem seriam os titulares do serviço de saneamento, se estados ou municípios, no Ceará a Lei que rege as responsabilidades da promoção e fiscalização do saneamento (nº 14394/2009) deixa duas opções disponíveis, sendo estas: o município não define uma entidade reguladora, sendo atribuída essa responsabilidade a ARCE (Agência Reguladora de Serviços do Estado do Ceará), que concede a prestação de serviço a CAGECE (Companhia de Água e Esgotos do Ceará), ou alguma autarquia municipal para prestação de serviços de água e esgotos, no caso de Milagres o órgão incumbido para isso é a AMAEM (Autarquia Municipal de Água e Esgotos de Milagres).

Tanques sépticos

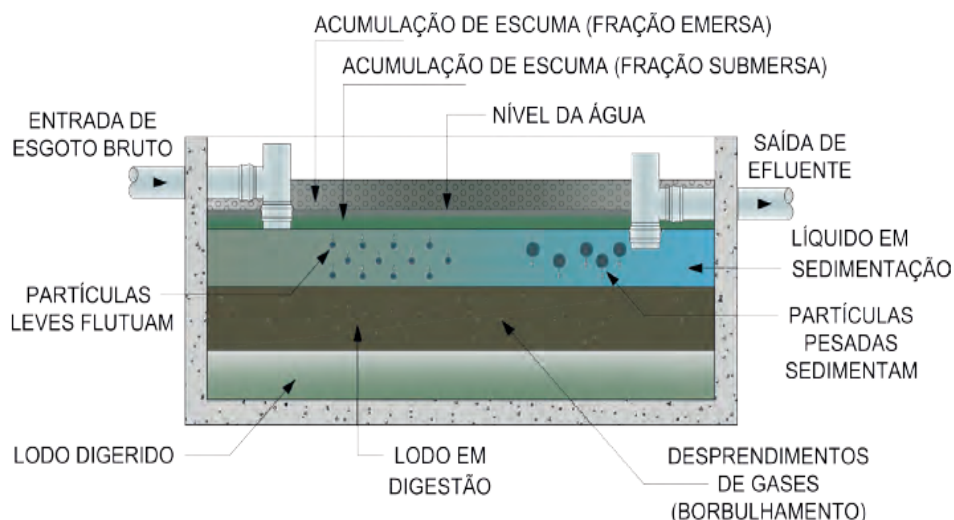
De acordo com a NBR 7229/93 da ABNT, são apresentadas as diretrizes exigíveis de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado.

“O tanque séptico (TS) é considerado um bom reator para o tratamento primário dos esgotos, se dimensionado e implantado adequadamente, além de ser de fácil operação, construção e baixo custo econômico” (Manual da FUNASA, 2015).

O princípio de funcionamento dos tanques sépticos baseia-se na união das funções dos decantadores e digestores em um mesmo conjunto, evidenciando a ocorrência de várias funções paralelamente, como no caso, da decantação, sedimentação, flotação dos sólidos dos esgotos, aviltamento e absorção dos sólidos sedimentados e do material flutuante. Sendo ainda proporcionado o tratamento anaeróbio da fase líquida, conforme a mistura natural do lodo com os esgotos.

Na Figura 1 encontra-se um esboço desse funcionamento (ADAMS, 2012).

Figura 1. Funcionamento geral de um tanque séptico.



Fonte: Manual da FUNASA (2015).

Conforme a NBR 7229/93 da ABNT, “O uso do sistema de tanque séptico somente é indicado para:

- a) Área desprovida de rede pública coletora de esgoto;
- b) Alternativa de tratamento de esgoto em áreas providas de rede coletora local;
- c) Retenção prévia dos sólidos sedimentáveis, quando da utilização de rede coletora com diâmetro e/ou declividade reduzidos para transporte de efluente livre de sólidos sedimentáveis”.

“Alguns critérios são considerados imprescindíveis para o bom funcionamento do tanque séptico, como a altura mínima interna de 1,20 m e o correto posicionamento dos septos de entrada e saída. Estes critérios permitem que o lodo se acumule no interior do tanque séptico, estabelecendo o processo de sedimentação, e após algum tempo de funcionamento, o processo de digestão anaeróbia. Estes são os dois principais processos de tratamento dos esgotos em um tanque séptico, e observa-se sua relação direta com o lodo acumulado em seu interior”. (Operação e Manutenção de Tanques Sépticos-Lodo, 2014).

Diante de estudos já realizados, pode-se determinar a eficiência de fossas sépticas individuais e de câmara dupla, quando projetadas e executadas de forma satisfatória, as quais conseguem alcançar níveis elevados de remoção de alguns parâmetros, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de eficiência entre câmaras únicas e duplas de fossas sépticas.

Parâmetro/Eficiência	Câmara única	Câmara dupla
DBO ₅	40 a 60%	62%
DQO	30 a 60%	57%
Sólidos sedimentáveis	50 a 70%	56%
Óleos e graxas	70 a 90%	55%
Coliformes totais	-	-

Fonte: Nuvolari (2011).

O tanque séptico constitui-se em uma solução técnica, com tratamento compatível à sua simplicidade e custo; por se tratar de um sistema estanque, a sua utilização minimiza a contaminação do solo e do lençol freático. (Rios, 2010).

