



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v16n12022p02-22

Submetido em: 11 jun. 2020

Aceito em: 26 dez. 2022

.....

Tanque Séptico de Bombonas: Um Sistema Individual de Esgotamento Sanitário

Septic Tank Barrels: A Decentralized System of Sanitary Sewage

Fosa Séptica de Tambores: Un Sistema Individual de Alcantarillado Sanitario

Iágo Prado Cardoso  <https://orcid.org/0000-0002-6473-1377>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Teófilo Otoni/MG - Brasil.

Bacharel em Engenharia Hídrica (2018); Bacharel em Ciência e Tecnologia (2014); Bacharel em Engenharia Civil (2016).

E-mail: iagopradocardoso@gmail.com

Breno Rodrigues Fonseca  <https://orcid.org/0000-0002-7904-6719>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Teófilo Otoni/MG - Brasil (2022).

Bacharel em Ciência e Tecnologia.

E-mail: brenorf11@hotmail.com

Igor Queiroz  <https://orcid.org/0000-0002-1100-2330>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Teófilo Otoni/MG - Brasil.

Bacharel em Ciência e Tecnologia (2019); Bacharel em Engenharia Civil (2021).

E-mail: igorqueirozs70@gmail.com

Elton Santos  <https://orcid.org/0000-0001-5296-4790>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor/Pesquisador no Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia (ICET) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) Campus do Mucuri – Teófilo Otoni/MG – Brasil.

E-mail: elton.santos@ufvjm.edu.br

Resumo: O saneamento básico é considerado como um conjunto de ações que objetivam prevenir doenças e promover a saúde da população. No entanto, apenas 55,00% da população urbana brasileira e 31,30 % dos domicílios rurais dispõem de soluções apropriadas para o tratamento dos efluentes domésticos gerados. Este artigo tem como objetivo orientar futuras replicações do sistema de tanque séptico de bombonas para residências com até 5 moradores em regiões sem esgotamento sanitário adequado. Os materiais necessários à instalação são bombonas plásticas de 240 L, com tampa de rosca, tubos e conexões de PVC e brita. A unidade destinada ao tratamento é o TSB, enquanto a vala de infiltração corresponde a unidade complementar de tratamento e disposição final de efluentes. A retirada, tratamento e disposição de lodo também é previsto no sistema. Com as instruções de fácil entendimento e ilustrações sobre o sistema de tanque séptico de bombonas (TSB) é possível futuras replicações do sistema em regiões sem esgotamento sanitário adequado.

Palavras-chave: Saneamento Básico. Esgotamento Sanitário. Tanque Séptico de Bombonas.

Abstract: The basic sanitation is considered as a set of actions that aim to prevent diseases and promote the health of the society. However, only 55.00% of the Brazilian urban population and 31.30 % of the rural households have appropriate solutions for the treatment of domestic generated effluents. This article has the objective of guiding future replication of the system of septic tank barrels for homes with up to 5 residents in regions without adequate sanitary sewage. The materials needed for installation are plastic barrels of 240 liters, with screw cap, PVC pipes and connections and crushed stone. The unit intended for the primary treatment is the septic tank barrels, while the ditch of infiltration is the complementary treatment and final disposal of effluents. The withdrawal, treatment and disposal of sewage sludge is also provided for in the system. With easy to understand instructions and illustrations on the system of septic tank barrels is possible future replication of the system in regions without adequate sanitary sewage.

Keywords: Basic Sanitation. Sanitary Sewage. Septic tank Barrels.

Resumen: El saneamiento básico se considera como un conjunto de acciones destinadas a prevenir enfermedades y promover la salud de la población. Sin embargo, solo el 55.00% de la población urbana brasileña y el 31.30% de los hogares rurales tienen soluciones apropiadas para el tratamiento de efluentes. artículos del hogar generados. Este artículo tiene como objetivo guiar las futuras réplicas del sistema de fosas sépticas para hogares con hasta 5 residentes en regiones sin saneamiento adecuado. Los materiales necesarios para la instalación son tinajas de plástico de 240 L, con tapón de rosca, tubos y conexiones de PVC y grava. La unidad de tratamiento es la TSB, mientras que la zanja de infiltración corresponde a la unidad de tratamiento complementario y a la disposición final de los efluentes. La eliminación, el tratamiento y la disposición de lodos también están previstos en el sistema. En las ilustraciones del sistema TSB es posible futuras réplicas del sistema en regiones sin saneamiento adecuado.

Palabras clave: Saneamiento. Alcantarillado. Fosa Séptica de Bombonas.

1 Introdução

No Brasil, o saneamento básico é associado aos direitos sociais pela Constituição de 1988. Segundo as cláusulas constitucionais, definidas no Inciso IV do Artigo 200, é atribuição do Sistema Único de Saúde (SUS) “[...] participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico;” (BRASIL, 1988). Assim, o saneamento passa a ser considerado, pela Constituição Federal, como um conjunto de ações que objetivam prevenir doenças e promover a saúde da população.

Ainda de acordo com os preceitos constitucionais, as responsabilidades quanto as medidas do saneamento básico, estão definidas no Inciso IX do Artigo 23, “É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios” “[...] promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”. No entanto, a Constituição não define, de maneira clara, as ações de cada esfera governamental no que se refere ao setor, apenas estabelece que compete a União instituir diretrizes para o desenvolvimento do saneamento (BRASIL, 1988).

Apesar do avanço constitucional, apenas em 2007 o marco legal para o setor de saneamento básico, a Lei nº 11.445, foi aprovada estabelecendo as diretrizes e a Política Federal para o setor. No inciso I do Artigo 2º da referida lei, saneamento básico é entendido como conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas

(BRASIL, 2007). Desta maneira, o conjunto de ações de saúde preventiva é definido de maneira mais específica e técnica.

