

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Engenharia hídrica

Adriana Monteiro Ferreira
Jamerson Pereira Duarte

Fossa séptica biodigestora: uma alternativa de baixo custo ao saneamento rural

Teófilo Otoni
2019

Adriana Monteiro Ferreira
Jamerson Pereira Duarte

Fossa séptica biodigestora: uma alternativa de baixo custo ao saneamento rural

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, como requisito para obtenção do grau de bacharel.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Aruana Rocha Barros Lopes
Coorientador: MSc. Luís Ricardo de Souza Corrêa

Teófilo Otoni
2019

Adriana Monteiro Ferreira
Jamerson Pereira Duarte

Fossa séptica biodigestora: uma alternativa de baixo custo ao saneamento rural

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, como requisito para obtenção do grau de bacharel.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Aruana Rocha Barros Lopes

Coorientador: MSc. Luís Ricardo de Souza Corrêa

Data de aprovação ____ / ____ / ____.

Prof.^a Dr.^a Aruana Rocha Barros Lopes
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia

Prof.^a Dr.^a Valéria Cristina da Costa
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

Teófilo Otoni

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Deus por fazer suscitar em nós a vontade de um mundo cada vez melhor.

Agradecemos em especial ao Grupo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Familiar (GEPAF) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e individualmente a cada um dos seus colaboradores integrantes, entre professores, alunos, parceiros e colaboradores externos por serem a base deste trabalho e pelo apoio durante a elaboração do trabalho.

Aos orientadores Professora Doutora Aruana Rocha Barros Lopes e o Mestre Luís Ricardo de Souza Corrêa pelos ensinamentos e contribuições ao trabalho.

Aos financiadores dos projetos que serviram de base a elaboração do trabalho, a Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da UFVJM e ao Fundo Nacional da Solidariedade (FNS) que através do apoio aos projetos contribuem o cuidado com a nossa casa comum.

Aos agricultores familiares participantes do projeto, pela receptividade e contribuição.

À nossas famílias pelo apoio, incentivo e paciência durante a nossa formação.

E à todos aqueles que de alguma forma contribuíram indiretamente para esta realização, nossos mais sinceros e fraternos agradecimentos.

RESUMO

A situação do saneamento básico no Brasil é muito precária, sendo ainda pior nas zonas rurais. Uma das alternativas para o saneamento rural é a utilização de fossas sépticas biodigestoras (FSB) para o tratamento de águas imundas. O modelo de FSB desenvolvido pela EMBRAPA é composto por um conjunto interligado de três caixas de polietileno em que o esgoto sanitário é decomposto pelo processo de digestão anaeróbia com a utilização de microrganismos provenientes das fezes frescas bovinas. O presente trabalho apresenta uma inovação tecnológica no modelo de FSB da EMPRAPA, proposta pelo Grupo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Familiar dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (GEPAF), substituindo as caixas de polietileno por placas pré-moldadas de argamassa, visando incrementar uma economia na implantação do sistema em propriedades de baixa renda. Foi realizada uma pesquisa de custo para se verificar a viabilidade econômica da inovação. Além disso, foi feita uma análise das percepções obtidas pelos proprietários rurais que fizeram utilização da fossa, nos municípios de Bertópolis e Crisólita - MG, salientando os benefícios dessa tecnologia social para o meio rural, como a contribuição com a melhoria da produção agrícola através do efluente que pode ser utilizado no solo como adubo, não gerar mau cheiro, não propicia a proliferação de insetos e maior tempo de utilização em relação à fossa rudimentar. Por fim, conclui-se que a fossa séptica biodigestora apresentada é um instrumento que contribui com o acesso de famílias de baixa renda ao saneamento básico, melhorando assim a qualidade de vida desta população, além de contribuir para a preservação do meio ambiente.

Palavras chave: Fossa séptica biodigestora, saneamento rural, tecnologia social.

ABSTRACT

The situation of basic sanitation in Brazil is very precarious, even worse in rural areas. One of the alternatives for rural sanitation is the use of biodigester septic tanks (FSB) for the treatment of wastewater. The FSB model developed by EMBRAPA consists of an interconnected set of three polyethylene boxes where the sanitary sewage is decomposed by the anaerobic digestion process with the use of microorganisms from fresh bovine faeces. The present work presents an adaptation in the model of FSB of EMPRAPA, proposed by the Extension and Research Group in Family Agriculture of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys (GEPAF), replacing the polyethylene boxes with concrete slabs manufactured at the installation site, aiming to increase an economy in the implantation of the system in low income properties. A cost survey was carried out to verify the economic viability of the adaptation. In addition, an analysis was made of the landowners who made use of the pit, in the municipalities of Bertópolis and Chrysolita - MG, highlighting the benefits of this social technology for rural areas, such as contributing to the improvement of agricultural production through the effluent that can be used in the soil as fertilizer, do not generate bad smell, do not promote the proliferation of insects and longer time of use in relation to rudimentary pit. Finally, it is concluded that the septic tank presented is an instrument that contributes to the access of low-income families to basic sanitation, thus improving the quality of life of this population, in addition to contributing to the preservation of the environment.

Keywords: Septic tank biodigestor, rural sanitation, social technology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 Histórico do saneamento no mundo.....	13
4.2 Histórico do saneamento básico no Brasil.....	14
4.3 Atendimento de Saneamento básico no Brasil.....	16
4.4 Diretrizes Jurídicas Para o Saneamento básico segundo a Lei 11.445/2007	18
4.5 Contaminação da água.....	18
4.6 Esgoto doméstico	21
4.6.1 Águas servidas	21
4.6.2 Águas imundas	22
4.6.3 Características do esgoto	22
4.7 Tratamento do esgoto no meio rural	24
4.7.1 Fossas sépticas biodigestoras	25
4.8 Processo de Digestão Anaeróbica.....	27
4.9 Destinação do efluente tratado na fossa séptica biodigestora	29
5 METODOLOGIA.....	30
5.1 Caracterização da área de estudo	31
5.2 Parâmetros de dimensionamento da fossa Séptica biodigestora.....	32
5.2.1 Contribuição de despejos e de lodo fresco	33
5.2.2 Período de detenção dos despejos.....	33
5.2.3 Taxa de acumulação total de lodo	34
5.2.4 Volume da fossa séptica biodigestora	35
5.3 Materiais necessários.....	36
5.4 Construção da fossa séptica biodigestora	36
5.4.1 Local.....	36
5.4.2 Abertura da vala	37
5.4.1 Preparo das placas	37

<i>5.4.4 Preparo das tampas</i>	39
<i>5.4.5 Preparo do contrapiso</i>	39
<i>5.4.6 Montagem das caixas</i>	39
<i>5.4.7 Funcionamento</i>	40
5.5 Análise econômica	41
5.6 Análise de percepção social	41
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
6.1 Dimensionamento do volume da fossa séptica	42
6.2 Dimensionamento das placas	42
6.3 Método construtivo	43
6.4 Análise Econômica	48
6.5 Análise da percepção social	50
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

O termo saneamento básico é de suma importância para o desenvolvimento humano, em termos menos ortodoxos retrata ações pertinentes à melhoria das condições de vida da população com sua máxima voltada para o benefício à saúde do indivíduo, nesta perspectiva afirma Kobiyama *et al.* (2008), que o saneamento é um fator condicionante da saúde.

Dados estimativos divulgados no relatório da Organização Mundial de Saúde – OMS e o Fundo das Nações Unidas para a Infância – UNICEF (2017) aferem que em todo o mundo 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável em casa, e 4,5 bilhões carecem de saneamento seguro. O Brasil, no que tange ao saneamento básico apresenta evolução pouco efetiva, segundo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS 60,2% da população urbana contam com rede coletora de esgoto, contudo apenas 46% do esgoto gerado é efetivamente tratado, sendo o índice mais baixo identificado na macrorregião Norte, em que apenas 22,6% dos esgotos gerados são tratados. Concomitantemente ocorre maior exposição dos corpos hídricos à contaminação derivados dessa poluição (BRASIL, 2019).

É evidente que as características do meio não sejam uniformes, seja, social, física, econômica ou cultural, estabelecendo uma relatividade entre as áreas rurais e urbanas, as ações propostas como soluções para estas devem se diferenciar no segmento do saneamento conforme necessidades de cada ambiente. Dados recentes retratam que no meio rural a situação é precária, 46,3% desta população adotam o uso de fossas rudimentares para destinação do esgoto, 18,3% fazem uso de fossa séptica, e apenas 5,2% das residências possuem vínculo com a rede de coleta de esgoto conforme a Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios – PNAD de 2012 (IBGE, 2013).

O lançamento de esgoto doméstico e/ou industrial ausente de tratamentos adequados lançados nos cursos d'água, segundo Moreira *et al.* (2011), promove a contaminação dos mananciais superficiais, o qual dispõe de um meio propício para propagar contaminações em grande escala e gerar problemas de saúde pública generalizados.

Considerando as assertivas apresentadas, é considerável salientar que a adoção de métodos que auxiliem o tratamento adequado para a destinação correta dos esgotos é de fundamental importância. Neste sentido, explorando melhor a classe rural e suas peculiaridades, a Fossa Séptica Biodigestora (FSB) é uma opção de real benefício para o

propósito, uma vez que este sistema possibilita além do tratamento de esgotos sanitários domésticos através do processo de biodigestão, a utilização do produto obtido deste processo como adubo orgânico, em outras palavras o esgoto tratado surge como uma opção de insumo a custo zero que poderá auxiliar na produtividade em culturas.

Por fim, esta pesquisa evidencia a importância do saneamento básico através de fundamentações teóricas e propõe como uma alternativa ao saneamento rural uma fossa séptica biodigestora feita com placas de argamassa que seja viável do ponto de vista técnico e econômico, para residências com pessoas de baixa renda.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Apresentar uma inovação tecnológica da fossa séptica biodigestora seguindo o modelo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) feita com placas de argamassa como uma alternativa viável, do ponto técnico, econômico e social ao saneamento rural em propriedades de baixa renda.

2.2 Objetivos específicos

1. Apresentar o dimensionamento e o processo de construção e instalação da fossa séptica biodigestora;
2. Realizar uma avaliação de custo para comparação com o modelo da EMBRAPA e verificar a viabilidade econômica;
3. Apresentar os impactos sociais através da percepção da população atendida;

3 JUSTIFICATIVA

Somado a pretensão de agregar a comunidade acadêmica, este tema se justifica pela carência do saneamento ambiental em regiões que não dispõe de redes de coleta e tratamento de esgoto. A exposição dos mananciais de abastecimento de água a condições de contaminações sejam estas difusas ou pontuais, desencadeadas pela ausência do esgotamento sanitário causam severos danos à população. A expressiva representatividade do saneamento associada à busca por novas soluções ou adaptações que promovam melhorias das condições sanitárias no meio rural impulsiona o desenvolvimento da proposta.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Histórico do saneamento no mundo

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), compreende-se por saneamento um conjunto de ações socioeconômicas que visam promover o bem-estar e a saúde da população. A preocupação com o saneamento associado à saúde humana vem desde as antigas civilizações. Há relatos que foram encontrados banheiros, esgotos nas construções e drenagem nas ruas em ruínas de uma civilização desenvolvida há 4000 anos na Índia (BRASIL, 2010).

