

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA O TRATAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO EM ÁREAS RURAIS

Laiane Ferreira da Silva¹

Brenda Silva Soares²

Nicole Isabel da Silva³

Jéssica Couto Cerqueira⁴

Hygor Aristides Victor Rossoni⁵

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos (sólidos e líquidos)

Resumo

O esgoto doméstico nas áreas rurais brasileiras em sua grande maioria não possui tratamento ou disposição adequada. Diante disso, objetivo do presente trabalho foi realizar uma pesquisa bibliográfica a fim de expor alternativas sustentáveis e de baixo custo de implementação para o tratamento dos efluentes domésticos em zonas rurais, com o intuito de promover a melhoria da qualidade de vida e consequentemente a sustentabilidade ambiental. O procedimento da busca de informações se deu a partir das seguintes bases de dados: Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Os sistemas propostos são capazes de atender famílias compostas por 4 a 6 pessoas, e os resultados indicam que esses métodos apresentam alta remoção da matéria orgânica, possuem simples execução e manutenção, além disso, existe a possibilidade de utilizar o efluente tratado nas culturas agrícolas. Sendo assim, constatou-se que ao adotar essas metodologias é possível obter a sustentabilidade no meio rural, bem como, a melhoria na qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Tratamento de Efluentes; Sustentabilidade Ambiental; Zona Rural.

¹ Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental da UFV- Campus Florestal- Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, laiane.ferreira@ufv.br

² Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental da UFV- Campus Florestal- Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, brenda.soares@ufv.br

³ Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental da UFV- Campus Florestal- Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, nicole.isabel@ufv.br

⁴ Graduanda em Administração da UFV- Campus Florestal- Instituto de Ciências Humanas, jessica.cerqueira@ufv.br

⁵ Prof. Dr. da UFV- Campus Florestal, IEF, rossoni@ufv.br



1. INTRODUÇÃO

Foi promulgado no Brasil a Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a qual dispõe que Saneamento Básico é um conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais que contemplem o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, gerenciamento de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais, com o intuito da universalização desses serviços (BRASIL, 2007).

No Brasil o saneamento em áreas rurais apresenta desafios ambientais e socioculturais conforme aponta Silva et al. (2019), com isso, os assentamentos urbanos gradativamente são os primeiros a serem beneficiados em alguma questão relacionada aos serviços básicos, principalmente as grandes cidades.

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, 2013) aponta que o país possui 31 milhões de habitantes em áreas rurais e apenas 22% dessa população tem acesso ao saneamento básico. Segundo Ferreira et al. 2019, a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural é importante uma vez que integra a gestão, a educação e a participação social em todo o município, considerando as realidades locais.

Diante dessa temática é imprescindível que todos os brasileiros tenham acesso a universalidade, a integralidade e a equidade dos serviços básicos, visto que em algumas regiões rurais não há tratamento e disposição adequada de esgotos, sendo esses sujeitos a residir em condições precárias.

Com base no contexto apresentado, o objetivo do presente trabalho por meio de uma pesquisa bibliográfica, foi apresentar alternativas sustentáveis e de custo-benefício de implementação para o tratamento do efluente doméstico, visando a melhoria da qualidade de vida da população rural e a promoção da sustentabilidade ambiental.

2. METODOLOGIA

O procedimento de levantamento bibliográfico abordando as alternativas para o esgotamento doméstico no âmbito rural, foi através das seguintes bases de dados: Portal

de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Sendo utilizadas para a pesquisa as seguintes palavras-chave: Esgoto doméstico (Sanitary sewage), Saneamento rural (Rural sanitation) e Saneamento sustentável (Sustainable sanitation).

Segundo Lima e Miotto (2007) a revisão de literatura é essencial para qualquer pesquisa, já a pesquisa bibliográfica é um procedimento de busca por soluções sobre o tema a ser estudado, com o intuito de fundamentar teoricamente o estudo, não sendo recomendado que seja realizada de forma aleatória, pois, necessitam de critérios claros a serem avaliados.