Entre as quatro vertentes do saneamento básico, o esgotamento sanitário apresenta dados bastante preocupantes. No cenário nacional, 55,00% da população urbana pode ser considerada provida com atendimento adequado de esgotamento sanitário (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2017). Enquanto, apenas 31,30 % dos domicílios rurais dispõe de soluções apropriadas para o tratamento dos efluentes domésticos gerados (RESENDE et al., 2018). Para compreender o significado de condições adequadas de esgotamento sanitário, a Lei 11.445/2007 preconiza a seguinte definição:

Constituído pelas atividades, pela disponibilização e pela manutenção de infraestrutura e das instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até a sua destinação final para a produção de água de reuso ou o seu lançamento final no meio ambiente (BRASIL, 2007).

A outra parcela da população brasileira utiliza soluções precárias de esgotamento sanitário, ou seja, fossas rudimentares, valas a céu aberto, lançamento direto em cursos d'água e galerias de águas pluviais (Secretária Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA, 2016). Quando a análise é focada na região urbana, 18,00 % têm seu esgoto coletado e não tratado e 27,00 % sem serviço de esgotamento sanitário (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2017). Na área rural, 68,70 % dos domicílios despejam os efluentes em fossas rudimentares, lançam nos cursos d'água ou diretamente no solo a céu aberto (RESENDE et al., 2018).

A falta de esgotamento sanitário adequado resulta em problemas sociais, ambientais e econômicos. Por exemplo, o lançamento de efluentes sanitários, com alto teor de matéria orgânica, nos corpos hídricos, resulta no consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos aeróbios gerando a mortandade da fauna aquática aeróbia (VON SPERLING, 2014). A disseminação de doenças de veiculação hídrica, escassez de água de boa qualidade e aumento do custo de tratamento de água para abastecimento público são outros exemplos de impactos devido à falta de adequabilidade de esgotamento sanitário (PIMENTA *et al.*, 2002; FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA, 2006).

Face a essa realidade, corrobora a necessidade de se desenvolver e, ou, adaptar tecnologias de tratamento de efluentes. O sistema de tanque séptico de bombonas apresenta-se como uma técnica promissora, devido a sua simplicidade de implantação e operação, atrelado ao baixo custo de implementação e grande importância para contribuir com o déficit sanitário (CORNELLI *et al.*, 2014; FRANCO *et al.*, 2016). Este artigo tem como objetivo orientar futuras replicações do sistema para residências com até 5 moradores em regiões sem esgotamento sanitário adequado.

2. Material e Métodos

O sistema de tanque séptico de bombonas foi construído na região rural do Município de Teófilo Otoni, no estado de Minas Gerais, Brasil. A comunidade denominada Córrego Suíça 2 está localizada entre as coordenadas 17°53'04.1“S/41°28'52.6” W.

2.1. Material

Os materiais necessários à instalação de um sistema de tanque séptico de bombonas para residências com até 5 habitantes, considerando que as instalações prediais de esgoto estão concluídas (inclusive coletor predial), são apresentados na Figura 1:

Figura1. Materiais do sistema de tanque séptico de bombonas



Fonte: Fonte: Autores (2020).

Os materiais utilizados no sistema são apresentados na Tabela 1, na qual são informados o tipo de material, quantidade, bem como o valor dos materiais e da mão de obra utilizada em sua construção.

Tabela 1. Planilha orçamentária do projeto e execução de sistema de tanque séptico de bombonas

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA					
PROJETO E EXECUÇÃO DE SISTEMA DE TANQUE SÉPTICO DE BOMBONAS					
ITE M	DESCRIÇÃO	UNIDADE	VALOR SERVIÇOS: R\$ 1.561,50		
			QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
1	HIDRÁULICA E CONEÇÕES				
1.1	Tubo esgoto PVC 100 mm (metro)	m	3,00	11,00	33,00
1.2	Tubo esgoto PVC 100 mm x6 metros	un	1,00	51,50	51,50
1.3	Tubo esgoto PVC 40 mm (metro)	m	2,00	4,00	8,00
1.4	Joelho 90° esgoto 100 mm	un	4,00	4,23	16,92
1.5	Joelho 90° esgoto 40 mm	un	1,00	1,12	1,12
1.6	Tê esgoto 100 mm	un	4,00	7,78	31,12
1.7	Adaptador cx d'água 40 mm (flange)	un	1,00	14,00	14,00
1.8	Registro esfera com flange 60 mm	un	1,00	100,00	100,00
					255,66
2	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO				
2.1	Brita nº 1 ensacada	latas	25,00	5,56	139,00
2.2	Brita nº 0 ensacada	latas	2,00	5,56	11,12
2.3	Cimento CP-III RS c/ 50 kg	un	1,00	25,56	25,56
2.4	Areia lavada ensacada	latas	3,00	3,89	11,67
2.5	Tijolo furado 9x19x24 8 furos	un	20,00	0,69	13,80
2.6	Vergalhão 4.2	barra	1,00	10,00	10,00
					211,15

3	OUTROS MATERIAIS				
3.1	Bombonas plásticas de 240 L com tampa de rosca	un	3	100,00	300,00
3.2	Silicone Bor. Casc. Flexite acet. Ug. 280 g	un	1	13,50	13,50
3.3	Cola PVC Frasco c/pincel 175 g	un	1	8,89	8,89
					322,39
4	MÃO DE OBRA				
4.1	Ajudante de obras	dias	2	80	160,00
4.2	Bombeiro hidráulico	dias	2	150	300,00
					460,00
5	Benefícios e despesas indiretas (BDI)				
	25% de BDI				312,30
					1.561,50
			TOTAL GERAL		

Fonte: Autores (2020).