Segundo Cavinatto (*apud* RIBEIRO E ROOKE, 2010, p.5), métodos de captação, condução, armazenamento e utilização da água eram desenvolvidos por povos antigos. Os egípcios dominavam técnicas de irrigação do solo na agricultura e métodos de armazenamento de água, pois dependia das cheias do Rio Nilo. No entanto não se sabia que muitas doenças estavam relacionadas com microrganismos patogênicos, estes por sua vez eram removidos através dos processos de filtragem e armazenamento.

Ainda de acordo com a FUNASA, há de se destacar as obras voltadas para o saneamento básico, como as construções em Roma de aquedutos, banheiros públicos, termas e canais de esgoto (BRASIL, 2004).

Endossa Cavinatto (*apud* RIBEIRO E ROOKE, 2010, p.5), que no século XVIII alguns países europeus, como Inglaterra, França, Bélgica e Alemanha, apresentavam condições de vida precárias nas cidades, sem nenhuma condição de higiene. Isso ocorreu devido ao crescimento desordenado das cidades e o aparecimento das indústrias. Dessa forma, com a inexistência do saneamento básico, a população sofreu com graves epidemias, como cólera e a febre tifoide, além da peste bubônica transmitida pela pulga do rato que eram atraídos pelo acúmulo de lixo.

Cavinatto (*apud* RIBEIRO E ROOKE, 2010, p.5) destaca ainda que alguns países europeus realizaram uma grande reforma sanitária, iniciada na Inglaterra. Para acabar com as fezes e os detritos acumulados nas residências foram utilizadas descargas líquidas, lançando esses detritos nas canalizações de águas pluviais. No entanto, devido à grande quantidade de

esgotos despejados nos rios, estes passaram a ficar cada vez mais poluídos, com mau cheiro e sujeitos a proliferação de doenças.

4.2 Histórico do saneamento básico no Brasil

A história do saneamento básico no Brasil foi estabelecida em etapas distintas. Segundo Delpupo (2014), após a chegada da corte portuguesa no Brasil, em 1808, houve um avanço nos serviços de saneamento básico no país, principalmente no Rio de Janeiro. Os portos de desembarque passaram a ser fiscalizados para evitar a entrada de cargueiros com pessoas doentes.

Ainda segundo Delpupo (2014), foi possível destacar que, no período imperial, a população abastecia-se nos chafarizes das cidades e o serviço de abastecimento de água era feito de forma individual pela população. Já no período republicano, os serviços de saneamento eram de responsabilidade do Estado, porém os investimentos eram destinados a locais onde residiam as elites da época. Ao passo que as cidades se desenvolviam, obras de saneamento também eram feitas. No ano de 1930, foram projetados por Saturnino de Brito o sistema de distribuição de águas e coleta de esgotos e os canais de drenagem em Santos.

De acordo com Delpupo (2014), as décadas de 50 e 60 foram marcadas por pressões da população exigindo maiores investimentos no setor de saneamento básico.

Na década de 50/60 foi criado o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) que previa o reembolso dos investimentos financeiros por intermédio das tarifas, exigindo-se autonomia. Ainda, neste período, há registros de grandes pressões por parte da população e de representantes da indústria e comércio, reivindicando maiores investimentos no setor de saneamento básico, tais como extensão das redes de abastecimento, redes de coleta e tratamento de esgotos (DELPUPPO, 2014. p.23).

O atraso relativo do Brasil na área de saneamento básico tem uma origem histórica distante. Segundo a EXANTE Consultoria Econômica (2014), a situação vivida pela população há 50 anos era preocupante.

Há 50 anos, apenas uma em cada três moradias estava ligada à rede geral de coleta de esgoto ou à rede fluvial. Isso significa dizer que apenas 1/3 da população tinha o esgoto afastado de seu local de residência. No que respeita ao tratamento a situação era muito pior: do esgoto coletado, sequer 5% recebia algum tratamento antes do despejo no meio ambiente (EXANTE CONSULTORIA ECONÔMICA, 2014, p.9).

Alguns pontos na história do saneamento básico no Brasil merecem ser destacados, como a criação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) instalado pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) na década de 70 devido à necessidade de atendimento da demanda urbana por abastecimento de água, em função do aumento populacional nas cidades a partir de meados da década de 60 (DELPUPO, 2014).

De acordo com Nozaki (2007), posteriormente à criação do PLANASA, pelo Governo Federal, os municípios foram incentivados a conceder os serviços de saneamento básico para as Companhias Estaduais de Saneamento (CESBs), devido à facilidade de acesso com que essas empresas aderiam aos empréstimos do BNH. No entanto o governo utilizava dessa artimanha na tentativa de centralização, forçando os municípios a concederem os seus serviços de saneamento básico às companhias estaduais.

Ainda segundo Nozaki (2007), a década de 80 foi marcada pelo baixo investimento no setor, ocasionados por poucos recursos externos captados, crise econômica fiscal e menor produtividade da economia.

De acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), em 1986, o governo extinguiu o BNH e cancelou os investimentos que vinham sendo feitos no setor com recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), tendo em vista as dívidas das companhias de saneamento (BRASIL, 2011).

Segundo Dantas *et al* (2012, p.275), na década de 1990 “se concretiza a possibilidade da privatização dos serviços de saneamento básico, com estrutura de grandes empresas”. Para Nozaki (2007, p.30), “esse período foi marcado por uma política mais integrada do saneamento com as de desenvolvimento urbano, de saúde e de meio ambiente”.

No ano de 1992 houve a criação de alguns programas para desenvolvimento do saneamento básico, como o Programa de Saneamento para Núcleos Urbanos (PRONURB) e o Programa de Saneamento para a População de Baixa Renda (PROSANAER), que implementaram o abastecimento de água e esgotamento sanitário com apoio da população em periferias e favelas (BRASIL, 2011).

Ainda segundo SNSA, em 1999 houve a 1ª Conferência Nacional de Saneamento, afim de que o país se comprometa a acelerar o processo de concessão dos serviços de água e esgoto (BRASIL, 2011).

No início do século XXI foi criado o Ministério das Cidades e a SNSA, com novos conceitos de políticas integradas entre população e o Conselho das Cidades. Posteriormente a esses processos de desenvolvimento foi criada a Lei nº 11.445/2007, que

estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e institui a Política Federal de Saneamento Básico (BRASIL, 2011).

4.3 Atendimento de Saneamento básico no Brasil

No Brasil, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) referentes ao 23º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2017, é possível perceber que o desenvolvimento acontece de forma lenta com baixos índices de atendimentos. De acordo com os dados, 60,2% da população têm atendimento por redes de esgoto. Para o atendimento de água, verifica-se que 160 milhões de habitantes são atendidos por redes de água, correspondendo a 93% da população urbana, levando-se em consideração o atendimento exclusivamente por redes públicas (BRASIL, 2019).

Ainda segundo os dados citados no diagnóstico feito pelo SNIS, observar-se que valores referentes ao investimento feito no setor no ano de 2017, numa totalidade de R\$ 10.961,9 milhões. Os valores correspondem a R\$ 569,0 milhões (5,2%) em despesas capitalizáveis, R\$ 5.567,8 milhões (50,8%) nos sistemas de água, R\$ 3.886,7 milhões (35,5%) nos serviços de esgotamento sanitário e R\$ 938,5 milhões (8,6%) em outros investimentos (BRASIL, 2019).

Mas esses investimentos, a passos lentos, ainda não são suficientes para a universalização do saneamento básico. Segundo a Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto/Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON/SINDCON, 2016), o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), promulgado pelo governo federal em 2014, estabeleceu a meta de universalizar os serviços de água tratada e coleta de esgoto até 2033, com investimentos públicos e privados estimados em R\$ 304 bilhões.

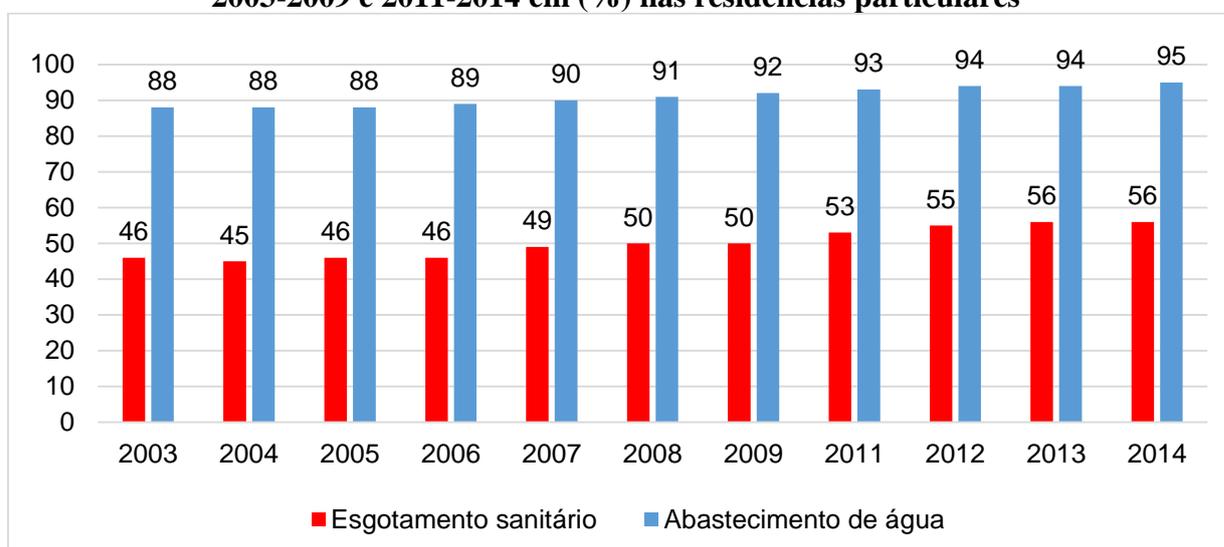
No entanto, de acordo com o estudo feito pela ABCON/SINDCON, esse prazo previsto pelo PLANSAB não condiz com a realidade.

Os números dos últimos Diagnósticos do SNIS (2014) comprovam que pouco se avançou nos últimos dois anos. Em 2013, o investimento no saneamento ficou em apenas R\$ 10,5 bilhões e, em 2014, R\$ 12,2 bilhões. A prosseguir nesse ritmo e sem considerar o crescimento populacional, a universalização só se dará em 2051. Assim, a previsão do Plansab já carece de revisão (ABCON/SINDCON, 2016, p.15).

Segundo o Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos - DIEESE (2016, p.6), “o Brasil possuía 95% dos domicílios com acesso a água, e somente 56% deles com esgotamento sanitário (coleta de esgoto)”, tendo como base os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Pnad-IBGE) de 2014.

Nota-se um razoável crescimento no abastecimento de água se comparado com 11 anos atrás, no entanto o percentual de domicílios com cobertura de esgotamento sanitário é bastante precário, conforme é mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Cobertura de água e esgoto no Brasil entre 2003-2009 e 2011-2014 em (%) nas residências particulares



Fonte: DIEESE (2016, p. 6).

De acordo com Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos - DIEESE (2016) - há uma baixa cobertura de esgotamento sanitário nas regiões brasileiras, sobretudo na região Norte que apresentou cobertura de esgotamento sanitário de 12% no ano de 2014. Em se tratando da cobertura de abastecimento de água, os dados são satisfatórios, entretanto o Norte e Nordeste possuem percentuais abaixo de 90%. Nesse contexto, Guimarães (2015) ressalta a importância da atualização da política e da gestão para a universalização do atendimento e, ao mesmo tempo, fortaleça o diálogo entre os interessados pelo desenvolvimento no setor facilitando as normas e regras para o saneamento nas áreas com precariedade urbana.