A técnica utilizada para o procedimento de tratamento de dados foi a análise de conteúdo, a qual é estabelecida como um conjunto de instrumentos metodológicos usados a fim de analisar diferentes fontes de conteúdo. Esse processo é classificado em três fases, sendo elas a pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados e interpretação. A pré-análise tem por função sistematizar as ideias iniciais que foram desenvolvidas no referencial teórico. Já a exploração do material é definida como a transformação fundamentada a partir de regras precisas sobre as informações representativas do conteúdo avaliado. E a fase de interpretação consiste em analisar e expor os dados encontrados nos materiais coletados (BARDIN, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha das alternativas para o tratamento de esgoto doméstico se deu considerando a alta remoção da matéria orgânica e a frequência de manutenção. De acordo com Franceschini (2019) as áreas rurais do Brasil normalmente são formadas por famílias de 4 a 6 pessoas, devido a isso foram propostas metodologias que atendessem a esses requisitos.

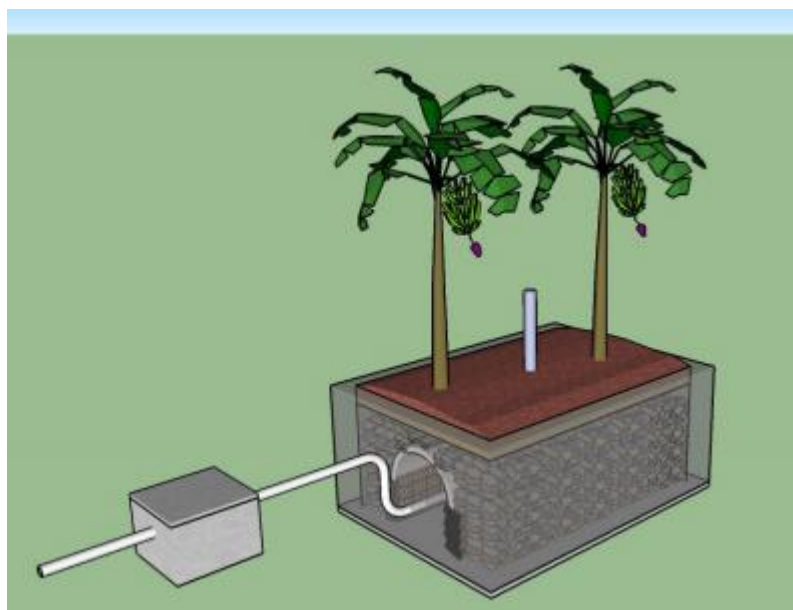
3.1 Tecnologias para o Tratamento dos Efluentes Domésticos em Áreas Rurais

3.1.2 Fossa Verde

A Fossa Verde também conhecida por Tanque de Evapotranspiração (Tevap) ou canteiro bio-séptico, é um modelo de tratamento do esgoto proveniente dos vasos sanitários



(águas negras), o qual consiste em um processo anaeróbico e desenvolvimento de biomassa em material suporte. A construção desse sistema é mediante uma vala de alvenaria impermeabilizada com uma estrutura interna de blocos cerâmicos furados, deitados e dispostos em camadas de modo que o efluente percole por essa estrutura escoando pelos furos até atingir o material filtrante (OLIVEIRA NETTO et al. 2015). Posteriormente, na parte superior do solo são cultivadas plantas tais como: banana, taioba, pimenta, as quais potencializam o tratamento, por meio da liberação do oxigênio pelas raízes (Figura 1). O efluente tratado poderá ser reutilizado para a irrigação de pomares e jardins, através de tubulações subterrâneas a fim de que não entre em contato direto com pessoas e animais (FUNASA, 2013).



Fonte: FUNASA, 2013.

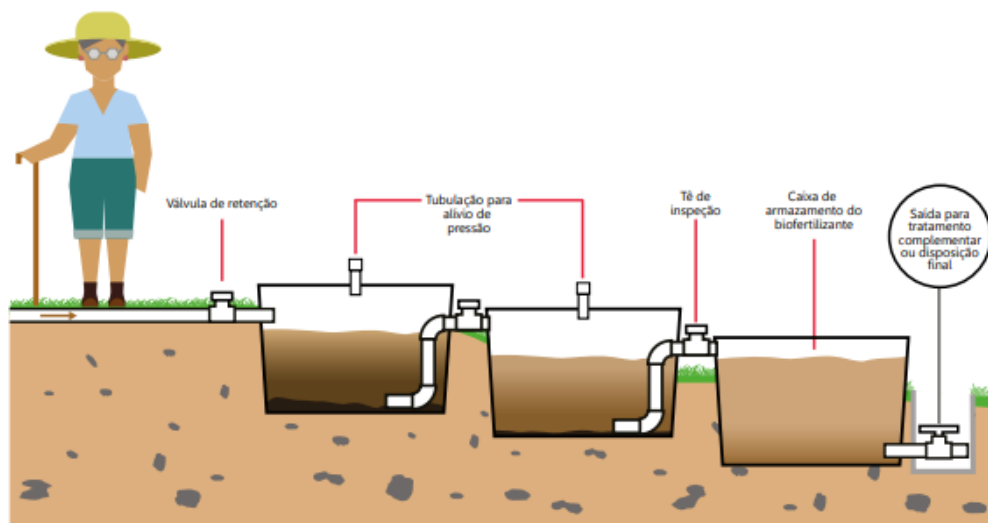
Figura 1: Esquema representativo do método de tratamento Fossa Verde.