Na Figura 2, são apresentadas as bombonas que servem de unidade de tratamento para os efluentes domésticos. O adaptador flange, descrito no item 1.7 da planilha orçamentária, é apresentado na Figura 3. O registro gaveta com flange de 60 mm, utilizado como dispositivo de descarga de lodo, é apresentado na Figura 4.

Figura 1. Três bombonas plásticas de 240 L, com tampa de rosca



Fonte: Autores (2020).

Figura 2. Adaptador flange de PVC de 40/1”/1/4”



Fonte: Autores (2020).

Figura 3. Registro esfera com flange de 50 mm



Fonte: Autores (2020).

2.2. Dimensionamento do tanque séptico de bombonas

O dimensionamento de um tanque séptico consiste no cálculo do volume útil necessário ao correto funcionamento do reator (Equação 1), ou seja, corresponde “à somatória dos volumes destinados à digestão, decantação e armazenamento de espuma” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1993).

$$V = 1000 + N(C \times T + K \times L_f) \quad (1)$$

Em que:

V - volume útil, em Litros (L)

N - número de habitantes (hab)

C- contribuição diária de esgoto, em $L \cdot uni^{-1} \cdot dia^{-1}$

T - tempo de detenção hidráulica, em dias

K - taxa de acumulação total de lodo, em dias

L_f - contribuição de lodo fresco, em $L \cdot uni^{-1} \cdot dia^{-1}$

O primeiro passo para determinar o volume útil do sistema é estabelecer a contribuição diária de esgoto ($C = 100 L \cdot uni^{-1} \cdot dia^{-1}$) e a contribuição de lodo fresco ($L_f = 1 L \cdot uni^{-1} \cdot dia^{-1}$). Pode-se adotar valores de acordo com a Tabela 2, considerando-se como elemento de projeto o padrão da residência contribuinte como baixo. A contribuição diária é a vazão *per capita* de esgoto, deve-se considerar o número de moradores a serem atendidos pelo sistema e o consumo local de água. O lodo fresco refere-se a parcela de sólidos presentes no esgoto afluyente, com características domésticas, que, após a sedimentação, vem a acumular no fundo do tanque (ABNT, 1993; VON SPERLING, 2014; CHERNICHARO, 2016).

Tabela 2. Contribuições unitárias de esgotos e de lodo fresco por tipo de prédio e de ocupantes

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos $L \cdot uni^{-1} \cdot dia^{-1}$	Contribuição de lodo fresco $L \cdot uni^{-1} \cdot dia^{-1}$
1. Ocupantes permanentes -residências			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão médio	Pessoa	130	1
Padrão baixo	Pessoa	100	1

Fonte: ABNT, 1993. Adaptado.

O período de detenção ($T = 1 \text{ dia}$) é o tempo médio de permanência da parcela líquida do esgoto dentro da zona de decantação do tanque séptico (ABNT, 1993). O período mínimo de detenção hidráulica é variável, em função da vazão diária de efluentes, conforme a Tabela 3. A vazão diária ($Q = N \times C$), em $L \cdot dia^{-1}$, equivale ao produto do total de moradores ($N = 1 \text{ a } 5 \text{ habitantes}$) e a contribuição diária de esgoto ($C = 100 L \cdot uni^{-1} \cdot dia^{-1}$) definida pela Tabela 1.

Tabela 3. Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

Vazão diária de esgoto $L \cdot dia^{-1}$	Período de detenção do efluente	
	Dias	Horas
Até 1.500	1	24
De 1.501 a 3.000	0,92	22
De 3.001 a 4.500	0,83	20
De 4.501 a 6.000	0,75	18
De 6.001 a 7.500	0,67	16
De 7.501 a 9.000	0,58	14
Mais que 9.000	0,50	12

Fonte: ABNT, 1993. Adaptado.

A taxa de acumulação total de lodo ($K = 217$ dias) equivale ao tempo de acumulação de lodo fresco no tanque séptico, relaciona-se à temperatura ambiente (média do mês mais frio >20, em Graus Celsius) e ao intervalo entre limpeza (5 anos), conforme Tabela 3 (ABNT, 1993; CHERNICHARO, 2016).

Tabela 4. Taxa de acumulação total de lodo (K)

Intervalo entre limpeza (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 < t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

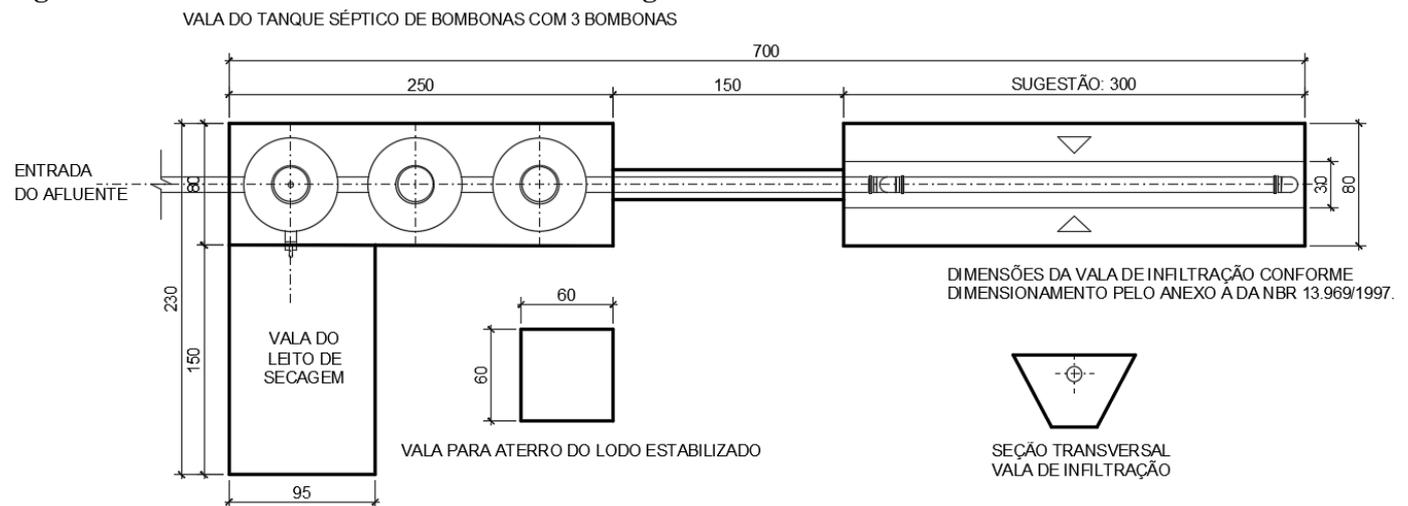
Fonte: ABNT, 1993. Adaptado.