4.4 Diretrizes Jurídicas Para o Saneamento básico segundo a Lei 11.445/2007

Os serviços de saneamento são essenciais para a população e devem ser vistos como investimentos e nunca como despesas pela administração pública. De acordo com a FUNASA, para cada um real gasto em investimentos no setor do saneamento básico economizam-se quatro reais na área da saúde (BRASIL, 2004).

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, intitulada como Lei das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, define saneamento básico como sendo:

Art. 3º - Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I- Saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007, p.2).

De acordo com Pereira Junior (2008), ao estabelecer diretrizes para a Política Federal de Saneamento Básico, a Lei nº 11.445/07 tem como finalidade orientar os órgãos do Poder Executivo Federal amenizando as incertezas e os conflitos entre as entidades federais, tais como o Ministério das Cidades e entidades estaduais e municipais.

4.5 Contaminação da água

As doenças provenientes de veiculação hídrica afetam faixas etárias específicas e causam em parceria com a diarreia, um grande número de internações. Em 2015, 2,35% de todas as internações no Brasil foram causadas por doenças como amebíase, cólera, paratifoide e febres tifoide, shigelose, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, esquistossomose e outras doenças infecciosas intestinais, que impactaram em 0,7% dos investimentos do Sistema Único de Saúde (SUS) com internações no ano (PAIVA, 2018).

Nos últimos anos, o Brasil apresentou um alto índice de crescimento demográfico, tendo como consequência a sobrecarga dos recursos hídricos afetando sua quantidade e também as qualidades, trazendo sérios problemas devido a essa desordenada expansão. A construção de residências, ruas, parques e até mesmo passeios aumentam a impermeabilidade do solo impedem a absorção das águas provenientes das chuvas dificultando assim a renovação dos cursos hídricos (VICTORINO, 2007).

Os principais poluentes da água são os dejetos nela eliminados, como os industriais e domiciliares que entram através da eliminação inadequada. Exemplos de fontes poluidoras nesta categoria são descargas diretamente nos efluentes sem tratamento, uma fábrica ou escoamento de enxurradas nas cidades.

Para Merten e Minella (2002), o termo qualidade de água, não se refere necessariamente a um estado de pureza, mas sim às características químicas, físicas e biológicas, através destas características é que são estipuladas diferentes finalidades para a água. De acordo com a Resolução N° 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA - (BRASIL, 2005), os corpos de água foram classificados em nove categorias, sendo cinco classes de água doce (salinidade <0,5%) duas classes salinas (salinidade superior a 30%) e duas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%). A classificação padronizada dos corpos de água possibilita que se fixem metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada, a classe "especial", por exemplo, é apta para uso doméstico sem tratamento prévio, enquanto o uso doméstico da classe IV é restrito mesmo após tratamento, devido à presença de substâncias que oferecem risco à saúde humana.

Dentre os principais contaminantes específicos para a poluição da água inclui-se um amplo espectro de produtos químicos, agentes patogênicos e alterações físicas ou sensoriais como a temperatura elevada e a descoloração. O agravamento da poluição de mananciais em muitas regiões do mundo exige conscientização e mudanças de atitudes. É preciso ter em mente que a água é a mercadoria mais preciosa desse século, no entanto, não significa que devemos transformar a “fonte da vida” em sistema monetário, gerador de tantos conflitos (VICTORINO, 2007).

A água contaminada pode representar um obstáculo à qualidade de vida e saúde do indivíduo. De acordo com Franco (2007), as fontes de água doce utilizadas pelo ser humano, na forma de poços, rios, riachos e lagos, hoje sofrem um contínuo e crescente processo de degradação em função do despejo de esgotos in natura ou tratados, de fezes de animais, além dos efluentes resultantes das atividades industriais.

A contaminação pode acontecer com o contato direto com o esgoto, enchentes ou devido à ingestão acidental de água contaminada ou através do consumo de alimentos cozidos ou lavados com águas poluídas. Ou indiretamente, sendo ligada à transmissão de verminoses, e vetores, como o mosquito *Aedes aegypti*, que se relacionam com a água podem ocasionar a dengue, a febre amarela e a malária (COPASA, 2004).

Algumas das principais doenças de veiculação hídrica são representadas no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Doenças de veiculação hídrica

DOENÇAS	TRANSMISSÃO	TIPO DE AGENTE
Amebíase	Os parasitos são eliminados com as fezes que, se deixadas próximas a rios, lagoas, fossas, contaminam a água.	Protozoário
Giardíase e criptosporidíase	A transmissão se faz pela ingestão de cistos, podendo o contágio acontecer pelo convívio direto com o indivíduo infectado, pela ingestão de alimentos e água contaminados, pelo contato com moscas etc.	Protozoário
Gastroenterite	Infecção do estômago e do intestino produzida, principalmente, por vírus ou bactérias, em locais em que não existe saneamento.	Vírus/Bactéria
Febres tifoide e paratifoide	A doença se transmite pelas descargas do intestino (fezes), que contaminam as mãos, as roupas, os alimentos e a água. O bacilo tifoide é ingerido com os alimentos e a água contaminada.	Bactéria
Hepatite infecciosa	Transmissão pode ocorrer por meio da água contaminada. Os indivíduos doentes podem transmiti-la pelas fezes, ou pela transfusão de sangue.	Vírus
Cólera	Através de água contaminada pelas fezes, vômitos ou mãos sujas dos doentes, ou portadores. Ou alimentos que foram lavados com água já contaminada pelo micróbio causador da doença e não foram bem cozidos.	Bactéria

Fonte: COPASA (2004).

Em todos esses casos, o tratamento da água, higiene pessoal e condições sanitárias adequadas são formas de evitar as doenças (COPASA, 2004).

4.6 Esgoto doméstico

De acordo com a FUNASA os excrementos humanos podem ser veículos de patógenos de várias doenças, sendo assim, indispensável afastar as possibilidades de seu contato com o homem, águas de abastecimento, vetores e alimentos. No entanto, devido à carência de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, grande parte da população é acostumada a lançar os dejetos diretamente sobre o solo, favorecendo a transmissão de doenças. É recomendada a utilização de instalações sanitárias ligadas a um sistema público de esgoto com destinação adequada. Contudo, por razões econômicas ou por dificuldades de acesso, essa solução não é praticada no meio rural e em muitas comunidades urbanas e suburbanas. Nesses casos, é indicado soluções de tratamento alternativas visando evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água, evitar o contato de vetores com as fezes, promover o conforto e atender ao senso estético (BRASIL, 2004).

Segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986, p.1) o esgoto doméstico é definido como o “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”. É composto basicamente por água de banho, urina, fezes, restos de comida, detergentes, correspondendo a aproximadamente 99,9% de líquido e 0,1% de sólido (RABÊLO, 2011).

De acordo com Rabêlo (2011) a segregação dos efluentes domésticos em águas servidas e águas imundas facilita o tratamento, pois, assim viabiliza o reuso das águas com baixa carga orgânica e favorece as condições de tratamento das águas imundas.

4.6.1 Águas servidas

Segundo Rampelotto (2014), tecnicamente as águas servidas são derivadas de pias, chuveiros e lavanderias, não possuindo contribuição de bacia sanitária. Contudo pode-se estender a um grupo de águas que possuem trabalhabilidade mais simples, considerando que os parâmetros sanitários e a finalidade do uso são determinantes. Aprofundando aspectos quantitativos, afirma Ciciliato (2013), que águas servidas compõem entre 60% e 70% do volume total do esgoto doméstico.

Ressalta May (2009), que a composição da água residual está diretamente ligada ao comportamento dos usuários, podendo produzir características físicas, químicas e biológicas interface a associação de localização, hábitos, condições de vida e instalações dos

usuários. Nesta linha, afirma que microrganismos patogênicos são introduzidos nas águas servidas através da limpeza das mãos. Aproveitando a perspectiva, endossa Rapoport (2004), que essas as águas, ainda que não sejam provenientes de vasos sanitários, apresentam parcelas de coliformes, sobretudo grande quantidade de detergentes o que lhe confere propriedades alcalinas. Quanto às águas provenientes da lavagem de roupas, estas apresentam elevada presença de sódio, boro, fosfato, surfactantes, além de nitrogênio e amônia, decompostos de materiais de higienização, considera-se também presença de coliformes.

4.6.2 Águas imundas

Tecnicamente as águas imundas, são derivadas tão somente do vaso sanitário, para Rabêlo (2011), sua composição destaca a presença de fezes e nutrientes solúveis como fósforo, nitrogênio e potássio originários de urinas. Acrescenta ainda que apesar de que essas águas sejam menores em quantidade que as águas servidas, esta primeira possui grande carga de matéria orgânica e organismos patogênicos, que esta classe de esgoto exige tratamentos mais complexos para confrontar a carga de patógenos.

A respeito de águas imundas considera Rabêlo (2011), que o tratamento anaeróbico é ideal para estabilização da matéria orgânica neste tipo de efluente, evitando a propagação de patógenos.

4.6.3 Características do esgoto

De acordo com Nuvolari (2003) o esgoto doméstico é composto basicamente por sabões e detergentes biodegradáveis e não biodegradáveis, cloreto de sódio, fosfatos, sulfato, carbonatos, ureia, amoníaco e ácido úrico, gorduras, vermes, bactérias e vírus, além de areia, plásticos, cabelos, sementes, entre outros. A maioria dos detergentes contém fosforo em sua composição e os fosfatos e cloretos de sódio são nutrientes eliminados na urina.

Segundo Rabêlo (2011), são utilizados parâmetros físico-químicos e biológicos para caracterização dos esgotos e, de acordo com esses parâmetros é possível verificar como deve ser o tratamento mais adequado. No Quadro 2 encontram-se as principais características dos esgotos domésticos.

Quadro 2 - Principais características físicas, químicas e biológicas do esgoto doméstico.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Parâmetro	Descrição
Temperatura	Ligeiramente superior à da água de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura.
Cor e Turbidez	A cor e turbidez indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
Matéria Orgânica	Cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica. Geralmente esses compostos são constituídos principalmente por proteínas e carboidratos, além de gorduras e óleos, ureia, sulfatos e fenóis.
Matéria Inorgânica	A matéria inorgânica presente nos esgotos é formada principalmente de areia e de substâncias minerais dissolvidas.
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	
Microrganismos	As bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas são os microrganismos mais importantes no esgoto sanitário.
Indicadores de poluição	Para indicar a poluição de origem humana adotam-se os organismos do grupo coliforme como indicadores pelo fato dessas bactérias coliformes serem típicas do intestino do homem e de outros mamíferos.

4.7 Tratamento do esgoto no meio rural

De acordo com Gomes (2015) as opções mais avançadas para tratamento de efluentes são adequadas para regiões densamente ocupadas com produção de grandes vazões de esgoto, o que não ocorre nas pequenas comunidades e regiões rurais. Segundo Tonetti *et al.* (2010), nas zonas rurais é comum o uso de fossas, mas em muitos casos o esgoto é lançado nos corpos hídricos ou no solo sem nenhum tratamento prévio, podendo acarretar problemas ao meio ambiente e à saúde da população local. Gomes (2015) aponta que uma forma de suprir a carência de redes coletoras de esgoto seria a implantação de tecnologias descentralizadas, levando em consideração as exigências de desempenho do tratamento, as condições locais e a caracterização do esgoto. No Quadro 3 estão descritas algumas tecnologias possíveis de aplicação para tratamento de esgoto doméstico segundo as normas técnicas NBR 7229/93 e NBR 13969/97.