Coelho, Reinhardt e Araújo (2018) realizaram um estudo utilizando a fossa verde como meio de tratamento do efluente doméstico, e cultivaram os vegetais como, tomate, pimenta, malvarisco -planta consumida em forma de chá- e banana. A partir da análise microbiológica foi encontrada a ausência de *Salmonella*, fator que evidencia a qualidade sanitária do sistema, uma vez que não foi constatado a contaminação dos alimentos, conseqüentemente são aptos para consumo. Além disso, o lodo gerado no processo após a desidratação pode ser utilizado como fertilizante.

Destaca-se que o sistema apresenta fácil execução e manutenção, bem como, não emite odores desagradáveis, oferecendo ainda a possibilidade do reaproveitamento da água e dos nutrientes por meio da produção de biomassa e alimentos. No entanto, o sistema não admite materiais inorgânicos ou quaisquer produtos químicos que possam danificar o tratamento, já que esse método permite apenas a entrada de águas negras, o que se torna uma desvantagem do processo (PAMPLONA; VENTURI, 2004).

3.1.3 Fossa Séptica Biodigestora

A Fossa Séptica Biodigestora consiste na ligação da tubulação do vaso sanitário para três caixas de fibra de vidro ou fibrocimento com capacidade de aproximadamente 1.000 litros interligadas por tubos e conexões de PVC (Figura 2), onde as excretas humanas (águas negras) por meio da biodigestão anaeróbia juntamente com a inclusão de um inóculo, sendo esse o esterco bovino uma vez ao mês na entrada do sistema, com o intuito de produzir um efluente final com quantidades consideráveis de matéria orgânica e nutrientes (LEONEL; MARTELLI; SILVA, 2013). Vale ressaltar, que as águas classificadas como “águas cinzas” advindas das pias, chuveiros, ralos, áreas de serviço e cozinhas não devem ser lançados no sistema, pois os componentes existentes, tais como: detergentes, sabões e shampoos podem inibir o processo de tratamento.



Fonte: TONETTI et al. 2018.

Figura 2: Esquema representativo do método de Tratamento Fossa Séptica Biodigestora.