O tanque séptico de bombonas (TSB) não é dimensionado para receber a totalidade dos despejos, apenas os efluentes da bacia sanitária (vaso sanitário) são lançados na primeira bombona. A contribuição diária de esgoto vai depender da frequência de utilização da bacia sanitária, estima-se que 18 a 24 % do consumo doméstico mensal de água no Brasil correspondem a este aparelho sanitário. O estudo considera bacias sanitárias antigas e residências de baixo e médio padrão, onde o consumo máximo de água é de 150 L.moradores⁻¹.dia⁻¹ (CABRAL et al., 2017).

Em seus estudo, Okamura (2006) afirmou que a média de acionamento de uma bacia sanitária em uma residência com 4 moradores é de 16 vezes por dia. Desta maneira, uma bacia sanitária de caixa elevada que consome de 6 a 9 litros por acionamento contribui com 24 a 36,00 % de todo o esgoto gerado na residência. Enquanto, uma bacia de caixa acoplada com capacidade de 3 a 6 litros por acionamento, contribui com 12 a 24 % (CABRAL et al., 2017). Desta maneira, para determinar a capacidade do TSB implantado, considerou-se 25 % do volume útil calculado, uma vez que a residência possui bacia sanitária com caixa elevada.

A vala do TSB é o local onde serão posicionadas as bombonas (CARDOSO et al., 2017). Sugere-se as seguintes dimensões para esta vala: 2,50 m de comprimento e 0,80 m de largura (FRANCO et al., 2016). Quando houver a adição de bombonas, deve-se aumentar o comprimento em aproximadamente 0,90 m (CARDOSO et al., 2017). Enquanto a profundidade da vala é função do coletor predial, recomenda-se 1,00 m abaixo da geratriz inferior do coletor. Um leito de secagem de lodo conjugado a primeira bombona, para a retirada parcial do lodo digerido, deve ser previsto. A planta com dimensões horizontais da vala do TSBdo leito de secagem é ilustrada na Figura 5.

Figura 4. Dimensões da vala do TSB e leito de secagem



Fonte: Autores (2020).

O sistema deve ser construído por gravidade, em outras palavras, a primeira bombona deve estar em nível superior a segunda, e esta, superior a terceira (CARDOSO *et al.*, 2017). A declividade máxima a ser considerada é de 5% (ABNT, 1999). A inclinação (i), em porcentagem (%), deve ser calculada pela Equação 2 (AZEVEDO NETTO *et al.*, 2015):

$$i = \frac{h \times 100}{c} \quad (2)$$

Em que:

h - altura do desnível, em m

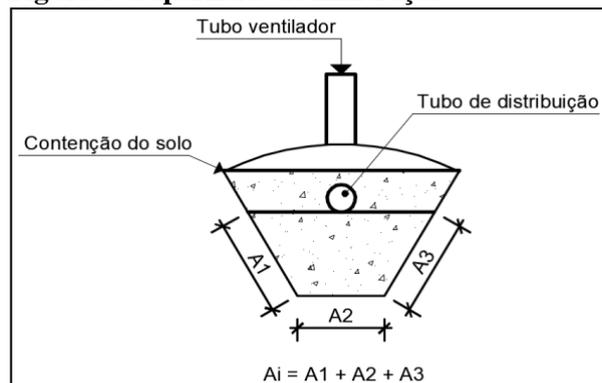
c - comprimento da projeção horizontal (comprimento da vala), em m

2.3. Dimensionamento da vala de infiltração

O dimensionamento da vala de infiltração consiste em determinar a área de infiltração (A_i) a partir da vazão dos efluentes domésticos e capacidade de infiltração do solo (Equação 3) (CARDOSO *et al.*, 2017). As dimensões da vala são determinadas por relações geométricas e deve-se considerar como área de infiltração as superfícies laterais e de fundo situadas no nível inferior ao tubo de drenagem (Figura 6) (ABNT, 1997).

$$A_i = \frac{N \times C}{\text{Taxa máxima de aplicação diária}} \quad (3)$$

Figura 5. Superfícies de infiltração



Fonte: Autores (2020).

A capacidade de infiltração do solo pode ser determinada através de ensaios de percolação, de preferência no local previsto para implementação da vala de infiltração (ABNT, 1997). Deve-se escolher 3 pontos para as escavações de seções transversais quadradas de 0,30 m x 0,30 m, profundidade em torno de 0,80 m a 1,00 m, sendo o fundo coberto com 0,05 m de brita nº1 (ABNT, 1997; FUNASA, 2006). Nos pontos, aplica-se água até que atinja o ponto de saturação e através da média aritmética, obtêm-se o valor da taxa de percolação do solo através da Tabela 5 (CARDOSO *et al.*, 2017). Os procedimentos realizados para determinar a taxa de percolação do solo estão descritos no Anexo A da NBR 13.969/1997.