Quadro 3 – Tecnologias indicadas para tratamento de esgoto doméstico

Tecnologia	Descrição
Tanque Séptico	Decanto digestor de fluxo horizontal utilizado no tratamento primário de esgoto para remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica através de processos de sedimentação, flotação e digestão
Filtro Anaeróbio de Leito Fixo	Reator biológico preenchido por material filtrante no qual a biomassa anaeróbia e facultativa se fixa e se desenvolve promovendo a estabilização da matéria orgânica. A submersão do material no efluente provoca a entrada em estado anaeróbio por meio da inexistência de sistema de aeração constante
Filtro Aeróbio	Reator biológico preenchido por material filtrante submerso onde a biomassa se desenvolve para depuração do efluente. Requer a inclusão de um sistema de aeração para oxigenação e manutenção dos organismos aeróbios participantes do processo de tratamento
Filtro de Areia	Leitos preenchidos de areia e/ou materiais filtrantes que permitem a percolação do efluente e promovem a retenção física do material particulado e a degradação biológica
Vala de Filtração	Vala escavada no solo, preenchida com meios filtrantes e provida de tubos de distribuição de esgoto e de coleta de efluente filtrado. A remoção de compostos poluentes se dá por ações físicas e biológicas sob condições essencialmente aeróbias
Vala de Infiltração	Vala escavada no solo para depuração e disposição final do esgoto contendo tubulações de distribuição do efluente e material filtrante, cuja eficiência de tratamento se dá por processos físicos e biológicos e pelas características do solo
Lagoa com Plantas Aquáticas	Lagoas rasas onde micro-organismos fixos às raízes das plantas e as próprias plantas atuam na depuração do efluente
Lodos Ativados por Batelada	Reatores aeróbios de mistura completa onde ocorre a aeração do efluente aliada à recirculação da biomassa e à aplicação intermitente, apresentando elevados níveis de tratamento
Sumidouro; Poço Absorvente	Poço escavado no solo, destinado à depuração e disposição final do esgoto no nível subsuperficial. Devido à profundidade do poço, deve-se ter cautela com a distância do nível freático

Fonte: GOMES, 2015, p.30.

Segundo Costa e Guilhoto (2014) a principal diferença entre fossas sépticas e fossas sépticas biodigestoras é a reciclagem do efluente (biofertilizante) produzido na fossa séptica biodigestora. Além disso, se diferem na questão da liberação de odor desagradável, proliferação de vetores, necessidade de remoção de dejetos e no tipo de esgoto a ser tratado, conforme indicado no Quadro 4.

Quadro 4 – Comparação entre fossa séptica e fossa séptica biodigestora

Característica	Fossa Séptica	Fossa Séptica Biodigestora
Contaminação de águas superficiais	Não	Não
Contaminação de águas subterrâneas	Não	Não
Necessidade de retirar os dejetos	Sim	Não
Efluente reciclável	Não	Sim
Todo esgoto doméstico	Sim	Não
Odor desagradável	Sim	Não
Vedação hermética	Não	Sim
Proliferação de vetores	Sim	Não

Fonte: Costa e Guilhoto (2014). Adaptado.

Como a fossa séptica biodigestora é exclusiva para o tratamento do esgoto oriundo do vaso sanitário, outras alternativas devem ser utilizadas para complementar o tratamento do esgoto doméstico, como por exemplo a utilização de jardins filtrantes.

De acordo com a EMBRAPA (2015) o jardim filtrante é uma alternativa para dar destino adequado ao esgoto proveniente de pias, tanques e chuveiros, ricos em sabões e detergentes. É composto basicamente por um um pequeno lago com pedras, areia e plantas macrófitas aquáticas onde o esgoto é tratado, precedido por uma caixa de retenção de gordura. Esse sistema auxilia na sustentabilidade do meio ambiente além de permitir harmonia paisagística.

4.7.1 Fossas sépticas biodigestoras

De acordo com Silva, Marmo e Leonel (2017), a fossa séptica biodigestora é uma tecnologia social de saneamento básico, desenvolvida pela Embrapa Instrumentação com a finalidade de realizar o tratamento de águas negras nas residências rurais. É formada por um

conjunto de, no mínimo, 3 caixas d'água de 1000 litros conectadas por tubulações, dimensionada para atender residências de até 5 habitantes (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017). Segundo Jordão e Pessoa (2011, p.392) “fossa séptica é um dispositivo de tratamento de esgotos destinado a receber a contribuição de um ou mais domicílios e com capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com sua simplicidade e custo”.

Para Bertoncini (2008) a utilização de FSB trata-se de uma técnica de tratamento de água e dejetos que pode ser empregada com sucesso. No Brasil, essa tecnologia já atende milhares de residências rurais em diversos estados:

A Fossa Séptica Biodigestora já está presente em mais de 11.500 residências rurais em todas as regiões do Brasil, beneficiando diretamente um público estimado de mais de 57 mil pessoas. Entidades como a CATI/SP, Fundação Banco do Brasil e Programa Rio Rural - EMATER/RJ já instalaram, juntas, mais de 10.000 unidades da Fossa Séptica Biodigestora. Trata-se, portanto, de uma tecnologia consolidada para o saneamento básico rural e de impacto significativo na qualidade de vida no campo. O Ministério das Cidades editou em 22 de março de 2017 a Portaria nº 268/2017 que incluiu a Fossa Séptica Biodigestora como referência no Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017, p.9).

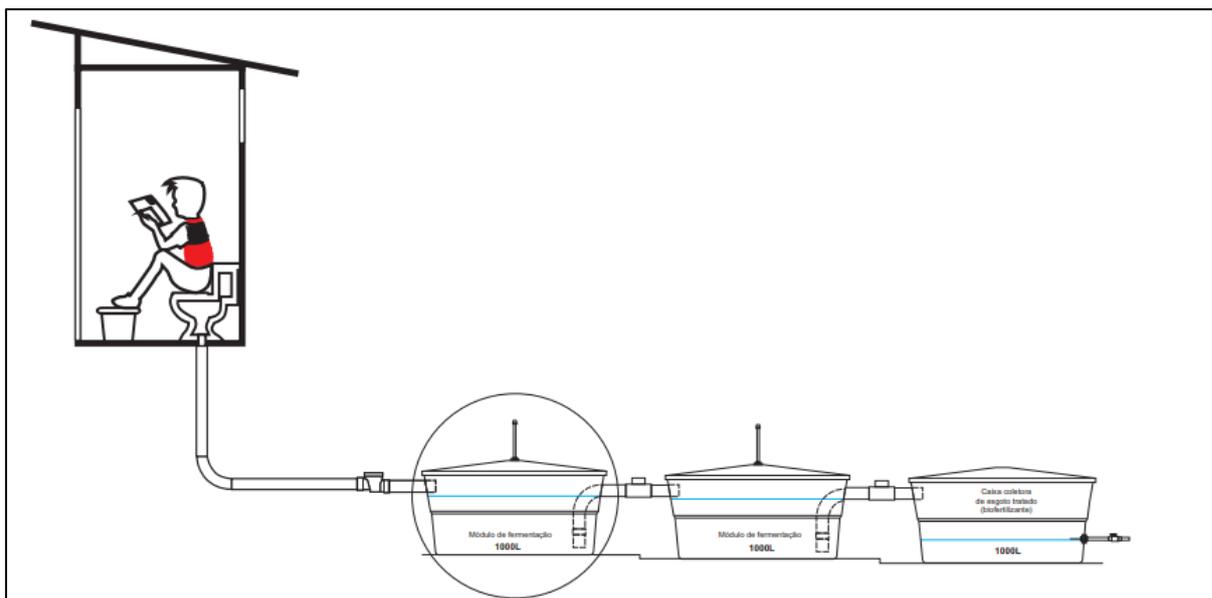
Novais *et al.* (2002), ressalta que a fossa séptica biodigestora é um sistema eficaz e seu processo de decomposição da matéria orgânica é anaeróbico, constituindo-se em um tratamento biológico do esgoto por ação de digestão fermentativa. De acordo Silva, Marmo e Leonel (2017) a decomposição da matéria orgânica é realizada por microrganismos presentes no próprio esgoto e com o auxílio de bactérias presentes em esterco fresco introduzidas no sistema para aumentar a eficiência e potencializar o tratamento do esgoto. Os mesmos autores afirmam ainda que o efluente resultante da fossa é adequado para ser utilizado no solo como adubo.

Kurioki *et al.* (2009), destacam três vertentes de exploração tecnológica do sistema: o tratamento de efluentes domésticos, o uso energético do biogás e a utilização dos insumos como biofertilizante para o solo.

Segundo Andreoli *et al.* no que tange a qualidade da água, a eficiência da fossa séptica biodigestora é muito agradável, pois sua capacidade de remoção de impurezas que reduzem a possibilidade de organismos patógenos na água, entretanto tais resultados dependem das características do efluente, do projeto da fossa séptica em si e da manutenção do sistema de tratamento.

Na Figura 1 a seguir é ilustrado um sistema de fossa séptica biodigestora.

Figura 1 – Esquema de uma Fossa Séptica Biodigestora



Fonte: Silva, Mermo e Leonel (2017, p. 10).

4.8 Processo de Digestão Anaeróbica

A fossa séptica biodigestora é um método de tratamento de esgotos domésticos que se dá através do processo de digestão anaeróbia, em outras palavras, exerce a estabilização da matéria orgânica em um meio com ausência de oxigênio. Enfatiza Jordão e Pessoa (2005), é necessário o confinamento de um espaço (reatores) em condições que favoreça as reações bioquímicas intrínseco da fermentação natural.

Para Faustino (2007), os objetivos do processo de digestão anaeróbia podem ser enumerados da seguinte maneira: 1 Redução substancial dos sólidos voláteis; 2 Diminuição significativa dos agentes patogênicos; 3 Estabilização de uma série de substâncias instáveis presentes no efluente domiciliar.

De modo mais simples, afirma Silva (2009), que a digestão anaeróbia pode ser constituída em dois estágios:

1. No primeiro estágio atuam bactérias anaeróbias e facultativas, denominadas formadoras de ácidos. Nessa fase a matéria orgânica complexa (carboidratos, lipídeos e proteínas) é transformada em compostos mais simples como ácidos orgânicos voláteis, gás carbônico e gás hidrogênio. Este processo ocorre através da ação de enzimas extracelulares das bactérias acidogênicas e acetogênicas;

2. No segundo estágio atuam bactérias estritamente anaeróbias, as quais convertem os compostos desenvolvidos na primeira etapa em produtos finais gasosos, como gás carbônico e metano.

Silva (2009) explica ainda que a digestão anaeróbia pode ser dividido em quatro fases:

1. Hidrólise;
2. Acidogênese;
3. Acetogênese;
4. Metanogênese.

De acordo com Silva (2009) o processo de hidrólise se inicia com as bactérias fermentativas hidrolíticas convertendo grande parte dos compostos orgânicos complexos a compostos orgânicos de cadeia curta, que serão metabolizados na fase seguinte. Na hidrólise as proteínas são degradadas para formar aminoácidos enquanto os carboidratos se transformam em açúcares solúveis e os lipídeos convertidos em ácidos graxos de cadeia longa.