Alternativas para pós-tratamento de efluentes provenientes de tanques sépticos

Filtros de areia

Segundo a NBR 13969/97 da ABNT, caracteriza-se filtro de areia como um tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física.

Para dimensionamento de filtros de areia adotam-se alguns critérios, como, a taxa de aplicação para calcular a área superficial limita-se a 100 L/dia x m², sendo para aplicação direta dos efluentes do tanque séptico, e 200 L/dia x m² para efluente do processo aeróbio de tratamento. Já em locais cuja temperatura média mensal de esgoto é inferior a 10°C, as taxas citadas anteriormente devem ser limitadas, respectivamente, a 50 L/dia x m² e 100 L/dia x m².

Possui características peculiares quanto ao método construtivo as quais devem atender os seguintes dispositivos:

- a) Sobre a superfície do filtro aberto de areia devem ser admitidas somente as águas das precipitações pluviométricas diretas;
- b) Não devem ser permitidas percolações ou infiltrações de esgotos ao meio externo ao filtro de areia;
- c) Conforme a necessidade local, pode ser empregado o filtro compacto pré-fabricado de pressão em substituição ao filtro aberto. (NBR/ABNT 13969/97).

É de grande importância salientar que o filtro de areia deve ser operado de modo a manter a condição aeróbia no seu interior. E quanto a manutenção dos filtros de areia

deve-se obedecer que quando um dos filtros se encontrar em repouso, naquele deverá ser feita a manutenção a qual procederá com a raspagem e remoção do material depositado na superfície.

Filtro biológico anaeróbio

Conforme a NBR 13969/97 da ABNT, destaca-se filtro anaeróbio como um reator biológico com esgoto em fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submersos, onde atuam microrganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.

Tendo como funcionamento consistente em um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microrganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Este é utilizado mais como retenção dos sólidos.

A variação de temperatura é responsável por afetar todo processo anaeróbio, deixando a sua aplicação com meios mais criteriosos. O processo é eficiente na redução de cargas orgânicas elevadas, desde que as outras condições sejam satisfatórias. Os efluentes do filtro anaeróbio podem exalar odores e ter cor escura.

No dimensionamento do filtro biológico destacam-se vários critérios, como, o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L, a altura do leito filtrante, já incluindo a altura do fundo falso, deve ser limitada a 1,20 m, e a altura do fundo falso deve ser limitada a 0,60 m, já incluindo a espessura da laje.

Sumidouros

De acordo com a NBR 13969/97 da ABNT, o sumidouro é a unidade de depuração e de disposição final do efluente de tanque séptico verticalizado em relação à vala de infiltração. Devido a esta característica, seu uso é favorável somente nas áreas onde o aquífero é profundo, onde possa garantir a distância mínima de 1,50 m (exceto areia) entre o seu fundo e o nível aquífero máximo. Tratando ainda da questão da profundidade, foram utilizados os parâmetros do Quadro 1 para determinar a mesma, através de um pré-dimensionamento.

Conforme a NBR 13969/97 da ABNT, os critérios e as considerações principais seguem aquelas relativas às da vala de infiltração, exceto no que tange ao processo aeróbio, uma vez que se torna difícil manter aquela condição no interior do poço. Por esta razão, a obstrução das superfícies internas do sumidouro é mais precoce. Na ocasião da substituição por outro poço, recomenda-se a exposição ao ar livre das paredes internas do sumidouro substituído, durante pelo menos seis meses, tomando-se o cuidado de não ocorrer acidentes, para permitir a recuperação da capacidade de infiltração.

Quadro 1. Coeficiente de infiltração.

FAIXA	CONSTITUIÇÃO PROVÁVEL DO SOLO	COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO L/M ² xdia ¹¹	ABSORÇÃO RELATIVA
1	Rochas, argilas compactas de cor branca cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada	menor que 20	Impermeável
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marron medianamente compactas, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40	Semi-impermeável
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areias argilosas ou siltes argilosos de cor amarela, vermelha ou marron	40 a 60	Vagarosa
4	Areia ou silte argiloso, ou solo arenoso com húmus e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes	60 a 90	Média
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalhos	maior que 90	Rápida

Fonte: Jesus (2011).

METODOLOGIA

Delineamento da pesquisa

O trabalho foi desenvolvido por base de pesquisa qualitativa, baseadas em pesquisas bibliográficas em artigos, dissertações e teses, para melhor embasamento teórico sobre o tratamento dos esgotos e seu dimensionamento.

Foram utilizados como fonte, os dados disponibilizados em sites como IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010 e IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará 2012 e 2017, além de normas da ABNT como as NBRs 13969/97 e 7229/93, para dimensionamento e caracterização dos meios de tratamentos propostos.

Destaca-se também a pesquisa como quantitativa porque está relacionada a pesquisa de campo, coleta de dados junto a Secretaria Municipal de Saúde de Milagres, AMAEM (Autarquia Municipal de Água e Esgotos de Milagres), Casa Civil da Prefeitura Municipal de Milagres e visitas de campo para conhecimento da realidade local.