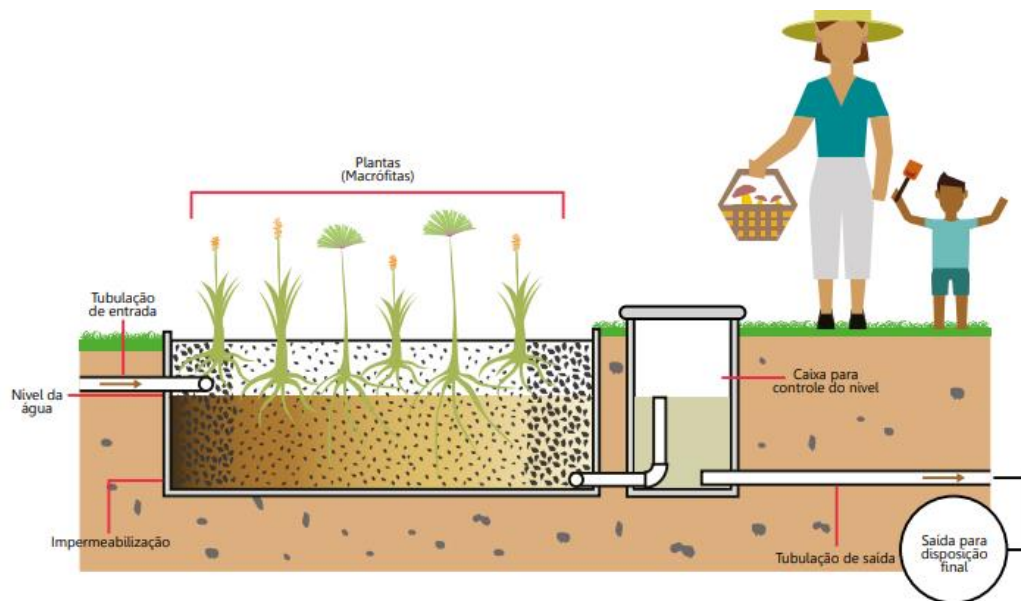


Costa e Guilhoto (2014) realizaram um estudo a fim de analisar os impactos da fossa séptica biodigestora em áreas rurais e constataram que ao utilizar essa metodologia é possível reduzir a quantidade de pessoas que adoecem devido a ausência ou precariedade do tratamento dos efluentes. Em relação à perspectiva ambiental foi estimado a diminuição de 65% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) mesmo que os efluentes sejam lançados nos cursos hídricos, além disso, houve a redução dos nutrientes que causam a eutrofização, bem como, o nitrogênio e fósforo.

Galindo et al. (2019) afirmam que a Fossa Séptica Biodigestora é de simples manutenção e instalação, não se faz necessário a limpeza do lodo por caminhão limpa-fossa, visto que o esterco bovino contribui para a degradação da matéria orgânica, há ausência de odores e o efluente tratado pode ser utilizado como biofertilizante. Em contrapartida, Figueiredo et al. (2019) defendem que a obrigatoriedade de inserir as fezes bovinas é um limitador, devido à sobrecarga de tarefas do trabalhador rural, o que colabora para a manutenção do sistema se tornar uma adversidade. Em adição, a aplicação inadequada do efluente em culturas agrícolas pode submeter os usuários a doenças de veiculação hídrica.

3.1.4 Sistema Alagados Construídos (SACs)

O SACs é um sistema utilizado para o tratamento de águas residuárias, é constituído por plantas aquáticas (macrófitas) que degradam a matéria orgânica, tem-se a construção de valas com paredes e fundo impermeabilizados, permitindo o preenchimento com o efluente (Figura 3) (TONETTI et al. 2018). De acordo com Brasil e Matos (2005) os SACs por usarem recursos naturais renováveis apresentam fácil operação e manutenção, e são indicados a serem usados em regiões carentes de saneamento básico. Além do mais, em SACs, a remoção do nitrogênio ocorre por meio da ação de micro-organismos, absorção e síntese vegetal. Nesses sistemas, a remoção ocorre por meio da colheita da vegetação e por perdas para a atmosfera (MATOS, 2010). Destaca-se que o efluente tratado pode ser utilizado para irrigação de culturas agrícolas.



Fonte: TONETTI et al. (2018)

Figura 3: Esquema representativo do método de tratamento Sistemas Alagados Construídos (SACs).

Em uma pesquisa realizada por Costa et al. (2018) foi analisada a eficiência dos SACs, e constatou que se mostra compatível com sistemas mais avançados de tratamento de esgoto sendo uma ótima alternativa para o pós-tratamento de efluentes anaeróbios.

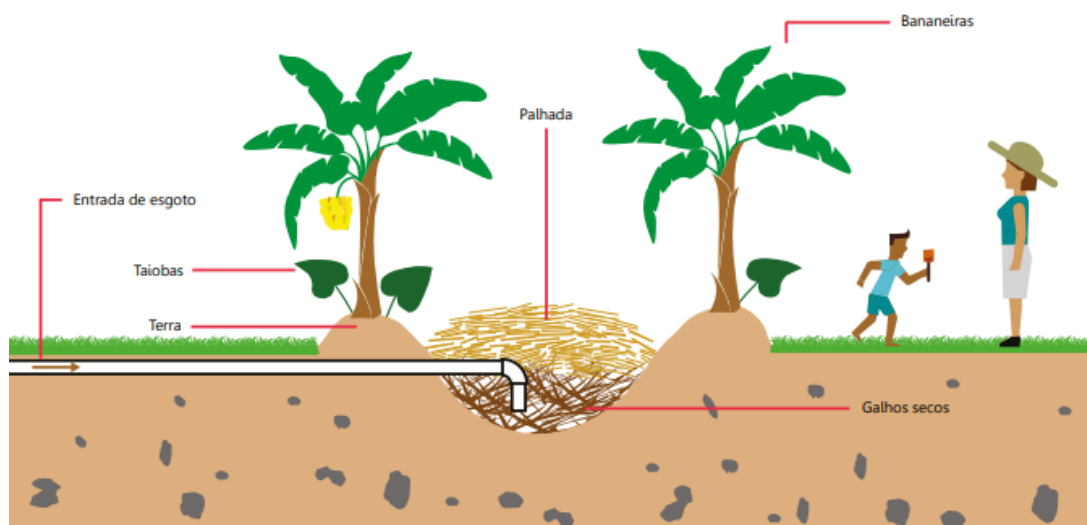
As vantagens dos SACs são os custos reduzidos de operação e implantação, a utilização de requisitos energéticos é praticamente inexistente, não há a adição de produtos químicos, é eficiente para a remoção de matéria orgânica, sólidos e nutrientes, e promove a harmonia paisagística. E as desvantagens são a demanda de grandes áreas, a necessidade de manejo das macrófitas, o longo período para adaptação das plantas, e é suscetível a odores devido a lâmina d'água que se mantém exposta (VON SPERLING, 2013).