Seguidamente na acidogênese, os compostos orgânicos menos complexos resultantes da hidrólise são transformados através das bactérias acidogênicas fermentativas, em ácidos graxos voláteis, tais como ácido acético, fórmico, butírico e propiônico, também ácido láctico e compostos minerais. Em sequência a acetogênese, produz a conversão dos derivados da acidogênese em compostos que formam os substratos para a produção de metano: acetato, dióxido de carbono e hidrogênio. Por fim no processo de metanogênese, de relevante importância, os ácidos voláteis são consumidos como alimento pelas bactérias metanogênicas e são produzidos metano e dióxido de carbono (SILVA, 2009).

É sabido que a digestão anaeróbia é uma opção bem difundida nos processos de tratamento de esgoto em função do seu baixo custo operacional. Assim sendo, enfatiza Novaes *et al*, (2002), que o processo de biodigestão de resíduos orgânicos é uma ferramenta que traz melhoras para o saneamento no meio rural.

4.9 Destinação do efluente tratado na fossa séptica biodigestora

O efluente oriundo da fossa séptica pode ser disposto no solo, sendo a irrigação de culturas o método de disposição de águas residuárias mais acessível e eficiente. Além deste método, outros são recomendados para destinação dos efluentes, como a infiltração/percolação e escoamento à superfície (FAUSTINO, 2007). A Resolução 430/2011 do CONAMA não prevê valores de parâmetros para efluentes dispostos no solo, apenas para a disposição do efluente em corpos d'água, mencionando no Art. 2º que “a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas”. A resolução estabelece ainda que os efluentes de qualquer fonte poluidora devem passar por um tratamento adequado antes de serem lançados nos corpos receptores, de forma a atender às condições e padrões estabelecidos pela norma (BRASIL, 2011, p.1).

De acordo com o trabalho realizado por Kuroki *et al.* (2009), o sistema de biodigestão apresenta resultados satisfatórios, do ponto de vista de redução das taxas de DQO (97%), DBO (96%) e *E. coli* (99,99%). Além disso, o efluente tratado no biodigestor apresenta macro e micronutrientes que indicam seu potencial para ser utilizado como fertilizante, sendo a quantidade a ser utilizada dependente do tipo de solo e cultura agrícola.

Segundo Novaes *et al.* (2002) verificou-se um acréscimo do cálcio, magnésio e fósforo e diminuição do nitrogênio e potássio em áreas adubadas com o efluente de fossa séptica biodigestora. Valeriano *et al.* (2017) afirmam que este tipo de efluente é um biofertilizante que pode substituir a aplicação do nitrogênio sintético na adubação de pequenas lavouras, além de propiciar melhorias na qualidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

5 METODOLOGIA

O presente trabalho realizou-se através de um estudo de caso da construção de fossas sépticas biodigestoras no projeto de extensão “10ENVOLVER - Contribuindo com o empoderamento e a melhoria da qualidade de vida em municípios dos vales do Mucuri e Jequitinhonha - MG” da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) através do Grupo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Familiar (GEPAF). O projeto foi financiado pelo Fundo Nacional de Solidariedade da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil e pela Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da UFVJM. Foi executado nos anos de 2017 e 2018 com a construção participativa de três fossas sépticas biodigestoras em cinco municípios (Crisólita, Bertópolis, Novo Oriente de Minas, Monte Formoso e Setubinha).

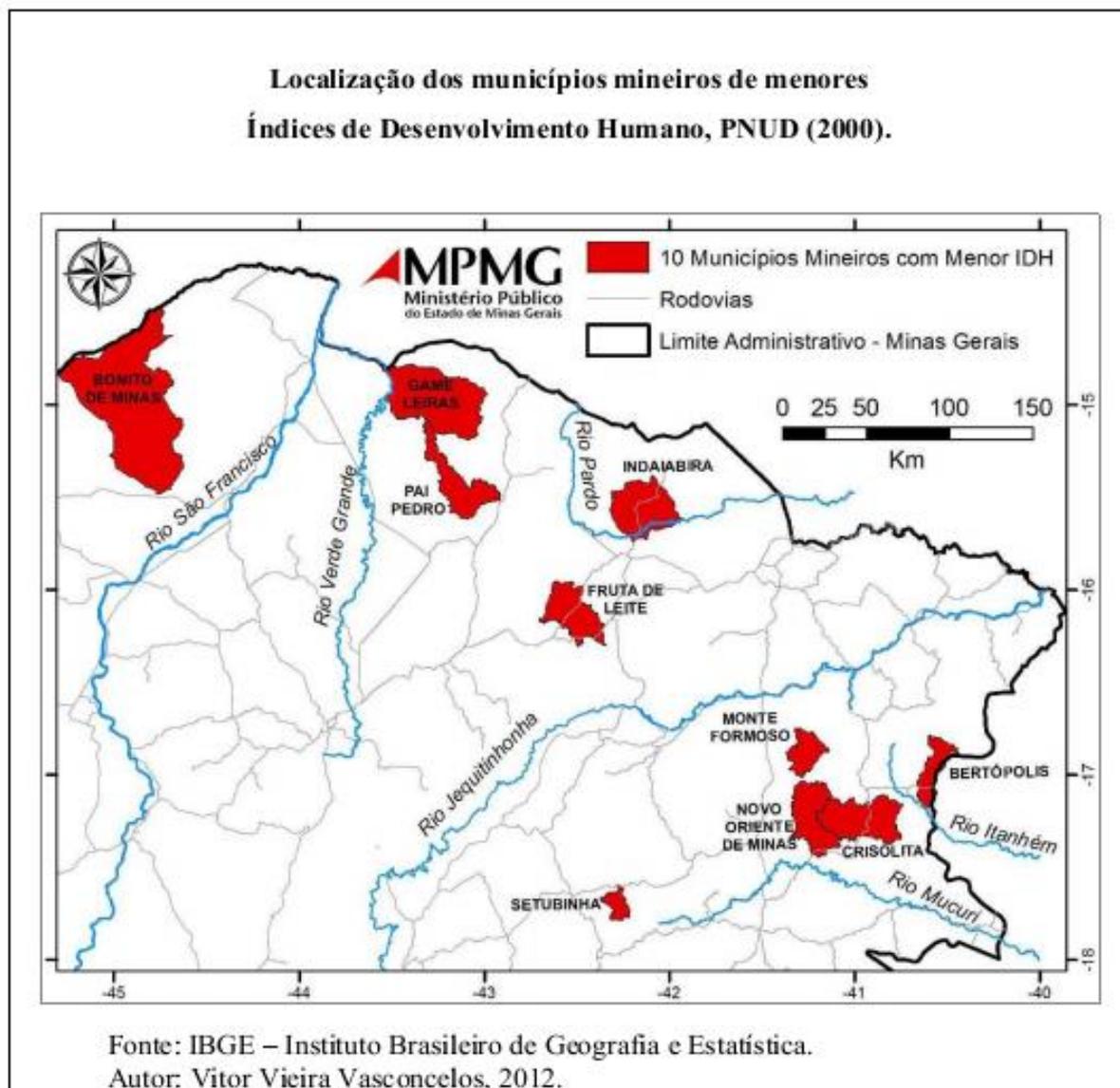
Também se utilizou dados do projeto de extensão “10ENVOLVER: uma possibilidade de empoderamento e melhoria da qualidade de vida de sujeitos de municípios dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri”, com execução iniciada em 2019 dando sequência ao trabalho realizado no projeto anterior, com financiamento da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da UFVJM.

Esses projetos dão continuidade ao projeto 10ENVOLVER, que foi uma ação do Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG) através da Coordenadoria de Inclusão e Mobilização Social (CIMOS) e da Escola Institucional do Ministério Público em parceria com universidades, atuantes nos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. O parâmetro utilizado na escolha para os primeiros municípios a serem beneficiados com tal projeto, foi o Índice de Desenvolvimento Humano, sendo selecionados os municípios mineiros de menor IDH, com cinco destes localizados no Norte de Minas (Bonito de Minas, Indaiabira, Pai Pedro, Gameleiras, Fruta de Leite), quatro no Vale do Mucuri (Crisólita, Bertópolis, Novo Oriente de Minas e Setubinha) e um no Vale Jequitinhonha (Monte Formoso), conforme disposto na Figura 2 (LIMA; ALMEIDA, 2011).

Assim, o GEPAF/UFVJM percebeu a necessidade de intervenção no saneamento básico rural nos municípios de Bertópolis, Crisólita, Monte Formoso, Novo Oriente de Minas e Setubinha. Diante da realidade buscaram tecnologias sociais como alternativas para sanar este problema. A fim de reduzir o custo e torná-la mais apropriada para a região, criou-se uma inovação da FSB da EMBRAPA, substituindo as caixas d'água por placas de argamassa pré-moldadas, sendo assim, feitas no próprio local.

Neste trabalho foi feita uma análise dos impactos sociais nos municípios de Bertópolis e Crisólita, visto que o projeto se encontra em andamento na presente data, o que inviabiliza a disponibilidade dos dados disponíveis em relatórios.

Figura 2: Localização dos municípios de menor IDH



Fonte: LIMA; ALMEIDA, 2011, p.7.

5.1 Caracterização da área de estudo

As cidades de Bertópolis e Crisólita são municípios mineiros pertencentes à microrregião de Nanuque e mesorregião do Vale Mucuri.

O município de Bertópolis está compreendido em uma área de aproximadamente 427,803 km² acolhendo uma população de 4.602 habitantes, sendo que cerca de 40% está concentrada em zonas rurais. Apenas 34,2% de domicílios no município contam com esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010).

De acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) de Bertópolis, em 2010, era 0,594, o que classifica esse município na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,500 e 0,599). A renda per capita média de Bertópolis R\$ 288,77, sendo que a proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 é 38,66% (IBGE, 2010).

O município de Crisólita abrange uma área 973,13 km² e possui uma população estimada de 6.047 habitantes, dos quais 42,3% residem em regiões rurais, de acordo com o último censo do IBGE. Menos da metade dos domicílios apresentam esgotamento sanitário adequado, apenas 47.7% (IBGE, 2010).

O IDHM de Crisólita é 0,585 e, assim como Bertópolis, também se classifica como um município de baixo desenvolvimento humano. A renda per capita média de Crisólita era de R\$ 294,11, em 2010 e a proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 era de 35,67% (IBGE, 2010).

Foram instaladas quatro fossas em Bertópolis, sendo que apenas três estão em funcionamento e três em Crisólita.

5.2 Parâmetros de dimensionamento da fossa Séptica biodigestora

Para o dimensionamento e montagem das fossas sépticas biodigestoras construídas com placas de argamassa pré-moldadas, foram consideradas as normas técnicas para dimensionamento de um tanque séptico regulamentadas pela NBR 7229/1993 e o manual de construção da fossa séptica biodigestora com caixas d'água da EMBRAPA (OTENIO, 2014). A metodologia foi sendo adaptada pela equipe técnica do GEPAF conforme observações feitas durante as construções e ganhos de experiências.

5.2.1 Contribuição de despejos e de lodo fresco

A NBR 7229 (ABNT, 1993) estipula que para o cálculo da contribuição de despejos deve-se levar em consideração o número de pessoas que serão atendidas pelo sistema. Considerou-se o dimensionamento para atender uma residência de padrão baixo. Na Tabela 1 é mostrada a contribuição diária de esgoto e de lodo fresco por tipo de prédio.

Tabela 1 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio, em litros (L).

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto (C) e lodo fresco (Lf)	
Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	pessoa	160	1
Padrão médio	pessoa	130	1
Padrão baixo	pessoa	100	1
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
Alojamento provisório	pessoa	80	1

Fonte: NBR 7229 (ABNT, 1993, p.4).