Localização da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no município de Milagres, com uma área de 546,64 Km², localizada na região sul do Estado do Ceará, com sede municipal na posição geográfica 7° 18' 48" de latitude ao sul e 38° 56' 44" de longitude ao oeste, conforme Figura 2 (IPECE, 2012).

Figura 2. Mapa de localização e acesso do município de Milagres



Fonte: Instituto de Pesquisa Estratégica Econômica do Ceará-IPECE (2002)

A zona rural do município de Milagres é composta por 82 sítios e 4 distritos, conforme informações coletadas no mapeamento do Projeto Atlas de Divisas Municipais Georreferenciadas do Estado do Ceará, conforme Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Relação dos sítios que pertencem a zona rural do município de Milagres.

SÍTIOS			
Água Vermelha	Carnaúba dos Patrícios	Manoel Alves	Poço do Boi
Alto da Areia	Carnaubinha	Mata	Rama
Aningas	Coqueiro	Melo	Rompe Gibão
Baixio do Lima	Corredores	Moquém	Saco
Barreiro Branco	Ema	Morcego	Salobro
Barreiros	Esmeralda	Mororó	Santa Catarina
Batedor	Exu	Nazaré	São Domingos
Belém	Feijão	Oitis	Serra Brava
Boa vista	Gameleira	Olho D'água	Tabocas
Brejinho	Geral	Olho D'água Cercado	Taboquinha
Brejo Seco	Jenipapeiro	Olho D'água Comprido	Tamanduá
Cabeça do Boi	Jorge	Olho D'água da Igreja	Tanques
Cabeceiras	Juazeirinho	Olho D'água da Vaca	Tinguizinho
Cajazeirinha	Junco	Olho D'água do Chico	Triângulo
Cajueiro	Jurema Grande	Olho D'água dos Cavalos	Unha de Gato
Cajuí	Jureminha	Passagem de Pedra	Valdivino

Caneira	Lagoa de São Domingos	Pau dos Ferros	Varjota
Canto do Mel	Lagoa do Mato	Picada	Varzinha
Capim	Malhada	Pilar	Veneza
Caracol	Mamoeiro	Poço Cercado	Vila Carrapicho
Carnaúba	Mandacaru		

Fonte: Prefeitura Municipal (2019)

Tabela 3. Relação dos distritos que pertencem a zona rural do município de Milagres-CE

DISTRITOS
Café da Linha
Fronteiro
Padre Cícero
Rosário

Fonte: Prefeitura Municipal (2019)

Características da zona rural de Milagres

Número de pessoas por domicílio

Iniciado em julho de 2003, o Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do Semiárido, através do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, envolvimento e capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. Os beneficiários deste programa federal são famílias residentes na zona rural dos municípios da região semiárida brasileira, sem fonte de água potável nas proximidades de suas casas, ou com precariedade nas fontes existentes (ASA, 2019).

Conforme o Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), uns dos critérios adotados para que famílias sejam contempladas com as cisternas de placas é que em cada domicílio rural tem uma média de cinco pessoas.

Vazões dos esgotos domésticos

Para determinar a vazão dos esgotos domésticos é necessário fazer a relação entre o número de pessoas a serem atendidas, representada pela letra N, e a contribuição de despejos em litros/hab.dia, representada pela letra C conforme Tabela 1 da NBR 7229/93.

Para esse capítulo, será considerado um padrão baixo, devido à localização das futuras instalações situarem-se em zona rural, tanto pela elevada escassez de água, quanto à falta de rede de distribuição de água tratada e baseando-se no Programa de 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), na qual, utiliza como critério um padrão familiar de 5 pessoas.

Tanque séptico

Os parâmetros a seguir, são discriminados conforme o conjunto de Tabelas da NBR 7229/93. Sendo exposto na Tabela 1 a contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (L_f) por tipo de prédio e de ocupante.

Na Tabela 2, está presente a relação do período de retenção dos despejos (T), por faixa de contribuição diária em litros.

Já na Tabela 3, encontra-se a taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio. Por fim, na Tabela 4, encontra-se a profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil.

Conforme a NBR 7229/93, segue a Equação 1 para o cálculo do volume do tanque séptico:

$$V = 1000 + N (C \cdot T + K \cdot L_f) \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

N = Número de pessoas a serem atendidas;

V = Volume útil, em litros;

C = Contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia;

T = Período de retenção, em dias;

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco;

= Contribuição de lodo fresco, em litros/pessoa x dia ou litro/unidade x dia.

De acordo com a Tabela 4 da NBR 7229, determina-se a largura (L), comprimento (B) a partir da profundidade útil (h) estimada em função do volume útil e da largura interna mínima (w), conforme o roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro, adotou-se a Equação 2 (Fernandes, 2019).

$$L = V/(h \cdot w) \quad \text{Equação (2)}$$

A relação L/W de 2:1 a 4:1, onde o comprimento será duas a quatro vezes a largura. Dessa forma, tem a Equação 3, conforme o roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro:

$$\text{Relação} = L/(w) \quad \text{Equação (3)}$$

Sumidouro

Para dimensionamento do sumidouro, fez-se uso das equações extraídas do roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro que seguem abaixo, sendo a Equação 4 utilizada para calcular o volume de esgoto da residência. Com a Equação 5, calcula-se a área das paredes do sumidouro. Já com a Equação 6, determina-se a profundidade do sumidouro, e a Equação 7, o volume do mesmo (Fernandes, 2019).

$$V_e = N \times C \quad \text{Equação (4)}$$

$$A_f = V_e / C_i \quad \text{Equação (5)}$$

$$A_f = \pi \times D \times h \quad \text{Equação (6)}$$

$$V = (\pi \times D^2) / 4 \times h \quad \text{Equação (7)}$$

3.7 Filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente

O volume útil do leito filtrante V_u , em litros, é obtido pela equação (8), conforme a NBR 13969/1997:

$$V_u = 1,6 \times N \times T \times C \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

N = Número de contribuintes;

C = Contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia;

T = Período de retenção, em dias.

