DETERMINAÇÃO DO TAMANHO IDEAL E ÚNICO PARA TANQUES SÉPTICOS UTILIZADOS EM COMUNIDADES RURAIS

Palavras-Chave: SANEAMENTO RURAL, FOSSA SÉPTICA, COMUNIDADES RURAIS

Autores(as):

HEMILY MELO DE CASTRO, FECFAU – UNICAMP

Prof. Dr. ADRIANO LUIZ TONETTI (orientador), FECFAU – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

No Brasil, na maioria dos casos, as comunidades isoladas lançam seus esgotos em fossas absorventes, muitas delas inadequadas à função de tratamento ou disposição final da água residual (Figueiredo et al., 2019). A denominação "comunidades isoladas" refere-se às populações que, por razões diversas, estão distantes da rede pública coletora de esgoto (Tonetti et al., 2018). Tal distanciamento pode ocorrer devido ao afastamento em relação à sede do município, em razão de difícil acesso, a baixa densidade populacional, a grande dispersão entre as residências ou pode ser ocasionado por uma situação de irregularidade fundiária.

Neste contexto, o tanque séptico é uma ótima alternativa para o tratamento de esgoto. O seu dimensionamento leva em consideração o número de contribuintes, contribuição de despejos per capita, tempo de detenção do afluente e acumulação do lodo (NBR 17076, 2024). Dessa forma, uma simples variação no número de contribuintes ou de produção de esgoto por pessoa acarreta uma mudança do tamanho do sistema. Como consequência, para cada família residente na área rural haverá um tamanho específico para o seu tanque séptico.

A existência de um volume único e ideal de tanque séptico para todas as moradias unifamiliares da área rural eliminaria os cálculos individualizados de dimensionamento, padronizando seu tamanho e facilitando sua implementação e comercialização. Desse modo, a tecnologia se tornaria atrativa e de fácil replicação, podendo facilmente ser instalada em todas as moradias unifamiliares. Neste sentido, no presente artigo buscou-se a determinação de um volume único para o tanque séptico que seja capaz de atender as diferentes moradias unifamiliares existentes na área de estudo localizada no estado brasileiro de Goiás.

METODOLOGIA:

Determinação da distribuição de habitantes por moradia

Na determinação da distribuição da ocupação das moradias da área rural, foram utilizados os dados obtidos no projeto "Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás" (https://sanrural.ufg.br/sobre/) (SanRural, 2024), no qual foram analisados os aspectos populacionais e sanitários de 115 comunidades do estado de Goiás (Brasil). No projeto foi constatado que o número de residentes variava entre 1 e 10 moradores por habitação. A partir disso, foi determinada a distribuição do número de moradores por habitação.

Determinação do volume do tanque séptico

Nesta etapa foi calculado o volume do tanque séptico que seria utilizado no saneamento das comunidades estudadas. Para isso foi empregada a Equação 1 (NBR 17076, 2024), na qual: V é o volume útil (L); N é o número de pessoas contribuintes; C é a contribuição de esgotos por pessoa (L/pessoa.dia); T é o tempo de detenção hidráulica (dias); L_f é a contribuição de lodo fresco (L/pessoa.dia) e K é a taxa de acumulação de lodo (dias).

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

Inicialmente foi fixada uma contribuição de esgoto (C) de 160 L/pessoa.dia, tal valor foi considerado como estando dentro de uma faixa típica para moradores que possuem um padrão socioeconômico alto no Brasil (Cruz et al., 2018 e Cruz et al., 2019). Para a contribuição de lodo fresco (L_f) foi adotado 1 L/pessoa.dia (NBR 17076, 2024). O tempo de detenção hidráulica depende da contribuição diária de esgoto (NBR 17076, 2024) e a taxa de acumulação de lodo foi obtida a partir da temperatura ambiente. Nos cálculos, a remoção de lodo variou de 1 a 5 anos para as residências de 1 a 10 moradores. Logo, foram obtidos 50 valores diferentes de tanque séptico (10 *x* 5).