5.2.2 Período de retenção dos despejos

Em relação ao período de retenção dos despejos, a NBR7229 (ABNT, 1993) estabelece que o esgoto deve ficar retido no tanque por um período entre 12 e 24 horas variando de acordo com o volume de contribuição afluyente, conforme ilustrado na Tabela 2. Para o dimensionamento levou-se em consideração uma contribuição diária de até 1500 litros para residências com até 5 pessoas, visto que pela Tabela 1, a contribuição por pessoa em uma residência de alto padrão é de 160 litros, chegando a uma contribuição máxima de 800 litros, sendo menor para residências de médio e baixo padrão.

Tabela 2- Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 40501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: NBR7229 (ABNT, 1993, p.5).

5.2.3 Taxa de acumulação total de lodo

De acordo com a NBR7229 (ABNT, 1993) para obtenção da taxa de acumulação total de lodo, em dias, leva-se em consideração o volume de lodo digerido e em digestão produzidos por cada usuário, as faixas de temperatura ambiente e o intervalo entre limpezas, em anos. A relação está descrita na Tabela 3.

Como a matéria orgânica é convertida em lodo no processo de tratamento do efluente pelo processo de biodigestão anaeróbia, considera-se para o dimensionamento um intervalo entre limpezas de cinco anos.

De acordo com CLIMATE-DATE.ORG (2019) na região em que foi feita a instalação das FSB (Crisólita e Bertópolis) a temperatura média anual é 24,5°C, com média do mês mais frio de 21,6°C. Sendo assim, utilizou-se para o dimensionamento com temperatura ambiente acima de 20°C.

Tabela 3 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

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

Fonte: NBR7229 (ABNT, 1993, p.5).

5.2.4 Volume da fossa séptica biodigestora

As imposições estabelecidas pela NBR 7229 (ABNT, 1993) para dimensionamento de um tanque séptico preveem que o cálculo do volume útil se dê pela equação 1:

$$V = 1000 + N(C * T + K * Lf) \quad (1)$$

Em que:

V = volume útil, em litros;

N = número de pessoas;

C = Contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia (vide Tabela 1);

T = período de detenção, em dias (vide Tabela 2);

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias (vide Tabela 3);

Lf = contribuição de lodo fresco, litro/pessoa x dia (vide Tabela 1).

Para garantir o tratamento do efluente, a FSB deverá ser bem dimensionada, podendo variar o número de reservatórios e o volume de cada um. De acordo com a EMBRAPA (2010), o dimensionamento deve ser feito para que os dejetos recebidos pela fossa permaneçam fermentando ali por 25 dias no mínimo.

Para assegurar essa capacidade de tratamento, deve-se calcular a quantidade e o volume das caixas da FSB de acordo com a estimativa de usuários desse sistema. O conjunto deverá ter no mínimo três caixas de mil litros cada uma, para que não haja grande variação de temperatura e o tempo mínimo de fermentação seja respeitado. Esse dimensionamento

mínimo suporta até 5 usuários. O sistema que possuir acima dessa quantidade de utilizadores deve possuir 1000 litros acrescidos a cada duas pessoas. Esse volume pode ser adicionado acrescentando-se mais uma caixa ao sistema ou aumentando o volume de cada caixa.

5.3 Materiais necessários

De acordo com o Grupo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Familiar da UFVJM (CORRÊA, 2018), os materiais e quantidades necessárias para a construção de uma Fossa Séptica Biodigestora com capacidade para atender uma residência de cinco pessoas, o equivalente a três reservatórios de 1000 litros, estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Materiais necessários para construção da FSB

ITEM	QUANTIDADE
Cimento	07 sacos de 50 kg
Argamassa	01 saco de 20 kg
Areia lavada média	1,5 metro
Brita 01	0,25 metro
Vergalhão 4,2 mm	18 metros
Arame Galvanizado 12	03 kg
Arame recozido (para amarrar vergalhão)	0,25 kg
Tinta óleo preta	1/2 galão de 3,6 litros
Tubo PVC esgoto de 100 mm	06 metros
Curva de 90° PVC esgoto 100 mm	2
TÊ 90° PVC esgoto 100 mm	2
Luva PVC esgoto 100 mm	4
CAP PVC esgoto 100 mm	2
Anel de vedação 100 mm	12
Tubo PVC água de 20 mm	02 metros
CAP PVC água de 20 mm	2
Registro de esfera soldável 50 mm	1
Tubo PVC água 50 mm	0,5 metro
Válvula de retenção PVC 100 mm	1

Fonte: GEPAF/UFVJM (2018).

5.4 Construção da fossa séptica biodigestora

5.4.1 Local

A NBR 7229 (ABNT, 1993) estabelece que os tanques sépticos sejam instalados em locais afastados no mínimo 1,5 metro de construções, extrema de lote, sumidouros e valas de infiltração. Instalações de água para abastecimento e árvores devem estar distantes de 3 metros dos tanques, que também devem ter um espaçamento mínimo de 15 metros dos poços e corpos hídricos.

É necessário que a fossa séptica biodigestora seja instalada em local com grande incidência de luz solar, pois o esterco bovino contém bactérias mesofílicas que degradam a biomassa já acima dos 15°C, contudo apresentam maior desempenho entre 30°C e 37°C, sendo 36°C a temperatura ideal (GALINDO, 2010).

Para que o sistema funcione por gravidade o local a ser escolhido deve possuir diferença altimétrica entre o tubo de efluente que sai do banheiro e o tubo de entrada do sistema da FSB. Não devem ser escolhidos pontos onde haja probabilidade de inundação (GALINDO, 2010).

5.4.2 Abertura da vala

Nesse modelo, em que as caixas d'água comerciais foram substituídas por caixas construídas com placas pré-moldadas, as valas devem ser abertas de forma a permitir a movimentação das pessoas para a montagem das caixas. Para isso, a largura da vala deve ser a soma do diâmetro de uma caixa com os espaços de 50 cm de cada lado e o comprimento será a soma do diâmetro de todas as caixas com o espaçamento de 40 cm entre elas.

A vala deve ter o formato retangular e começar com profundidade cerca de 25 cm a mais que a altura da caixa. O início da vala toma-se como referência o final da tubulação proveniente do sanitário, que se torna a orientação de direção para a vala. Após perfurada a vala deve ter sua base nivelada e o solo compactado (CORRÊA, 2018).

5.4.1 Preparo das placas

Para o processo de fabricação das placas de argamassa pré-moldadas para caixas de 1000 litros foi utilizada uma forma com 0,75 metros de altura e 0,5 metros de largura. Usando uma forma com essa dimensão, são necessárias nove placas para cada caixa para

atender essa capacidade. Para verificação da capacidade final das caixas utiliza-se o dimensionamento a seguir.

O perímetro (p) ocupado pelas placas é dado através da equação 2, levando em consideração a largura da placa e quantidade utilizada.

$$p = \text{largura da placa} * \text{número de placas} \quad (2)$$

Com o perímetro, através da equação 3, obtém-se o raio (r) da caixa.

$$p = 2 * \pi * r \quad (3)$$

A partir de então é possível encontrar o volume final (V) de cada caixa através da equação 4.

$$V = (\pi * r^2) * \text{altura} \quad (4)$$

A composição da argamassa usada para preencher a forma deve ser 1:4 (01 saco de cimento e 04 carrinhos de areia). Fabricando placas com essas dimensões de 0,75 m x 0,50 m este volume rende cerca de 15 placas, sendo necessário duas medidas desta para conseguir dimensionamento de três caixas.

Para que a placa fique curva deve-se espalhar sobre o solo, onde as placas serão fabricadas, uma camada de areia com cerca de 5 cm de espessura, modelando a superfície da areia com a curvatura da forma molde.

A placa é produzida colocando a forma molde sobre a curvatura da areia e enchendo-a com a argamassa, que deve ser moldada acompanhando a mesma curvatura da forma, sendo esta retirada logo em seguida. O repouso da placa deve respeitar um período mínimo de quatro dias, sendo hidratadas em todos eles. A montagem da caixa será facilitada se for feito um pequeno detalhe rugoso em uma altura superior da placa para travamento das escoras.

Com o auxílio do próprio tubo de 100 mm abre-se o orifício para passagem da tubulação a 05 cm da extremidade em cinco placas. Em outra placa, deve-se ser feito um orifício de 50 mm a cerca de 05 cm da extremidade e outro de 20 mm na extremidade contrária (CORRÊA, 2018).

5.4.4 Preparo das tampas

Uma dosagem de concreto 1:4:2 (01 saco de cimento, 04 carrinhos de areia e 02 carrinhos de brita) tem o rendimento para a fabricação de três tampas, que devem possuir o diâmetro 10 cm maior que o diâmetro da caixa.

A armação da tampa deve ser feita pelo entrelaçamento de vergalhões configurando uma malha. Essa armação deve ser colocada juntamente com o concreto em um molde circular com o diâmetro desejado para a tampa sobre uma lona, saco de cimento ou camada de areia. Não pode ser esquecido de perfurar ao centro de duas tampas um orifício de 20 mm para instalação do suspiro.

Hidratando sempre o concreto durante a cura, as tampas precisam de um período mínimo de repouso de 04 dias (CORRÊA, 2018).

5.4.5 Preparo do contrapiso

Dentro da vala delimita-se a base de cada caixa em formato circular com diâmetro 10 cm maior do que o dimensionado para a caixa, deixando um espaçamento de 30 cm entre os contrapisos (CORRÊA, 2018).

Para os três contrapisos faz-se necessário uma composição de concreto com dosagem 1:4:2 (01 saco de cimento, 04 carrinhos de areia e 02 carrinhos de brita).

5.4.6 Montagem das caixas

Após o preparo e cura das peças pré-moldadas, inicia-se a montagem das caixas assentando uma das placas, com orifício de 100 mm voltado para cima, sobre uma camada de massa de dosagem 1:1 (01 saco de cimento e 01 de carrinho de areia) usada para unir as peças e vedar a caixa. Antes da montagem, é importante que se faça a marcação, sobre o contrapiso, da base da caixa e a posição de cada placa, que devem ter os espaçamentos preenchidos com massa de aproximadamente 02 cm entre elas.

Usa-se um prumo para garantir a verticalidade das placas que devem ser apoiadas com escoras. No mínimo de 01 hora depois, três voltas separadas de arame galvanizado devem amarrar a caixa em sua volta.

Instala-se a válvula de retenção na entrada da primeira caixa, ligando-a a extremidade do tubo PVC proveniente do sanitário. A ligação entre as caixas do sistema devem ser feitas com o tubo PVC de 100 mm, considerando que deve haver entre elas um tê de inspeção. Às saídas da primeira e segunda caixa devem ser adicionadas um prolongamento vertical, de forma que estas saídas fiquem cerca de 10 cm acima do piso. É importante que nos tubos se use anéis de borracha para que não haja vazamentos.

Para garantir a vedação, o interior das caixas deve ser revestido com massa de dosagem 1:3:1 (01 saco de cimento, 03 carrinhos de areia e 01 saco de argamassa) e posteriormente uma nata de cimento. Já o exterior deve ser revestido com massa de dosagem 1:3 (01 saco de cimento e 03 carrinhos de areia) e o contrapiso deve receber outra camada de massa dosada 1:3 (01 saco de cimento e 03 carrinhos de areia).

Para isolar o sistema garantindo a eficiência do processo anaeróbico, é necessária que as tampas de concreto das duas primeiras caixas sejam vedadas por fora com argamassa e pintá-las de preto para que o sistema seja mantido em alta temperatura.