A altura do fundo falso equivale a 0,60 m, contando com a espessura da laje, e a altura do leito filtrante, incluindo-se a altura do fundo falso, limita-se a 1,20 m. A norma estabelece ainda que o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L.

A altura total do filtro anaeróbico, em metros, é obtida pela Equação (9), conforme a NBR 13969/1997:

$$H = h + h_1 + h_2 \quad \text{Equação (9)}$$

Sendo que:

H - Altura total interna do filtro anaeróbio;

h - Altura total do leito filtrante;

h₁ - Altura da calha coletora;

h₂ - Altura sobressalente (Variável).

Para dimensionamento do filtro anaeróbio, baseou-se nas Tabelas da NBR 13969/97, adotando os seguintes parâmetros:

- Para o cálculo da contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (C), baseou-se na Tabela 3 da NBR 13969/97;
- Para o período de detenção, em dias (T), utiliza-se a Tabela 4 da NBR 13969/97;
- Para determinar a altura total do filtro anaeróbio, em metros, orienta analisar o anexo B, Figura B.5 da NBR 13969/97.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dimensionamento do tanque séptico

Para o dimensionamento do sistema, os parâmetros de projeto foram adotados conforme Tabelas 1, 2 e 3 presentes na NBR 7229 (1993). Admitindo-se 5 pessoas por residência, que o sistema será dimensionado para residências de baixo padrão, local apresenta temperatura média maior que 20° no mês mais frio e serão feitas limpezas a cada 4 anos. Foram obtidos os seguintes resultados: C = 100 L/pessoa.dia e L_f = 1.

Na obtenção do período de detenção (T), conforme a Tabela 2 da NBR 7229, foi necessário usar a relação entre a quantidade de pessoas e a contribuição diária de esgotos: N x C = 5 x 100 = 500 L/dia.

Estabelecendo a contribuição diária (T) até 1500 L, e obtendo um tempo de detenção hidráulico, será de 1 dia.

Para a taxa de acumulação total de lodo (K), usa-se a Tabela 3 da NBR 7229, e no projeto, adota-se um intervalo de limpeza de 4 anos, com uma temperatura (t) superior a 20 °C, obtêm-se o K = 177.

Nesse sentido, calcula-se o volume útil do tanque séptico:

$$V = 1000 + N (C.T + K.L_f)$$

$$V = 1000 + 5 (100.1 + 177.1)$$

$$V = 2.385 \text{ litros} = 2,4 \text{ m}^3$$

A profundidade útil será na faixa de $1,20 \leq h \leq 2,20$ m para volume útil de até 6 m^3 . Ao adotar uma profundidade útil $h = 1,2$ m, e $w = 1,0$ m, encontrou o seguinte comprimento, conforme Equação 8:

$$L = 2,4/(1,2 \times 1,0)$$

$$L = 2 \text{ m}$$

A relação L/W de 2:1 a 4:1:

Relação = 2/1

A altura total (H) foi obtida pelo acréscimo do valor da borda livre ao tanque séptico, na qual foi adotado 0,25m, perfazendo uma altura total ($h+0,25\text{m}$) de 1,45 m.

Dimensionamento do sumidouro

Para o cálculo do volume de contribuição de esgoto da residência, tem-se:

$$V_e = 5 \text{ hab} \times 100\text{L/hab.dia} = 500\text{L/dia}$$

Quanto a área das paredes do sumidouro (A_f) e coeficiente de infiltração (C_i) de água no solo, adotou-se o coeficiente de $75\text{L/m}^2.\text{dia}$, conforme Tabela 7 da NBR 7229.

$$A_f = V_e / C_i$$

$$A_f = 500/75 \approx 6,67\text{m}^2$$

Para a determinação da profundidade do sumidouro, adotou-se o diâmetro de 1,2 m, portanto, têm-se:

$$A_f = \pi \times D \times h$$

$$6,67 = \pi \times 1,2 \times h$$

$$h = 1,769 \approx 1,8\text{m}$$

$$V = (\pi \times D^2)/4 \times h$$

$$V = (\pi \times 1,2^2)/4 \times 2$$

$$V = 2,262\text{m}^3 \approx 2,3$$

Tabela 4. Dimensões do tanque séptico e sumidouro

	Largura/Diâmetro(m)	Comprimento(m)	Altura(m)	Volume(m³)
Tanque séptico	1,0	3,0	1,2	2,4
Sumidouro	1,2	-	1,8	2,3

Fonte: Luna *et al.* (2025)

Dimensionamento do filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente

Para calcular o volume útil do filtro, basou-se nos parâmetros estabelecidos na NBR 13969/97.