Determinação dos custos de instalação e manutenção do tanque séptico

Posteriormente, foi determinado o custo para construção e manutenção de cada um destes 50 tanques sépticos. O custo de construção foi obtido a partir dos dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção (SINAPI, 2025), o qual estabelece regras e critérios gerais no Brasil para a elaboração do orçamento como forma de obtenção de referências de custos. Em todos os casos foi adotada a construção em concreto pré-moldado de tanques sépticos circulares. Já para a determinação do custo de remoção de lodo do tanque séptico foi considerada a contratação de um caminhão limpa fossa. Este custo foi estimado para o município de Campinas (Brasil), que possui toda a estrutura para recebimento e tratamento desse tipo de resíduo.

Ao final dessa etapa, considerando os 5 cenários de intervalos de limpeza, foram obtidos os 5 custos totais de construção e manutenção para cada uma das 10 possíveis ocupações de residências. Ou seja, para os 50 volumes de tanque séptico calculados anteriormente, foi calculado o custo de cada um. A partir desse resultado foi determinado o tamanho do tanque séptico e a frequência de remoção de lodo que propiciava o menor custo total para cada uma das situações avaliadas, resultando em 10 volumes de tanque séptico.

Definição de um tanque séptico ideal

Cada um dos 10 tanques sépticos ideais encontrados na etapa anterior foi avaliado não somente para a moradia para a qual foi dimensionado, mas para todas as outras 9 situações existentes. Para que o tanque séptico pudesse respeitar a norma construtiva (NBR 17076, 2024), em cada um dos casos foi alterado o tempo de remoção de lodo. Assim, cada um dos 10 volumes de tanques sépticos deveria atender a totalidade das moradias e o ideal seria aquele que gerasse o menor custo total para o saneamento da área rural estudada e no horizonte de 20 anos.

Variação da contribuição de esgoto e do custo de remoção de lodo do tanque séptico

Nessa etapa todos os cálculos apresentados nos itens anteriores foram repetidos, mas considerando contribuições de despejos iguais a 60, 80, 100, 120 e 140 L/pessoa.dia. Essa avaliação foi baseada no estudo de Figueiredo et al (2019), que constatou que é comum a separação da água cinza da água gerada no vaso sanitário na área rural brasileira. A água cinza acaba sendo usada na irrigação de plantas, ocasionando menores contribuições de esgoto para o tanque séptico. Além disso, o custo de manutenção do tanque séptico foi determinado levando em conta os seguintes valores: R$400, R$600, R$800, R$1000, R$1200, R$1400 e R$1600. Foi adotada essa grande variação de valores devido à disparidade entre as regiões brasileiras no que tange aos aspectos socioeconômicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Determinação da distribuição padrão de habitantes por moradia na área rural de Goiás

A frequência absoluta de habitantes obtido a partir dos dados do projeto “Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás” para moradias de 1 a 10 habitantes foi de 313, 900, 568, 455, 211, 93, 33, 14, 9 e 6, respectivamente, totalizando 2602 residências.

Volume do tanque séptico

Após o cálculo do volume do tanque séptico para todas as moradias (1 a 10 habitantes) variando o intervalo de limpeza (1 a 5 anos) foi obtido o custo de construção e manutenção das 50 possibilidades de sistemas. Na Tabela 1 estão mostrados somente os menores custos (construção e manutenção) para cada uma das ocupações de residência.

Tabela 1: Custo de construção e manutenção no horizonte de projeto de 20 anos para cada uma das ocupações avaliadas no estudo.

Moradores	Intervalo de limpeza (anos)	Volume (L)	Custos em 20 anos (R$)		
			Instalação	Manutenção	Total
1	5	1377	2.157,95	4.930,00	7.087,95
2	5	1754	2.157,95	4.930,00	7.087,95
3	5	2131	2.157,95	4.930,00	7.087,95
4	5	2508	2.965,86	4.930,00	7.895,86
5	5	2885	2.965,86	4.930,00	7.895,86
6	5	3262	2.965,86	4.930,00	7.895,86
7	4	3359	2.965,86	6.162,50	9.128,36
8	5	4016	4.779,23	4.930,00	9.709,23
9	5	4393	4.779,23	4.930,00	9.709,23
10	5	4642	4.779,23	4.930,00	9.709,23

O custo de manutenção referente a remoção do lodo do tanque séptico ao longo dos 20 anos de horizonte de projeto foi o fator que mais interferiu na determinação do menor custo. No município considerado como modelo no presente estudo (Campinas), o custo médio desse serviço foi de R$ 1232,50.