A fossa séptica biodigestora estará pronta para ser usada caso não haja vazamentos. Para essa verificação, deve-se enchê-la com água (CORRÊA, 2018).

5.4.7 Funcionamento

Ao começar a ser usada, para que o processo de biodigestão comece a acontecer, é necessário que as bactérias anaeróbicas sejam introduzidas. Isso é feito através da adição de uma solução de 10 litros de esterco fresco com 10 litros de água através da caixa de retenção adicionada no início da fossa. Posteriormente, a cada mês é necessário que esses microrganismos sejam renovados com a adição de mais solução composta por 05 litros de água com 05 litros de esterco fresco.

Depois que todo o sistema já estiver preenchido, o excesso de efluente da terceira caixa já estará estabilizado e pode ser retirado através da abertura do registro e ser usado como biofertilizante de lavouras ou ser instalado diretamente um sistema de irrigação (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017). Quando não for usado, o biofertilizante deve ser encaminhado para sumidouros ou valas de infiltração.

5.5 Análise econômica

Para avaliação da economia financeira foi feita uma lista dos materiais necessários para a fabricação da FSB apresentada e uma lista dos materiais utilizados para fabricação da fossa séptica biodigestora modelo EMBRAPA (OTENIO, 2014). A partir das listas de materiais realizou-se um orçamento para comparar o custo estimado para implantação de cada modelo e verificar a viabilidade econômica do modelo proposto neste trabalho. O orçamento foi feito em uma loja da região central de Teófilo Otoni - MG em junho de 2019.

5.6 Análise de percepção social

Para avaliação do impacto social e conseguir identificar a percepção das famílias que já utilizam a fossa séptica biodigestora foi utilizado dados obtidos do relatório parcial do projeto de extensão registrado na Pró-reitoria de extensão da UFVJM, intitulado “10ENVOLVER: uma possibilidade de empoderamento e melhoria da qualidade de vida de sujeitos de municípios dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri”. A equipe do projeto discutiu sobre as novas fossas nos trabalhos de extensão nas zonas rurais dos municípios de Bertópolis - MG e Crisólita - MG com quatro famílias, assim foi possível abordar questões referentes à vida cotidiana das mesmas, com o propósito de observar, registrar e discutir a importância do uso da fossa séptica biodigestora como alternativa para o esgotamento sanitário nas áreas onde vivem, e assim pôde auxiliar com os dados necessários para realizar a construção dessa análise (DUARTE, 2019).

6.1 Dimensionamento do volume da fossa séptica

Pela Tabela 1, verifica-se que para uma residência de padrão baixo, considera-se uma contribuição diária de esgoto (C) de 1000 litros e contribuição de lodo fresco (Lf) de 1 litro. Analisando a Tabela 2, tem-se que o período de detenção para contribuições diárias de até 1500L é de 1 dia. Pela Tabela 3 retira-se que a taxa de acumulação de lodo (K) considerando-se um intervalo entre limpezas de 5 anos e a temperatura do mês mais frio superior a 20°C é 217. Substituindo os valores obtidos das tabelas 1, 2 e 3 na equação 1, obtém-se o volume:

$$V = 1000 + 5(100 * 1 + 217 * 1)$$

$$V = 2585 \text{ l}$$

6.2 Dimensionamento das placas

Para obtenção de uma caixa com capacidade de 1000L verifica-se que são necessárias 9 placas com dimensões 0,75m de altura e 0,5m de largura. Substituindo esses valores na equação 2 obtém-se o perímetro da caixa.

$$p = 0,5 \text{ m} * 9 = 4,5 \text{ m}$$

Substituindo o valor do perímetro obtido anteriormente na equação 3 encontra-se o raio da caixa.

$$r = 0,716 \text{ m}$$

A partir do valor do raio obtido e da altura da placa é possível encontrar o volume requerido da caixa substituindo tais valores equação 4.

$$V = 1,208 \text{ m}^3$$

Contudo, o volume útil se torna inferior ao encontrado devido à altura em que são instalados os tubos de entrada e saída das caixas, chegando aproximadamente ao volume objetivado.

6.3 Método construtivo

Em cada propriedade de agricultura familiar em que as fossas sépticas biodigestora foram instaladas houve um consenso com as famílias do melhor lugar para se abrir a vala, de acordo com as dimensões e pré-requisitos necessários. Nas Figuras 3 e 4 pode-se observar a abertura das valas para a construção da FSB.

Figuras 3 e 4 - Etapa de abertura das valas



Fonte: Arquivo GEPAF - UFVJM (2018).

No processo de fabricação das placas pré-moldadas percebeu-se que nem sempre as placas obtiveram a curvatura desejada, contudo a montagem e funcionamento da caixa não ficaram comprometidos. Nas Figuras 5 e 6 verifica-se o preparo das placas.

Figuras 5 e 6 - Preparação das placas



Fonte: Arquivo GEPAF - UFVJM (2018).

Algumas das tampas durante o processo de desenformamento apresentaram fraturas, mas por serem de concreto armado não tiveram sua estrutura comprometida. As fraturas puderam ser corrigidas depois de instaladas, garantindo a vedação. Nas Figuras 7 e 8 está ilustrada a preparação das tampas.

Figuras 7 e 8 – Preparação das tampas



Fonte: Arquivo GEPAF- UFVJM (2018).

No processo de assentamento das placas foi muito importante a marcação e o posicionamento prévio, pois apenas dessa forma conseguiu-se fechar todo o perímetro da caixa de forma circular. Nas Figuras 10 e 11 verifica-se a preparação do contrapiso, com as marcações para o assentamento das placas, conforme ilustram as Figuras 12 e 13.

Figuras 10 e 11 – Preparação do contrapiso



Fonte: Arquivo GEPAF - UFVJM (2018).

Figuras 12 e 13 – Assentamento das placas



Fonte: Arquivo GEPAF – UFVJM (2018).

Em alguns casos em que foi feito o aterro ao redor das caixas antes de sua vedação, houve certa dificuldade para realizar esse trabalho. Nas figuras 14 e 15 está ilustrado o processo de montagem do sistema, com o encaixe das tubulações interligantes. Em seguida, as figuras 16 e 17 ilustram o processo de revestimento final das caixas e vedação das tampas, respectivamente.

Figuras 14 e 15 – Montagem do sistema



Fonte: Arquivo GEPAF- UFVJM (2018).

Figuras 16 e 17 – Revestimento da caixa (esquerda) e Vedação das tampas (direita)



Fonte: Arquivo GEPAF - UFVJM (2018).

Por fim, a Figura 19 ilustra o sistema de fossa séptica biodigestora montado, pronto para o uso.

Figura 19 – Fossa Séptica Biodigestora pronta para o uso



Fonte: Arquivo GEPAF- UFVJM

Verifica-se no processo de montagem que o sistema é impermeável, impedindo a infiltração do esgoto não tratado no solo, evitando assim contaminações do lençol freático. Além disso, por ser totalmente vedado evita a proliferação de vetores de doenças.

Outra vertente diz respeito à utilização do efluente tratado como biofertilizante. A reutilização desse efluente como adubo traz imensos benefícios ao meio ambiente, pois diminui a captação de água para irrigação de culturas que não entram em contato direto com o efluente, além de possuir grande concentração de minerais que melhoram a qualidade do solo.

Dentre as alternativas para o saneamento rural, esse modelo se mostra vantajoso quanto a não existência da necessidade de abertura das caixas para limpeza, visto que com a entrada de água no sistema o efluente mais concentrado localizado na parte inferior é levado para a caixa seguinte (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017), ao passo em que alternativas como o modelo de tanque séptico feito com bombonas apresentado por Cardoso *et al.* (2017) prevê a limpeza por caminhão limpa fossa em até cinco anos e monitoramento constante do volume de lodo acumulado na primeira câmara, com disposição em estações de tratamento de resíduos.

6.4 Análise Econômica

Nas Tabelas 5 e 6 é apresentada a relação de preços para fabricação da fossa biodigestora proposta (com placas) e para o modelo da EMBRAPA, respectivamente.

Tabela 5 – Orçamento para fabricação da fossa séptica biodigestora de placas

Item	Quantidade	Valor unitário	Total
Cimento Mizu 50 kg	7	R\$19,90	R\$139,30
Argamassa Precon 20 kg	1	R\$ 9,00	R\$9,00
Areia lavada média	1,5	R\$131,33	R\$197,00
Brita 01	0,5	R\$ 146,00	R\$73,00
Vergalhão 4,2 mm c/ 12 m	2	R\$ 8,00	R\$16,00
Arame Galvanizado 12	3	R\$13,50	R\$40,50
Arame recozido (para amarrar vergalhão)	1	R\$12,50	R\$12,50
Galão de tinta óleo preta 3,6 litros	1	R\$64,00	R\$64,00
Tubo PVC esgoto de 100 mm Krona	6	R\$7,50	R\$45,00
Curva 90° curta PVC esgoto 100 mm Krona	2	R\$18,00	R\$36,00
TÊ 90° PVC esgoto 100 mm Krona	2	R\$8,50	R\$17,00
Luva PVC esgoto 100 mm Krona	4	R\$4,70	R\$18,80
CAP PVC esgoto 100 mm Krona	2	R\$5,70	R\$11,40
Anel de vedação 100 mm Krona	12	R\$2,25	R\$27,00
Tubo PVC água de 20 mm Krona	2	R\$2,50	R\$5,00
CAP PVC água de 20 mm Krona	2	R\$0,80	R\$1,60
Registro de esfera soldável 50 mm Viqua	1	R\$5,30	R\$5,30
Tubo PVC água 50 mm Krona	1	R\$12,50	R\$12,50
Válvula de retenção PVC 100 mm Krona	1	R\$71,00	R\$71,00
			R\$801,90

Fonte: Loja de material de construção de Teófilo Otoni – MG (2019).

Tabela 6 - Orçamento para fabricação de uma fossa séptica biodigestora modelo EMBRAPA

Item	Quantidade	Valor unitário	Total
Registro de esfera soldável 50 mm			
Viqua	1	R\$5,30	R\$5,30
Frasco de silicone de 500 ml	1	R\$16,50	R\$16,50
Flange de PVC soldável de 25 mm	2	R\$6,75	R\$13,50
Kit serras-copo	1	R\$38,00	R\$38,00
Tubo de cola PVC 175 ml	1	R\$10,00	R\$10,00
Arame Galvanizado 12	1	R\$13,50	R\$13,50
CAP PVC água de 20 mm Krona	2	R\$0,80	R\$1,60
Curva longa PVC 90° 100 mm Krona	2	R\$20,00	R\$40,00
Flange de PVC soldável de 50 mm	1	R\$13,50	R\$13,50
Caixa d'água polietileno 1000 litros	3	R\$279,00	R\$837,00
Válvula de retenção PVC 100 mm	1	R\$79,00	R\$79,00
Krona			
Tê de inspeção 100 mm x 75 mm	2	R\$ 20,00	R\$40,00
Tubo PVC 3/4 pol.	1	R\$3,20	R\$3,20
Tubo PVC 50 mm	1	R\$12,50	R\$12,50
Tubo PVC 100 mm	2	R\$11,5	R\$ 23,00
			R\$1.146,60

Fonte: Loja de material de construção de Teófilo Otoni – MG (2019).