Conforme a Tabela 3 da NBR 13969, que especifica a contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes, taxa-se que a casa de padrão baixo possui uma contribuição de 100L/pessoa. No entanto, a contribuição será $C = 100\text{L/pessoa}$, portanto utilizou-se a seguinte relação:

$$N \times C = 5 \times 100 = 500 \text{ litros}$$

Para que possa ser dimensionado o período de detenção baseado na Tabela 4 da NBR 13969, vazão de até 1500 L/dia e uma temperatura do mês mais frio entre 15 °C e 25 °C, o período de detenção é de 1 dia.

Com esses dados, calcula-se o volume útil do leito filtrante (V_u), em litros:

$$V = 1,6 \times N \times C \times T$$

$$V = 1,6 \times 5 \times 100 \times 1$$

$$V = 800 \text{ L} = 0,8 \text{ m}^3$$

Conforme nota da NBR 13969, o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L. Em relação à altura do leito filtrante, já incluindo a altura do fundo falso, deve ser limitada a 1,20 m. De acordo com a norma supracitada, a altura do fundo falso deve ser limitada a 0,60 m, já incluindo a espessura da laje.

Entretanto, adotou-se um diâmetro útil = 1,16 m e uma altura = 1,20 m. Assim, calcula-se a área:

$$A_c = \pi \times r^2$$

$$A_c = \pi \times 0,58^2$$

$$A_c = 1,0568 \approx 1,06 \text{ m}^2$$

Dimensões de projeto:

$$\text{Área} = 1,06 \text{ m}^2$$

$$\text{Profundidade} = 1,2 \text{ m}$$

Com esses dados, pode-se obter o volume:

$$\text{Área} \times \text{Profundidade} = 1,06 \times 1,2 = 1,27 \text{ m}^3$$

Importante lembrar que para o filtro anaeróbio deve obedecer ao mesmo período de limpeza da fossa séptica, no caso, como dimensionado o período de limpeza de 4 anos.

Orçamentos

Os orçamentos foram executados baseados nas dimensões de cada elemento, adotando as composições da tabela de custos – Versão 26.1 – Enc. Sociais 85,20%, da SEINFRA (Secretaria de Infraestrutura), os quais estão discriminados nos apêndices desse artigo.

Análise dos métodos

Método convencional

É considerado o método mais disseminado devido ao baixo custo, sendo conhecido pelo emprego da alvenaria. Portanto, a mão de obra empregada na instalação nem sempre é especializada, podendo o sistema ficar prejudicado. O grande transtorno do emprego da alvenaria é garantir a estanqueidade dos tanques sépticos. Tendo como o ponto mais crítico da instalação a base do tanque executada em blocos. Entretanto, a norma estabelece que a laje e a junta formem uma só peça de concreto, sendo que as juntas em blocos só serão aceitas se a laje de fundo completar toda a base do tanque.

Tem-se como a primeira atividade antes do emprego de qualquer método construtivo a escavação da vala, logo após é realizado o lastro de concreto do fundo do tanque séptico que na maioria dos casos obedece a uma proporção de 1:3:4, cimento, areia e

brita respectivamente. Após o lançamento do lastro de concreto é realizada a alvenaria com tijolos maciços de 1/2 vez assentados com argamassa de traço de 1:3, cimento e areia respectivamente, logo após são assentadas as tubulações de entrada e saída, consequentemente o revestimento das paredes com argamassa de traço de 1:3, cimento e areia, e com o auxílio de uma nata de cimento e água para facilitar a impermeabilização dele.

Para o sumidouro, praticamente segue as mesmas etapas construtivas do tanque séptico, sendo que no fundo do sumidouro é colocada uma camada de brita miúda, conforme Manual de Saneamento da FUNASA (2015). No assentamento dos tijolos, em alguns casos, faz uso de cinta de amarração e eles são assentados em crivo.

Método com placas pré-moldadas

O sistema em placas pré-moldadas fica consideravelmente mais caro comparado aos demais sistemas devido a questão do peso da peça como também o transporte, por causa dessas objeções implicará, consequentemente, no tempo de execução. Um dos fatores também que evidenciam o alto custo é a questão do material empregado, assim como, também o emprego de mão de obra mais qualificada comparada com a que é trabalhada nos demais sistemas.

Método de anéis de concreto

Os anéis de concreto facilitam a entrada da água em estações de tratamento de esgoto. É produzido em concreto armado e é disponibilizado em várias dimensões. Além disso, auxilia no escoamento de materiais descartados. Segue praticamente a mesma doutrina da alvenaria na questão que a mão de obra empregada não precisa de tantos requisitos quanto a especialização, mas que esses anéis de concreto precisam ser transportados até o local, com isso afetar o tempo de execução.

Análise do aspecto econômico

A Tabela 5, a seguir, aponta os orçamentos comparativos dos sistemas de tanque sépticos (TS), sumidouro e filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente (FBA).

Tabela 5. Orçamento comparativo dos sistemas.