3.1.5 Círculo de Bananeiras

O círculo de bananeiras é utilizado para o tratamento de águas cinzas é um sistema unifamiliar baseado num processo de abertura de vala associada ao preenchimento com palhadas e galhos no local de saída do efluente e ao seu redor, posteriormente, faz-se o plantio de bananeiras e/ou outras plantas que são compatíveis e apreciem solo úmido e nutritivo (Figura 4). Embora não haja necessidade de constante manutenção, o círculo ainda



assim depende de poda e roçagem de galhos, gramas e afins para evitar o crescimento excessivo. A destinação das aparas também é algo relevante, visto que se pode utilizá-las para alimentar o círculo e evitar a inundação do mesmo. É recomendado que o processo seja realizado em local afastado do lençol freático e de corpos hídricos e também se solicita que não se realize onde se há solo de característica arenosa (TONETTI et al. 2018).



Fonte: TONETTI et al. 2018.

Figura 4: Esquema representativo do método de tratamento Círculo de Bananeiras.

De acordo com estudo realizado por MENDES et al. (2014) sobre tal assunto, a funcionalidade do Círculo de Bananeiras vai além do tratamento de efluentes, visto que também colabora no afastamento de animais peçonhentos e demais eventualidades. Esse método proporciona benefícios como, o solo fértil e o controle do uso da água reaproveitada. Kievel, Priebe e Fofonka (2015) evidenciam a simplicidade de construção e manutenção. Em relação às restrições está o não tratamento das águas negras e a efetividade dessa metodologia está vinculada à quantidade de produtos químicos presentes na água.

3.2. Critérios comparativos da Implantação das Tecnologias de Tratamento de Efluentes Domésticos.

Para que as tecnologias atendam as demandas de cada família é necessário avaliar os critérios de construção, locação e de custos (Quadro 1). Ressalta-se que os custos

envolvidos são calculados pelo dimensionamento do sistema de 2,0 m² de área por pessoa, considerando famílias compostas por até 5 indivíduos (TONETTI et al. 2018).

Quadro 1: Critérios de implementação das tecnologias recomendadas para o Tratamento de Efluentes Domésticos

Tecnologias	Construção	Locação	Custos
Fossa Verde	Vala de alvenaria impermeabilizada, tijolos furados, material filtrante (brita ou entulho) e os vegetais.	7m ² a 10m ²	R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00
Fossa Séptica Biodigestora	3 caixas de fibra de vidro ou fibrocimento, inoculante e tubulação de PVC.	10m ² a 12m ²	R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00
Sistemas Alagados Construídos	Vala de alvenaria, plantas macrófitas e tubulação de PVC.	7,5m ² a 15m ²	R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00
Círculos de Bananeira	Vala preenchida com galhos e palhadas, tubulações de PVC e bananeiras.	3m ² a 5m ²	Até R\$ 500,00

Fonte: Adaptados pelos autores, TONETTI et al., 2018.

4.CONCLUSÕES

A partir da pesquisa bibliográfica foi possível constatar que as tecnologias apresentadas podem promover a melhoria da qualidade de vida da população, uma vez que é possível conter a disseminação de vetores e doenças e consequentemente a sustentabilidade ambiental devido a destinação adequada dos efluentes, bem como, a inclusão do cultivo dos vegetais que são apropriados para o consumo e proporciona à harmonia paisagística. Além do mais, os sistemas são de baixo custo e são direcionados para a implantação em áreas rurais.