A partir do custo total de 1 tanque séptico para cada tipo de moradia obtido conforme a Tabela 1, avaliou-se o valor total para o esgotamento de todas as moradias da localidade em estudo (2602 residências). Para isso, considerou-se um tanque séptico por residência. Assim, estimou-se que, para as 2602 residências da área rural de Goiás tratarem o seu esgoto durante 20 anos através de tanques sépticos, o custo total foi de R$ 19.199.400,24.

Tabela 2: Custo total no horizonte de projeto de 20 anos para atendimento de todas as residências avaliadas.

Moradores	Volume Útil (L)	Custo para 1 tanque séptico ao longo de 20 anos (R$)*	Número de residências (Figura 2)	Custo total (R$)
1	1377	7.087,95	313	2.218.528,35
2	1754	7.087,95	900	6.379.155,00
3	2131	7.087,95	568	4.025.955,60
4	2508	7.895,86	455	3.592.616,30
5	2885	7.895,86	211	1.666.026,46
6	3262	7.895,86	93	734.314,98
7	3359	9.128,36	33	301.235,88
8	4016	9.709,23	14	135.929,22
9	4393	9.709,23	9	87.383,07
10	4642	9.709,23	6	58.255,38
Total			2602	19.199.400,24

*Instalação e manutenção (Tabela 1).

Definição de um tanque séptico ideal

Nessa etapa foi buscado saber se o volume encontrado para os tanques sépticos em cada um dos casos estudados (Tabela 1) poderia atender a todas as outras 9 possíveis ocupações de residências. Assim, após calcular o custo total em 20 anos utilizando-se cada um dos 10 tanques, foi determinado que o volume obtido para o tanque séptico

adotado para moradias ocupadas por 7 moradores (3359 L) quando empregado para todas as moradias com ocupações de 1 a 10 moradores resultou no menor custo total em 20 anos, R$ 13.103.427,48.

Tabela 3: Custo total para os tanques sépticos da comunidade em estudo utilizando o volume de 3359 L dimensionado para residências ocupadas por 7 moradores

Moradores	Intervalo de limpeza (anos)	Custo para 1 tanque séptico ao longo de 20 anos (R$)		Número de residências	Custo total (R$)
		Manutenção	Construção* + manutenção		
1	20	1.232,50	4.198,36	313	1.314.086,68
2	20	1.232,50	4.198,36	900	3.778.524,00
3	15	1.643,33	4.609,19	568	2.618.021,81
4	10	2.465,00	5.430,86	455	2.471.041,30
5	7	3.521,43	6.487,29	211	1.368.817,89
6	5	4.930,00	7.895,86	93	734.314,98
7	4	6.162,50	9.128,36	33	301.235,88
8	2	12.325,00	15.290,86	14	214.072,04
9	2	12.325,00	15.290,86	9	137.617,74
10	1	24.650,00	27.615,86	6	165.695,16
Total				2602	13.103.427,48

*Custo de construção de R$ 2.965,86.

Extrapolando o intervalo de limpeza (I)

A norma brasileira (NBR 17076, 2024) apresenta como sendo 5 anos o maior intervalo entre as remoções de lodo do tanque séptico, no entanto, na Tabela 3 podemos observar que há intervalos superiores a esse. Para chegar a esses valores foi constatado que há uma relação linear entre o volume do tanque e o intervalo de limpeza. Assim, para cada tipo de moradia (de 1 a 10 moradores) obteve-se uma equação da reta na qual pode-se obter o intervalo de limpeza a partir do volume do tanque séptico. Ressalta-se que o valor máximo de intervalo de limpeza foi fixado em 20 anos.

Variação da contribuição de esgoto e do custo de remoção de lodo do tanque séptico

Até o momento, o cálculo do volume do tanque séptico foi realizado considerando uma contribuição de esgoto (C) de 160 L/pessoa.dia, valor identificado como típico para moradores de áreas rurais brasileiras (Cruz et al., 2018; Cruz et al., 2019). No entanto, esse parâmetro pode variar significativamente entre diferentes regiões do Brasil e do mundo. Por exemplo, segundo Figueiredo et al. (2019a), em determinadas comunidades rurais, cerca de 92% dos moradores realizam a separação entre águas cinza e água proveniente da bacia sanitária. De acordo com os autores, essa prática ocorre porque as águas cinzas apresentam menor carga poluente e, portanto, podem ser direcionadas para um processo de tratamento mais simplificado que propicie sua infiltração no solo. Já os efluentes provenientes do vaso sanitário, por sua maior complexidade, são direcionados para um tratamento mais robusto, tal como o tanque séptico.