Sistemas de tratamento	Método	Orçamento R\$
TS + Sumidouro	Convencional (Alvenaria)	2039,25
	Placa pré-moldada	3187,80
	Anéis de concreto	1969,46
TS + FBA	Convencional	2120,28
	Placa pré-moldada	2801,04
	Anéis de concreto	1879,42
TS + FBA + Sumidouro	Convencional	2697,54
	Placa pré-moldada	4081,55
	Anéis de concreto	2439,18

Fonte: Luna *et al.* (2025)

Segundo Tisaka, (2006), estabelece para orçamento os valores de 60% e 40%, referentes a materiais e mão de obra, portanto é apresentado na Tabela 9 os valores referentes a 60% dos materiais empregados.

Quanto ao comparativo exposto na Tabela 9, na questão orçamentária, orienta-se como o meio mais viável a junção dos três sistemas que são, tanque séptico, filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro, executados em alvenaria, tornando assim o mais adequado com a realidade da zona rural de Milagres, facilitando a execução do sistema devido a presente mão de obra local, e tangenciando, assim, na questão da satisfatória eficiência no tratamento de esgotos domésticos de residências unifamiliares.

Análise do aspecto ambiental

Segundo Andrade Neto (1997), os tanques sépticos suportam variações de cargas de esgotos domésticos. É uma tecnologia de fácil instalação, fácil operação e simples manejo, adequadas às comunidades rurais. Dentre o processo operacional, é um sistema que não necessita de inóculo de lodo, não perde eficiência, capta choque tóxicos em recuperação rápida (Zago, 2016; Ávila, 2005).

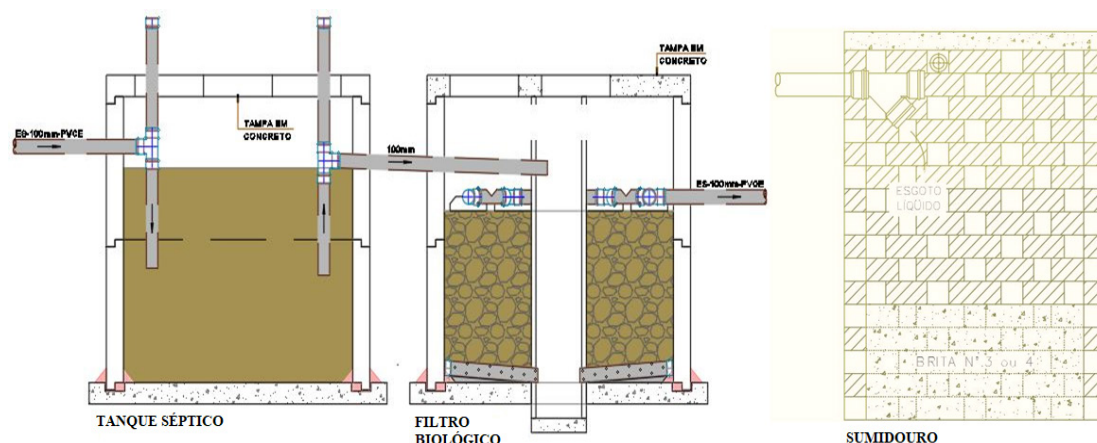
Quanto aos filtros anaeróbios, segundo Zago (2016) e Ávila (2005), possuem configurações flexíveis propiciando liberdade de projeto. Não há um consumo de energia no processo. Sendo um sistema de fácil operação e simples manejo, que possui uma eficiência significativa na remoção de poluentes e produz uma quantidade de lodo inferior ao de sistemas aeróbios.

Vale ressaltar, que o filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente tem como característica específica, o tempo de contato entre o biofilme e o efluente, devido ao lodo em sustentação e são indicados principalmente para esgotos com baixa concentração de matéria orgânica. O seu eixo suporte possibilita uma grande quantidade de biomassa e evita o carreamento dos sólidos na saída da tubulação, permitindo que o esgoto saia clarificado.

A vantagem ambiental do sumidouro é que ele permite a infiltração da parte líquida dos esgotos no solo, deverá possuir paredes vazadas e fundo permeável.

A Figura 3 serve como base de um esboço do sistema em conjunto composto por tanque séptico, filtro biológico anaeróbico e sumidouro.

Figura 3. Conjunto tanque séptico, filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro.



Fonte: Luna *et al.* (2025).

CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos nesta pesquisa verificou-se que:

Na escolha de um sistema de tratamento de esgotos domésticos para áreas rurais é de suma importância considerar a análise dos parâmetros relacionados aos aspectos ambientais e econômicos do sistema como: fácil manutenção, simples manejo, eficiência e economia.

A estimativa das vazões dos esgotos domésticos foi realizada com base nos critérios adotados pelo Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e Tabela 1 da NBR 7229/93, para residências de padrão baixo, com 5 pessoas e um consumo *per capita* de 100 L/hab. dia.

O dimensionamento do sistema de tanque séptico e alternativas de pós-tratamento: filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro, foram realizados segundo critérios da NBR 7229/93 e 13.969/97.

Foi verificado que a alternativa mais viável relacionada aos aspectos econômicos ambientais seria tanque séptico, seguido de filtro anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro em alvenaria, resultando em um orçamento total de R\$ 2697,54, por se tratar de um sistema que mais se enquadra com a realidade da região da zona rural de Milagres e também devido ao custo benefício relacionado a mão de obra com elevada qualificação para execução desse serviço.