Tabela 5: Determinação da taxa de aplicação diária

Taxa de percolação <i>min. m⁻¹</i>	Taxa máxima de aplicação diária <i>m³. m⁻². d⁻¹</i>	Taxa de percolação <i>min. m⁻¹</i>	Taxa máxima de aplicação diária <i>m³. m⁻². d⁻¹</i>
40 ou menos	0,20	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1.200	0,037
160	0,10	1.400	0,032
200	0,09	2.400	0,024

Fonte: ABNT, 1997. Adaptado

3 Resultados

3.1. O sistema de tanque séptico de bombonas

O sistema de TSB é um sistema individual de esgotamento sanitário, em outras palavras, o tratamento e a disposição final dos efluentes domésticos ocorrem próximos da fonte geradora. A unidade destinada ao tratamento é o TSB, enquanto a vala de infiltração corresponde a unidade complementar de tratamento e disposição final de efluentes (MASSOUD *et al.*, 2009).

3.1.1. Aplicação e uso do sistema de tanque séptico de bombonas

O sistema de tanques sépticos aplica-se ao tratamento de esgoto doméstico e, em alguns casos, ao esgoto sanitário. São indicados para áreas desprovidas de sistema de coleta de esgoto, no entanto, podem ser uma alternativa de tratamento de esgoto em áreas providas de rede pública coletora. Recomendados também para retenção prévia dos sólidos sedimentáveis em locais onde a rede coletora possui diâmetro e, ou, declividade reduzidos para transporte de efluente livre de sólidos sedimentáveis (ABNT, 1993). Além disso, comunidades rurais, aldeias, povoados pequenos e isolados com baixas densidades populacionais podem ser servidos por sistemas individuais (MASSOUD et al., 2009).

3.1.2. Características do sistema

Os sistemas individuais são considerados de baixo custo de implantação e operação, se comparados a sistemas coletivos (MASSOUD et al., 2009). No entanto, o custo de implantação pode ser ainda minimizado quando tecnologias derivadas dos sistemas convencionais de tratamento de efluentes são implementadas. Desta maneira, o sistema de TSB apresenta custo reduzido se comparado com o tanque séptico de alvenaria.

Também pode ser considerado de fácil instalação, operação e manutenção, pois exclui a necessidade de profissionais qualificados em ambas as atividades. O tratamento primário é manufaturado a partir de bombonas de plástico, tubos e conexões de PVC. Além disso, o sistema é totalmente aterrado, sem geração de efluente final que provoque poluição visual e maus odores ou possibilite o contato direto com pessoas e animais.

3.2. Tanque séptico de bombonas

O TSB é o reator biológico com três ou mais compartimentos fechados contínuos de bombonas plásticas de 240 L, dispostas sequencialmente no sentido do fluxo do líquido, interligadas por tubos de PVC de 100 mm (Figura 8), nos quais devem ocorrer, conjunta e decrescentemente, processos de flotação, sedimentação e digestão. Utilizado para o tratamento primário de efluentes domésticos e pode ser classificado de acordo com o processo de tratamento como físico-biológico, pois ocorre a sedimentação de material sólido e digestão anaeróbia, concomitantemente (ABNT, 1993; ABNT, 1997; FUNASA, 2006; VON SPERLING, 2014; CHERNICHARO, 2016).

Na Tabela 6, são apresentados os resultados dos volumes úteis calculados, aplicando-se a Equação 1, para o máximo de 5 pessoas, residência de padrão baixo, intervalo entre limpezas de 5 anos e temperatura média do mês mais frio superior a 20 °C. Na coluna 7, são mostrados os volumes úteis referentes a contribuição de esgoto da bacia sanitária, ou seja, 25 % do volume útil calculado.

Tabela 6: Dimensionamento do tanque séptico de bombonas

Número de moradores (hab)	Contribuição diária de esgoto (L. hab ⁻¹ . dia ⁻¹)	Tempo de detenção hidráulica (dia)	Taxa de acumulação total de lodo (dia)	Contribuição de lodo fresco (L. hab ⁻¹ . dia ⁻¹)	Volume útil (L)	25 % Volume útil (L)
1	100	1	217	1	1.317	329,25
2	100	1	217	1	1.634	408,50
3	100	1	217	1	1.951	487,75
4	100	1	217	1	2.136	534,00
5	100	1	217	1	2.585	646,25

Fonte: ABNT, 1997. Adaptado

Por se tratar de um tanque séptico de câmaras cilíndricas em série para volumes pequenos de efluentes domésticos, recomenda-se o uso mínimo de 3 bombonas de 240 L (ABNT, 1993; CHERNICHARO, 2016). Observa-se que o volume de cada bombona corresponde a aproximadamente 1/3 do volume útil demandado (646,25L) quando a residência possui 5 moradores. A partir deste número, recomenda-se aumentar 1 bombona a cada 2 pessoas. Exemplo: 6 a 7 pessoas – 4 bombonas; 8 a 9 pessoas – 5 bombonas, e assim por diante. Entretanto, em residências com mais de 5 moradores são necessários estudos mais aprofundados que abordem viabilidade econômica do sistema, intervalo de limpeza e capacidade volumétrica do primeiro recipiente (FRANCO *et al.*, 2016; CARDOSO *et al.*, 2017).

3.3. A implementação do tanque séptico de bombonas

Os efluentes da bacia sanitária são lançados na primeira bombona, conduzidos por tubos de 100 mm. A conexão do coletor predial deverá ser o mais próximo possível da extremidade superior da bombona e as perfurações que interligam as bombonas e o furo de encaixe do tubo de drenagem deverão ser 5 cm abaixo da superfície superior. As demarcações para as perfurações nas bombonas podem ser feitas utilizando as peças especiais ou tubos de 100 mm, conforme Figura 6. O círculo de 100 mm para a perfuração e posterior conexão do coletor predial é ilustrado na Figura 7. Os demais círculos para as perfurações que permitem conectar a bombonas são apresentados na Figura 8.