Para cada cenário avaliado, foram refeitos todos os cálculos descritos anteriormente, incluindo o redimensionamento dos volumes, o ajuste dos intervalos de limpeza e a fixação dos parâmetros previamente previstos. A interseção entre uma linha e uma coluna específica da tabela 4 aponta, portanto, o volume mais vantajoso para aquele cenário particular. Em geral, observou-se que os volumes ideais variaram entre 3219 L e

3376 L, valores muito próximos dos 3359 L obtidos anteriormente. O maior volume identificado representa apenas 0,5% (17 L) a mais, enquanto o menor é 4,1% (140 L) inferior ao volume ideal previamente definido.

Dessa forma, para as 115 comunidades avaliadas no estado de Goiás (Brasil), o tanque séptico com volume de 3359 L apresenta-se como a melhor alternativa, independentemente da ocupação da residência, contribuição de despejo ou dos custos relacionados à remoção de lodo.

Tabela 4: Volume de tanque séptico ideal que atenda diferentes contribuições de despejo e com diferentes custos de remoção de lodo*.

Contribuição de despejos (L/pessoa.dia)	Custo de manutenção do tanque séptico (R$)						
	400	600	800	1000	1200	1400	1600
60	3370	3370	3370	3370	3370	3370	3370
80	3376	3376	3376	3376	3376	3376	3376
100	3370	3370	3219	3219	3219	3219	3219
120	3376	3376	3376	3376	3376	3376	3376
140	3219	3219	3219	3219	3219	3219	3219
160	3376	3376	3359	3359	3359	3359	3359

*A intersecção entre a linha que contém a contribuição de despejos avaliada com a coluna que representa o custo de manutenção apontará o volume do tanque séptico ideal.

CONCLUSÕES:

O uso do tanque séptico com o volume padronizado de 3359 L demonstrou ser adequada para atender às necessidades de todas as moradias da área rural da área analisada, que abrigam de 1 a 10 moradores por residência. Esse volume foi aquele que apresentou o melhor custo-benefício diante da variação na contribuição de despejos e nos custos envolvidos com a remoção e descarte adequado do lodo.

Além da eficiência econômica, a padronização do volume contribui para simplificar o processo de dimensionamento, construção e implementação dos sistemas de tanques sépticos. Dessa forma, essa abordagem pode facilitar a implementação de soluções de saneamento em todas as moradias da área rural brasileira, contribuindo com a melhoria das condições sanitárias dessa população.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural. – Brasília: Funasa, 2019. 260 p.

FIGUEIREDO, I. C. S.; MIYAZAKI, C. K.; MADRID, F. J. P. LI.; DUARTE, N. C.; MAGALHÃES, T. M.; Tonetti, A. L. Fossa absorvente ou rudimentar aplicada ao saneamento rural: solução adequada ou alternativa precária? REVISTA DAE, v. 67, p. 87-99, 2019d. : https://doi.org/10.4322/dae.2019.057

Luana Mattos de Oliveira Cruz, Adriano Luiz Tonetti, Bianca Graziella Lento Araujo Gomes; Association of septic tank and sand filter for wastewater treatment: full-scale feasibility for decentralized sanitation. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 1 June 2018; 8 (2): 268–277. doi: https://doi.org/10.2166/washdev.2018.094

Luana Mattos de Oliveira Cruz, Bianca Graziella Lento Araujo Gomes, Adriano Luiz Tonetti, Isabel Campos Salles Figueiredo. Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: The influence of an anaerobic filter on maintenance and operational conditions of a sand filter, Ecological Engineering, Volume 127, 2019, Pages 454-459, https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.021

NBR 17076. Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos. Rio de Janeiro. 102 p. (2024).

Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás – SanRural. Universidade Federal de Goiás – UFG. https://sanrural.ufg.br/.

TONETTI, A. L. et al. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP: Biblioteca Unicamp, 2018.