Apesar do orçamento do sistema de tanque séptico, seguido de filtro anaeróbio de fluxo ascendente e sumidouro em anéis de concreto ser inferior comparando-se com os de alvenaria, totalizando em R\$ 2439,18, ele não se torna adequado para a realidade rural de Milagres, devido a mão de obra restrita. Além disso, seria necessário o deslocamento até a cidade mais próxima para ter acesso ao tipo específico de anel de concreto e o emprego de máquinas para movimentação dessas peças, favorecendo na elevação dos custos e inviabilizando o projeto.

Contudo, com a presente pesquisa foi possível apontar um sistema simples, economicamente viável e ambientalmente adequado para a realidade da zona rural de Milagres, corroborando com uma alternativa que minimize a ausência de saneamento básico relacionado à falta de tratamento de esgotos domésticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, L. **Avaliação da eficiência do tratamento de esgoto doméstico através de tanque séptico de câmara única – Estudo de caso**. 2012. 62 f. Monografia, Graduação em Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí 2012. Disponível: http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1242/TCC_V04_versão%20FINAL%20OFICIAL_REVISÃO%2024%20de%20junho.pdf?sequence=1. Acesso em: 03 jun 2025.

ANA. **Atlas esgotos despolição de bacias hidrográficas**. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ASA 10 ANOS. Disponível em: https://www.senado.gov.br/comissoes/.../AP20090924_ASA_Vida%20Semiarido.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro. 1992.

ÁVILA, R. O. **Avaliação de sistema de Tanques sépticos-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166f. Dissertação (Mestrado em ciências da Engenharia Civil). UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/images/Documento/teses/RenataOliveiradeAvila.pdf>. Acesso em: 03 jun 2025.

BRASIL. Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007. **Dispõe sobre as diretrizes nacionais**

para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Disponível em: <http://www.faccar.com.br/normas-da-abnt/modelos-de-referencia>. Acesso em: 03 jun 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Operação e manutenção de tanques sépticos-lodo:** manual de boas práticas e disposição do lodo acumulado em filtros plantados com macrófitas e desinfecção por processo térmico / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/operacao_manutencao_tanques_septicos_lodo_manual_praticas.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 4 ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il. Disponível em: https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa_funasa_gov_br/Documents/Biblioteca_Eletronica/Engenharia_de_Saude_Publica/eng_saneam2.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

CONAMA. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 03 jun 2025.

FERNANDES, R. O. **Roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro.** Universidade Regional do Cariri-URCA. Juazeiro do Norte-CE, 2019. Disponível em: http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=roteiro_dimensionamento_fossa_sumidouro.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

FUNASA. **O desafio de universalizar o saneamento rural.** 2011. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/blt_san_rural.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

IBGE (2022). Milagres, Ceará. In: IBGE Cidades. Disponível em: [<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/milagres>]. Acessado em: 03 jun. 2025

JESUS, M. S. **Avaliação da destinação final dos efluentes residenciais no bairro Mangabeira Feira de Santana-BA: Estudo de caso.** Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana-BA. Disponível em: <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/MARCELO%20SANTOS%20DE%20JESUS.PDF>. Acesso em: 03 jun 2025.

NUVOLARI, A. *et al.* **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** São Paulo: Edgar Blucher, 2011. 565p.

O GLOBO. **No Brasil, esgoto de 45% da população não recebe qualquer tratamento.** Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/no-brasil-esgoto-de-45-da-populacao-nao-recebe-qualquer-tratamento-21865590>. Acesso em: 03 jun 2025.

Panorama do Saneamento Rural no Brasil. 2017. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>. Acesso em: 03 jun 2025.

Perfil Municipal Milagres 2002. IPECE, 2002. 17p. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/estatistica_geografia/limites_municipais/mapas_projeto_atlas/Mapa%20Milagres.pdf.

Acesso em: 03 jun 2025.

Perfil Municipal Milagres 2012. IPECE, 2012. 18p. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/01/Milagres.pdf>. Acesso em: 03 jun 2025.

Perfil Municipal Milagres 2017. IPECE, 2017. 17p. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Milagres_2017.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

RIOS, F. P. **Avaliação de sistemas individuais de disposição de esgotos e das empresas limpa-fossas na Região Metropolitana de Goiânia.** Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. 108p. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/640/1/DISSERTACAO%20FERNANDA%20POSCH%20RIOS.pdf>. Acesso em: 03 jun 2025.

SEINFRA – SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA. **Tabela Unificada Seinfra.** 2018. Disponível em: <https://sites.seinfra.ce.gov.br/siproce/desonerada/html/tabela-seinfra.html>. Acesso em: 03 jun 2025.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil:** consultoria, projeto e execução. São Paulo: Pini, 2006.