Figura 6. Demarcação do corte circular de 100 mm



Fonte: Autores (2020).

Figura 7. Círculo de 100 mm para conexão do coletor predial



Fonte: Autores (2020).

Figura 8. Círculo de 100 mm para conexão entre bombonas



Fonte: Autores (2020).

Após demarcar os furos das bombonas, as perfurações podem ser feitas utilizando uma furadeira e um conjunto de serra copo, conforme apresentado na Figura 9. Um exaustor de gases deve ser instalado na primeira bombona, desta forma, um furo de 51 mm deve ser executado na tampa da primeira bombona, assim como apresentado na Figura 10.

Figura 9. Perfuração das bombonas com uso de serra copo de 102 mm



Fonte: Autores (2020).

Figura 10. Perfuração da tampa da primeira bombona com uso de serra copo de 51 mm



Fonte: Autores (2020).

O dispositivo de saída é um dispositivo interno destinado a orientar a saída do efluente do TSB e reter o lodo e os sólidos flutuantes no interior do tanque. Esse dispositivo deve ser conectado no tubo que interliga as bombonas, que por sua vez deverá ter uma sobra no interior para que seja possível conectar o mesmo. O dispositivo de saída é formado por um tê de 100 mm a um tubo de mesmo diâmetro de 30 cm de comprimento, apresentado na Figura 11. Através da Figura 12, percebe-se a sobra de 10 cm do tubo que interliga as bombonas para a conexão do dispositivo de saída. Enquanto a Figura 13, nota-se o dispositivo de saída conectado no tubo que interliga as bombonas. A configuração do TSB montado dentro da vala pode ser observada na Figura 14.

Figura 11. Dispositivo de saída: Tê de 100 mm e tubo de 30 cm de comprimento



Fonte: Autores (2020).

Figura 12. Tubo de 100 mm para conexão do dispositivo de saída



Fonte: Autores (2020).

Figura 13. Dispositivo de saída no interior da bombona



Fonte: Autores (2020).

Figura 14. Tanque séptico com 3 bombonas de 240L



Fonte: Autores (2020).

Algumas distâncias horizontais mínimas, exigidas pela ABNT (1993), devem ser observadas na implementação do TSB:

- “1,50 m de construções, limites de terreno, ramal predial de água, sumidouros e valas de infiltração”;
- 3,00 m em relação às árvores e qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água;
- “15,00 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza”.

Não se deve jogar em hipótese alguma, qualquer tipo de resíduo sólido (papel higiênico, absorvente, preservativo, bituca de cigarro, cabelo, entre outros) no vaso sanitário, para evitar entupimento da tubulação e aumento da quantidade de sólidos retidos, por conseguinte, diminuição do intervalo entre limpeza (CARDOSO *et al.*, 2017). As águas provenientes das pias do banheiro e cozinha, tanque e chuveiro devem ser direcionadas para a vala de infiltração.

3.4. Vala de infiltração

A vala de infiltração consiste em um processo de disposição de efluente no solo por infiltração subsuperficial, sob condição essencialmente aeróbia, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos e bioquímicos, visto que ocorre a retenção de sólidos e oxidação da matéria orgânica, respectivamente. O efluente de tanque séptico é conduzido por tubos perfurados (tubos de drenagem) e distribuído nos meios de filtração (pedra britada) no interior da vala (ABNT, 1997; VON SPERLING, 2014).

O tubo de drenagem pode ser confeccionado no local de instalação da vala de infiltração, utilizando um tubo de 100 mm, furadeira e broca de 0,01 m. Os furos deverão ser feitos como ilustrados nas Figuras 15, apenas a geratriz inferior do tubo deve ser perfurada, ou seja, a face inferior de tudo depois de instalado. O tubo de drenagem é apresentado na Figura 16 e o mesmo deve instalado sobre uma camada de brita (Figura 17) que preenche a vala. Tubos verticais (Figura 18) devem ser instalados nas extremidades do tubo de drenagem, os mesmos permitem a manutenção da condição aeróbia no interior da vala de infiltração. Na Figura 19, pode-se observar as unidades de tratamento e disposição final da fração líquida do que compõem o efluente gerado.

Figura 15. Confeção do tubo de drenagem com broca de 0,01 m



Fonte: Autores (2020).

Figura 16. Tubulação de distribuição: D = 100 mm e orifícios = 0,01 m



Fonte: Autores (2020).

Figura 17. Meios de filtração: brita até nº 4



Fonte: Autores (2020).

Figura 18. Manutenção da condição aeróbia: Tubos de exaustão



Fonte: Autores (2020).

Figura 19. Sistema de tanque séptico de bombonas



Fonte: Autores (2020).

3.5. Manutenção do sistema e disposição final do lodo

Os efluentes domésticos contêm aproximadamente 99,9 % de água e uma ínfima fração de sólidos, 0,1 %, é devido a essa pequena fração que há a necessidade de se tratar os esgotos (VON SPERLING, 2014). O tanque séptico tem função precípua de reter os sólidos presentes nos efluentes, gerando assim o lodo digerido, este se acumula no interior do reator, necessitando de remoção em períodos predeterminados (5 anos). “O intervalo pode ser encurtado ou alongado quanto aos parâmetros de projeto, sempre que se verificarem alterações nas vazões efetivas de trabalho com relação às estimadas” (ABNT, 1993).

O ideal seria que o lodo fosse removido da unidade de tratamento por caminhões limpa fossa (Figura 20) e encaminhados para estações de tratamento de efluentes sanitários ou estações de lixiviados de aterro sanitário, onde passariam por um digestor, leito de secagem e disposição final ambientalmente adequada (CARRILHO e CARVALHO, 2016). No entanto, muitas cidades ainda não dispõem de sistemas adequados de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos, o que não permite generalizar essa solução para todas as localidades.