REFERÊNCIAS

- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**: edição revista e ampliada. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BRASIL, M. S. MATOS, A. T. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (suplemento), p.133-137, 2005.
- BRASIL. **Lei 11.445, 5 de Janeiro de 2007**. Dispõe sobre a Política Nacional de Saneamento Básico, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras diretrizes. Brasília, DF, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares**. Brasília, DF, 2013.
- BRASIL. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Síntese de indicadores. Ed: 2º edição. Rio de Janeiro, 2013.
- COELHO, C. F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 801-810, 2018.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. SPE, p. 51-60, 2014.
- COSTA, J. F.; PAOLI, A. O.; SPERLING, M. V.; SEIDL, M. Avaliação do desempenho de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial tratando efluente de reator UASB, com base em quatro anos de monitoramento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 191-200, 2018.
- FERREIRA, L. A. F.; RIBEIRO, P. S. C.; ANDRADE, I. C. M.; GUIDES, R. M.; SANTOS, L. O. L.; CRUZ, L. M. O.; SANTOS, M. R. R.; REZENDE, S. Saneamento rural no planejamento municipal: lições a partir do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). **Revista DAE**, v. 67, n.220, São Paulo, Nov./2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.054>.
- FIGUEIREDO, I. C.S.; COASACA, R. L.; DUARTE, N. C.; MIYAZAKI, C. K.; LEONEL, L. P.; SCHNEIDER, J.; TONETTI, A. L. Fossa Séptica Biodigestora: avaliação crítica da eficiência da tecnologia, da necessidade da adição de esterco e dos potenciais riscos à saúde pública. **Revista DAE**, v. 67, n. 220, p. 100-114, 2019.
- GALINDO, N.; SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; GODOY, L. A.; SOARES, M. T. S.; GALVANI, F.; MARMO, C. R.; ROMERO, P. A. L. Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora-Edição revisada e ampliada. **Embrapa Instrumentação-Documents (INFOTECA-E)**, 2019.
- KIEVEL, M.; PRIEBE, N.; FOFONKA, L. Alternativas Sustentáveis para o Tratamento Adequado do Esgoto Doméstico no Município de Arroio dos Padres/ RS. **Revista Educação Ambiental em Ação**, n.54, 2015.
- LEONEL, L. F.; MARTELLI, L. F. A.; DA SILVA, W. T. L. **Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante**. In: III Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management. **Anais**. São Pedro: São Paulo, 2013.
- LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, v. 10, n. SPE, p. 37-45, 2007.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; MONACO, P. A. V. L. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 2, p. 119-132, 2010.

MENDES, Vitória Leopoldina Gomes; RODRIGUES, Paloma Duarte; CARVALHO, Luiz Antonio Solino; VILLELA, Reicla Larissa Jakimin Schmidt. **Gestão de águas e efluentes do centro espírita beneficente união do vegetal - núcleo Breuzim Cuiabá, Mato Grosso. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Belo Horizonte, MG, 2014.

NETTO, A. O; GUERRA, L. R. M.; SILVA, M. R. P.; WANDERLEY, G. F. Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 1, n. 3, p. 103-113, 2015.

PAMPLONA, S.; VENTURI, M. Esgoto à flor da terra: sistema de evapotranspiração é solução simples, acessível e sustentável. **Permacultura Brasil: soluções ecológicas**. Ano VI, n. 16, 2004.

SILVA, B. B.; NOGUEIRA, C. D.; ANDRADE, M.; SILVEIRA, R. B.; REZENDE, S. Evidenciando experiências positivas em saneamento básico: visões do Programa Nacional em Saneamento Rural (PNSR). **Revista DAE**, v. 67, n. 220, São Paulo, Nov./2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.056>.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: Referencial para a escolha de soluções. 1 ed. Campinas, SP: Unicamp, 2018. 153 p.2.

VON SPERLING, Marcos. Avaliação e análise comparativa de três diferentes sistemas de “Wetlands”- Fluxo Superficial, Vertical e Subsuperficial- utilizados para o tratamento de curso d’água poluído por fontes difusas e pontuais, para o tratamento de esgotos brutos e para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. In: BRASIL- Fundação Nacional da Saúde. **7º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. 1.ed. Brasília: Funasa, 2013. p. 81-108.