ZAGO, M. **Tratamento de esgoto por fossa séptica e unidades complementares:** Estudo de caso na Cidade de Fraiburgo, SC. 2016. 92f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). UNIARP, Universidade Vale do Rio do Peixe, Caçador, SC. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/ignis/article/view/1414>. Acesso em: 03 jun 2025.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Método convencional - Orçamento do tanque séptico

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Tanque séptico em alvenaria						2.436,66
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,40	46,24	110,98
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	3,00	88,54	265,62
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,30	441,99	132,60
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	3,00	9,65	28,95
1.5	C0077	Alvenaria de tijolo comum c/argamassa mista de cal hidratada 1:2:8 Esp=20 cm	SEINFRA	M2	9,60	146,18	1.403,33
1.6	C0778	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar traço 1:3 Esp=5 mm p/teto	SEINFRA	M2	9,60	10,26	98,50
1.7	C3037	Reboco c/argamassa de cimento e areia peneirada, traço 1:4	SEINFRA	M2	9,60	35,09	336,86
1.8	C2593	Tubo PVC branco p/esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		2.436,66

Fonte: Luna et al. (2025)

APÊNDICE B - Método convencional - Orçamento do sumidouro

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Sumidouro em alvenaria						962,09
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,30	46,24	106,35
1.2	C4592	Alvenaria de embasamento em tijolo cerâmico furado c/ argamassa cimento e areia 1:4	SEINFRA	M3	1,36	480,39	653,33
1.3	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.4	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,13	88,54	100,05
1.8	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		962,09

Fonte: Luna et al. (2025)

APÊNDICE C - Método convencional - Orçamento do filtro biológico anaeróbio

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Filtro biológico em alvenaria						1037,33
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	1,27	46,24	58,72
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,06	88,54	93,85
1.3	C0077	Alvenaria de tijolo comum c/ argamassa mista de cal hidratada 1:2:8 Esp=20 cm	SEINFRA	M2	4,37	146,18	638,81
1.4	C0776	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar traço 1:3 Esp.= 5mm p/parede	SEINFRA	M2	4,37	5,19	22,68
1.5	C3409	Reboco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar, traço 1:4	SEINFRA	M2	4,37	27,67	120,92
1.6	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,11	441,99	48,62
1.7	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	1,16	9,65	11,19
1.8	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.9	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		1097,15

Fonte: Luna et al. (2025)

APÊNDICE D - Método com placas pré-moldadas - Orçamento do tanque séptico

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço uni- tário R\$	Preço total R\$
1	Tanque séptico em placas pré-moldadas						3.178,83
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,40	46,24	110,98
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	3,00	88,54	265,62
1.3	C1901	Peças pré-moldadas (pm) de concreto, Esp.= 5cm	SEINFRA	M2	9,60	268,84	2.580,86
1.4	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,30	441,99	132,60
1.5	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	3,00	9,65	28,95
1.6	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		3.178,83

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE E - Método com placas pré-moldadas - Orçamento do sumidouro

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço uni- tário R\$	Preço total R\$
1	Sumidouro em placas pré-moldadas						2.134,18
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,30	46,24	106,35
1.2	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.3	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,13	88,54	100,05
1.4	C1901	Peças pré-moldadas (pm) de concreto, Esp.= 5cm	SEINFRA	M2	6,79	268,84	1.825,42
1.5	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		2.134,18

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE F - Método com placas pré-moldadas - Orçamento do filtro biológico anaeróbio.

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Filtro biológico em placas pré-moldadas						1.489,57
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	1,27	46,24	58,72
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,06	88,54	93,85
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,11	441,99	48,62
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	1,16	9,65	11,19
1.5	C1901	Peças pré-moldadas (pm) de concreto, Esp.=5cm	SEINFRA	M2	4,37	268,84	1.174,83
1.6	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.7	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		1.489,57

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE G - Método de anéis de concreto - Orçamento do tanque séptico

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Tanque séptico em anéis de concreto						2.349,52
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	4,71	46,24	217,79
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	3,14	88,54	278,02
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,31	441,99	137,02
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	3,14	9,65	30,30
1.5	I6066	anel pré-moldado de concreto, D=2,00m, H=0,50m	SEINFRA	UN	3,00	301,59	904,77
1.6	C0297	Assentamento de tubos em concreto, JE D=2000mm	SEINFRA	M	1,50	481,20	721,80
1.7	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		2.349,52

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE H - Método de anéis de concreto - Orçamento do sumidouro

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Sumidouro em anéis de concreto						932,92
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A CAT. Prof. de 1,51 a 3,00m	SEINFRA	M3	2,30	46,24	106,35
1.2	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.3	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,13	88,54	100,05
1.4	I6065	Anel pré-moldado de concreto, D=1,00m, H=0,50m	SEINFRA	UN	4,00	67,68	270,72
1.5	C0293	Assentamento de tubos em concreto, JE D=1000mm	SEINFRA	M	2,00	176,72	353,44
1.6	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
						Valor orçamento:	932,92

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE I - Método de anéis de concreto - Orçamento do filtro biológico anaeróbio.

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Filtro biológico em anéis de concreto						782,86
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. DE 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	1,27	46,24	58,72
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,06	88,54	93,85
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,11	441,99	48,62
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	1,16	9,65	11,19
1.5	I6065	Anel pré-moldado de concreto, D=1,00M, H=0,50m	SEINFRA	UN	3,00	67,68	203,04
1.6	C0293	Assentamento de tubos em concreto, JE D=1000mm	SEINFRA	M	1,50	176,72	265,08
1.7	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.8	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
						Valor orçamento:	782,86

Fonte: Luna *et al.* (2025)