Figura 20: Caminhão limpa fossa

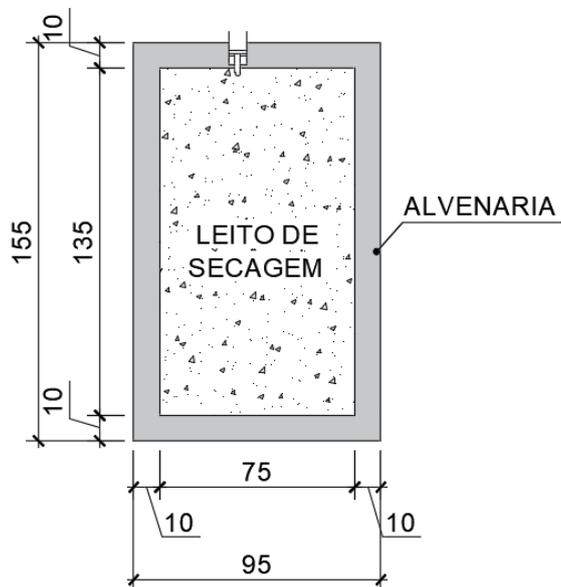


Fonte: Autores (2020).

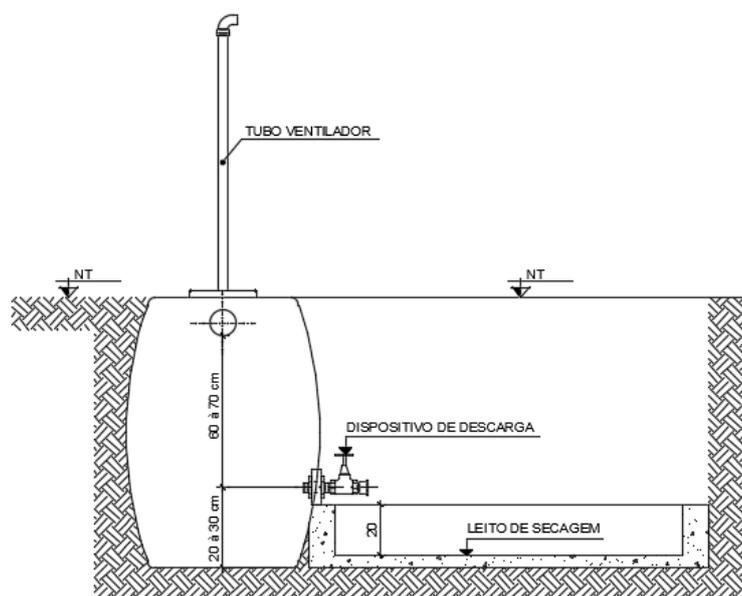
No caso de sistemas individuais para atendimento a comunidades isoladas, deve ser prevista a implantação de leitos de secagem (ABNT, 1993). Os leitos de secagem são estruturas retangulares, utilizadas na separação sólido-líquido do lodo por processos naturais de evaporação ou drenagem (ANDREOLI, 2009; VON SPERLING, 2014). No sistema TSB, as paredes do leito são feitas de alvenaria e o fundo de concreto,

possui dimensões horizontais de 0,80 m x 1,30 m e profundidade de 0,20 m. As dimensões horizontais do leito de secagem são apresentadas na Figura 21

Figura 21: Sistema de tanque séptico de bombonas **Figura 22: Corte transversal do leito de secagem**



Fonte: Autores (2020).



Fonte: Autores (2020).

A remoção parcial do lodo pode ser feita por meio da pressão hidrostática, instalando-se no tanque um dispositivo com carga hidráulica de 0,60 a 0,70 m. O dispositivo de descarga de lodo é um registro esfera de 50 mm, instalado na parte inferior da primeira bombona (Figura 24), permitindo a descarga em queda livre. A fração líquida será retirada juntamente com a sólida, dispostos no leito de secagem (Figura 25), onde a desidratação do lodo será realizada pela evaporação da fase líquida (ANDREOLI, 2009; ABNT, 2011). Durante a remoção periódica não mecanizada de lodo e espuma deve-se garantir o não-contato direto entre usuários e lodo. É importante o uso de botas, luvas de borracha e máscara adequada de proteção.

O leito de secagem deve ser empregado apenas para lodo estabilizado, a estabilização química do produto retirado do TSB envolve a adição de cal (óxido de cálcio) para elevar o pH acima de 12 (Figura 26). Os principais objetivos da estabilização alcalina são as reduções de organismos patógenos, emissão de odores e atração de vetores de doenças (ABNT, 2011; CARRILHO e CARVALHO, 2016).

O lodo seco pode ser disposto em aterro sanitário, usina de compostagem ou campo agrícola, neste último caso, não deve ser empregado no cultivo de hortaliças, frutas rasteiras e legumes consumidos crus (ABNT, 1993). A alternativa adotada para a disposição final do lodo seco no sistema TSB será a disposição no solo pelo uso de trincheiras (vala com profundidade mínima de 0,60 m - Figura 27). O local escolhido para o lançamento do lodo no solo não deve criar problemas sanitários (lançamento em corpos hídricos ou galerias

de águas pluviais), para isso é necessário compactar o fundo e as superfícies laterais das trincheiras e prever sistema de drenagem entorno da vala.

Figura 23. Dispositivo de descarga de lodo



Fonte: Autores (2020).

Figura 24. Leito de secagem do lodo



Fonte: Autores (2020).

Figura 25. Estabilização química



Fonte: Autores (2020).

Figura 26. Trincheira para disposição e aterro de lodo seco



Fonte: Autores (2020).

3.6. Eficiência média de remoção de poluentes por sistemas de tanque séptico

Os efluentes domésticos são compostos por sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, os quais são compreendidos pela matéria orgânica em suspensão (VON SPERLING, 2014). Desta forma, uma unidade de sedimentação, como o TSB, implica na redução da carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) por um processo simples como a retenção de sólidos. A eficiência de remoção de sólidos em suspensão, por tanque séptico, situa-se em torno de 20 a 90 %, a DBO em torno de 30 a 55% e óleos e graxas da ordem de 70 a 90% (CHERNICHARO, 2016).

O tratamento de efluentes em sistemas individuais apresenta eficiência menor do que a obtida em sistemas coletivos (MASSOUD et al., 2009). Porém, a disposição das bombonas em série visa maximizar a eficiência na retenção de sólidos e a vala de infiltração promove o tratamento complementar do líquido na remoção de DBO, mitigando os riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos (ABNT, 1997; CHERNICHARO, 2016). Desta forma, o sistema de tanque séptico (tanque séptico + infiltração no solo) pode alcançar elevadas eficiências na remoção de poluentes presentes nos efluentes domésticos (Tabela 7).

Tabela 7. Eficiência média de remoção

DBO ₅	DQO	SS	Amônia	N total	P total	Colif.
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(<i>unid. log</i>)
90 - 98	85 - 95	> 93	> 65	> 65	> 50	4 - 5

Fonte: VON SPERLING, 2014. Adaptado.

Os parâmetros de qualidade do efluente do tanque séptico não foram auferidos. No entanto, através da Figura 28 é possível analisar superficialmente as características físicas dos efluentes das três bombonas. As provetas volumétricas contêm efluentes das três bombonas que compõem o tanque séptico, coletados na superfície dos respectivos recipientes.

Figura 27. Efluentes das câmaras do tanque séptico em série



Fonte: Autores (2020).

O efluente reservado na primeira proveta apresenta coloração mais escura, conferindo-lhe maior turbidez devido a presença de matéria em suspensão, apresentando odor fétido. Os efluentes da segunda e terceira proveta apresentam coloração semelhantes, porém os sólidos suspensos ainda conferem maior turbidez ao segundo efluente, com odores relativamente desagradáveis. Notadamente, o TSB retém significativa parcela de sólidos em suspensão, sobretudo na primeira bombona que recebe o esgoto afluente. O efluente de tanque séptico que segue para a vala de infiltração é praticamente livre desses sólidos.

4 Considerações finais

O sistema de TSB pode alcançar uma boa eficiência no tratamento de esgoto doméstico, removendo sólidos suspensos, óleos e graxas e DBO. Com as instruções de fácil entendimento e ilustrações sobre o sistema de TSB é possível futuras replicações do sistema em regiões sem esgotamento sanitário adequado, sobretudo em regiões de baixo adensamento populacional, ainda que seja necessárias adaptações em função das adversidades locais, como, lençol freático alto, solos impermeáveis, ocupação vizinha, proximidade de cursos d'água e vegetação, dificuldade de limpeza das bombonas, entre outras. Os materiais de fácil acesso e baixo custo, juntamente com pouca mão de obra facilitaram a implementação do sistema tornando-o uma alternativa aplicável.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017.

ANDREOLI, C. V. (Coord.). Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 388p.: il.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.160: Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de efluentes sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R. de; ITO, A. E. Manual de hidráulica. 9.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 21 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº. 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 21 jan. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretária Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA. Sistemas Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p.:il.

CABRAL, J. J. S. P.; AGUIAR, S. R. de; OLIVEIRA, M. A. Projeto piloto de uma caixa de descarga eficiente, econômica e à prova de vazamentos. *Engenharia Sanitária Ambiental*. 2017, vol.22, n.5, pp.953-959. Epub Apr 20, 2017.

CARDOSO, I. P.; FRANCO, E. S.; SANTOS, C. J. dos; PINHEIRO, J. P. O.; SANTOS, L. V. dos; OLIVEIRA, A. F. de. Manual de Instalação de Tanque Séptico Econômico: um sistema prático, econômico e eficiente. *Revista Científica Vozes dos Vales, Diamantina, UFVJM*, n. 11, Ano VI, mai. 2017.

CARRILHO, S. M. A. V.; CARVALHO, E. H. Avaliação da disposição de lodos de fossa e tanque sépticos em lagoas de estabilização que tratam lixiviados de aterro sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.21, n.1, p. 183-196, jan./mar. 2016.

CHERNICHARO, C. A. de L. *Reatores anaeróbios*. 2. ed. ampl. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016. 379 p.: il. – (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 5).

CORNELLI, R.; AMARAL, F. G.; DANILEVICZ, A. de M. F.; GUIMARÃES, L. B. de M. Métodos de tratamento de esgotos domésticos: Uma revisão sistemática. *Revista de estudos ambientais (Online)*, v.16, n. 2, p.20-36, jul./dez. 2014.

FRANCO, E. S.; ASSIS, L. E. de; FERREIRA, A. de C. P.; LUIZ, T. A. Desenvolvimento de sistemas econômicos de tratamento de efluentes domésticos por sistemas de Tanques Sépticos em localidade não atendida pela rede coletora de Bela Vista de Minas, Minas Gerais, Brasil. *Revista Científica Vozes dos Vales, Diamantina, UFVJM*, n. 09, Ano V, mai. 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). *Manual de saneamento*. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 90, 2009, 652–659.

OKAMURA, E. Economia de água em bacias sanitárias. *Revista Ciências do Ambiente*. Fevereiro, 2006. Volume 2, Número 1.

PIMENTA, H. C. D.; TORRES, F. R. M.; RODRIGUES, B. S.; JÚNIOR, J. M. da R. O esgoto: A importância do tratamento e as opções tecnológicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22.,2002, Curitiba. Anais... Curitiba: ENEGEP, out. 2002. p.1-8.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, mar. 2018.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.: il. - (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 1).