Através da listagem de custo dos materiais utilizados, verificou-se que a adaptação no modelo da EMBRAPA propicia uma economia de aproximadamente R\$350,00 (cerca de 30%), visto que para a construção do modelo original da EMBRAPA custa cerca de R\$1.146,60 e o modelo adaptado fica em torno de R\$801,90. Dessa forma, do ponto de vista econômico a proposta de adaptação feita com placas de argamassa se mostra viável para atender propriedades de baixa renda. Vale ressaltar que a economia mencionada é apenas uma

estimativa, visto que os valores dos materiais são variáveis de acordo com a localidade, além de outros fatores que podem interferir no valor final da instalação.

Santos e Giglio (2011) apontam outros três tipos de sistemas para o tratamento de efluente também econômicos: o Tanque Séptico-Sumidouro de Alvenaria foi avaliado em um custo de R\$ 2073,24, o modelo usando Anéis Pré-moldados de Concreto em R\$ 2430,00 e por fim o modelo proposto também com placas pré moldadas, contudo de seção retangular, em R\$ 1104,57. Em comparação com este trabalho, a FSB aqui apresentada ainda se sobressai economicamente.

Além disso, o fato efluente oriundo da fossa poder ser utilizado como biofertilizante em algumas culturas cujos frutos não tenham contato direto com o efluente reduzindo os gastos com adubagem, além de auxiliar no aumento da eficiência da produtividade.

6.5 Análise da percepção social

Por meio da análise dos relatos dos moradores favorecidos com a instalação do sistema proposto, percebeu-se que a fossa séptica biodigestora se mostra como uma tecnologia social que vai muito além da questão ambiental, mas proporciona as famílias benefícios e melhorias de qualidade de vida em vários aspectos.

Uma das famílias realçou o benefício da fossa em relação a não emissão de odor e não proliferação de mosquitos e vetores transmissores de doenças, fazendo comparação com a fossa rudimentar utilizada por parentes. Além disso, havia a preocupação com o lançamento do esgoto diretamente em um corpo hídrico localizado próximo à moradia.

Nosso Deus! Na lá casa do meu filho mesmo muriçoca está em tempo de matar eles, porque de vez em quando abre um buraco e as muriçocas juntam lá e acabam vindo para casa né, eles descobriram. E lá na casa da minha vizinha também que, nós estávamos te falando que lá tem uma daquela que eles abre um buraco aqui no chão e aí coloca umas madeiras e joga terra, aí passa, passa, ela abre um buraco aí as muriçocas juntam tudo ali, aí quando é a noite elas saem e vem. Pra nós essa daí foi a coisa melhor do mundo que nós tivemos. Ela chegou na hora certa, como eu iria jogar essa 'água' pro lado da represa pra fazer um banheiro?" relata senhora que houvera de mudar recentemente para a casa nova em Crisólita/MG juntamente com o seu esposo que reforça: "Boa demais uai. Se a gente soubesse a utilidade que é uma fossa dessa aí só fazia dela. Aquelas outras fossas fedem e enchem de muriçoca. (DUARTE, 2019, p1.).

Outro beneficiado relatou a vantagem da utilização da fossa séptica em relação ao tempo de utilização do sistema, ressaltando que as fossas rudimentares antes utilizadas extravasavam muito rapidamente, sendo necessária a abertura de uma nova fossa. Com a nova tecnologia, quando o sistema enche o efluente é lançado para irrigação de pastagem. Além disso, mostrou-se aflito com o lançamento do esgoto no meio ambiente sem nenhum tratamento.

Uai teve, vixemaria! Essa daqui era uma fossa nova que eu fiz, com sessenta dias afundou de novo, veio a chuva e encheu de terra vermelha. Nó! Melhor que isso aqui só Deus no céu. E livra de estar caindo no espaço aí né [o esgoto]. E aí quando ela está cheia dou descarga nela aí e a 'água' vai embora (DUARTE, 2019, p.1).

Da mesma forma, outra família confirmou o benefício da utilização na questão do tempo de enchimento, relatando a dificuldade e frustração de cavar o buraco para lançamento do efluente e tão logo este ser saturado. Expôs ainda o entusiasmo em utilizar o efluente como biofertilizante na irrigação do pomar, com plantas como coqueiros, bananeiras e laranjeiras, relatando que essa tecnologia será muito útil para a propriedade, principalmente nos períodos de seca.

Ah, amando! Adorando essa fossa porque, oh, graças a Deus a inteligência de quem Deus colocou na mente né porque às vezes a gente daqui tem que estar abrindo fossa quase direto igual eu estava conversando com ele ali né, graças a Deus aqui em casa a minha terra é uma terra abençoada por Deus porque dos anos que eu moro aqui nós abrimos agora fez duas fossas, mas daqui a alguns anos nós teríamos que abrir outra. E não é fácil você abrir um chão duro para cavar uma fossa e ela encher rapidinho, igual lá ne mãe mesmo ela enche rapidinho. Essa daí oh [a fossa séptica biodigestora instalada], desde quando ligou nem encheu a outra lá de baixo ainda. E além de tudo a água que eu vou utilizar ali para minhas plantas né que eu tenho ali coco, banana, laranja. E com o tempo seco né, então é uma coisa muito útil. Graças a Deus! Obrigado Deus por ter iluminado a cabeça de todos que trouxeram essa obra maravilhosa. Está fazendo muita diferença e vai fazer ainda, principalmente no tempo seco. Na época de seca mesmo olha lá pra você ver, da pra vocês ver lá, oh!. As laranjeiras agora que choveu que renovou e começou dar fruta, mas elas passaram na balança da morte. E eu vivia: Oh Deus não deixa minhas plantas morrerem não! Ainda não fiz ainda não [sistema de irrigação com o biofertilizante], porque estou esperando ela encher e eu vou comprar, na hora que arrumar um dinheirinho né porque o dinheiro da gente é pouco mas devagar a gente vai conseguindo (DUARTE, 2019, p.2).

Percebeu-se também a necessidade de capacitação e orientações à população atendida quanto ao funcionamento do sistema e aos cuidados que devem ser respeitados para garantir a eficiência do tratamento. Em uma das residências atendidas verificou-se negligência

quanto à introdução do esterco fresco a cada mês e lançamento de papel higiênico e outros materiais que devem ser evitados no vaso sanitário. Em outra, o morador expôs a preocupação da utilização do esterco fresco, inseguro se o sistema não viria a entupir com a introdução da mistura.

Eu achava que essas fossas enchiam com o esterco que a gente põe todo mês, falei que esse trem ia entupir essa caixa aí, mas não entope não. Agora mesmo eu passei um pauzinho pra ver se tinha coisa aí dentro e estava água pura, parece que o trem desconstrói, sei lá. E a água também não fica com mau cheiro (DUARTE, 2019, p.1-2).

Assim os relatos das famílias que já utilizam o modelo de fossa séptica biodigestora construído com placas pré moldadas tornam-se comprovantes da eficiência desse sistema a partir do ponto de vista de seus próprios usuários.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fossa séptica biodigestora apresentada neste trabalho demonstra-se como uma alternativa de tratamento de efluentes domésticos viável técnica, econômica e ambientalmente para atender populações rurais de baixa renda. Ressalta-se a necessidade de capacitação e conscientização da população quanto ao uso da fossa para garantir sua máxima eficiência e preservação do sistema.

Não foi apresentado um diagnóstico da eficiência de tratamento da fossa, visto a indisponibilidade de dados do projeto em andamento no período. Da mesma forma, não se realizou uma análise do efluente para utilização como biofertilizante, sendo o uso deste aparado por trabalhos já publicados que garantem essa possibilidade.

Dessa forma, este trabalho surge como base para outras pesquisas, sendo as análises da eficiência da fossa bem como do biofertilizante obtido sugeridos para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V.; *et al.* **Lodo de Fossa Séptica: Caracterização, Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final.** 1 ed. 388 p. Rio de Janeiro; ABES, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO / SINDICATO NACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO (ABCON/SINDCON). **Panorama da Participação Privada no Saneamento. Cidades saneadas: uma realidade ao alcance do Brasil.** Brasil, 2016, 92p. Disponível em: <http://www.aquafed.org/Public/Files/publication/2016_abcon_panorama2016baixacomapas_cebb13aff2.pdf>. Acesso em: 13 de junho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229:** Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648:** Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, v. 1, p.152-169, jun. 2008. Disponível em: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_118.pdf> Acesso em: 13 de junho de 2019.

BRASIL. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Brasília – Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11445-5-janeiro-2007-549031-normaatualizada-pl.pdf>>. Acesso em: 07 de junho de 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. **Panorama Bertópolis**, 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bertopolis/panorama>>. Acesso em: 02 de junho de 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. **Panorama Crisolita**, 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/crisolita/panorama>>. Acesso em: 02 de junho de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento.** 3. ed. rev. Brasília, Fundação Nacional de Saúde, 2004, 480p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Termo de referência para elaboração de plano municipal de saneamento básico.** Brasília, 2012, 68p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/uploads/2012/04/2b_TR_PMSB_V2012.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento ambiental. **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento básico.** 2.ed. Brasília, 2011, 176p.

Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/guiasaneamento.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNS/MDR, 2019, 226 p.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 430, de 17/03/2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**. Publicada no DOU n° 92, de 16/05/2011, pág. 89.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 357 de, de 17/03/2005 . **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Publicação DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63 .

CARDOSO, I. P. **Manual de Instalação de Tanque Séptico Econômico: um sistema prático, econômico e eficiente**. Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas. N°. 11 – Ano VI – 05/2017. UFVJM. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2017/03/Elton0402.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

CICILIATO, R.C. **Tratamento De Águas Cinzas Sintética Para Fins De Reuso Através De Métodos Eletroquímicos**. Monografia (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/1093/1/LD_COEAM_2012_2_09.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

CLIMA- DATE.ORG. **Clima Bertópolis**. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/bertopolis-175945/>>. Acesso em: 01 de junho de 2019.

CLIMA-DATE.ORG. **Clima Crisolita**. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/crisolita-176283/#temperature-graph>> Acesso em: 01 de junho de 2019.

COPASA. **Doenças de veiculação hídrica 2004**. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doen%C3%A7as.pdf>. Acesso em 13 de junho de 2019.

CORRÊA, L. R. de S.; PINHEIRO, L. de O.; VERONESI, M. L. S.; **Fossa séptica biodigestora: manual de construção**. UFVJM, 2018.

Costa, C.C.; Guilhoto, J.J.M. **Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora**. Eng Sanit Ambient, p. 51-60. Edição especial, 2014.

DELPUPO, M.V. **O princípio da universalização do acesso ao saneamento básico à luz dos direitos fundamentais.** 2014. 134p. Dissertação (Mestrando em Direito). Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2014. Disponível em: <https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/25082014_100403_michely.pdf>. Acesso em: 08 de junho de 2019.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS - DIEESE. **Visão geral dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil.** São Paulo, 2016, 21p. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2016/estPesq82Saneamento.pdf>>. Acesso em: 07 de junho de 2019

DUARTE, J. P. (Grupo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Familiar). Relatório Parcial de Bolsista PIBEX. 10ENVOLVER: uma possibilidade de empoderamento e melhoria da qualidade de vida de sujeitos de municípios dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Teófilo Otoni: **Pró-Reitoria de Extensão e Cultura.** Edital 2019/01 – UFVJM – Campus do Mucuri; 2019. Registro 051.1.008-2011.

EMBRAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Jardim Filtrante.** Embrapa, 2015.

EXANTE CONSULTORIA ECONÔMICA. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento.** São Paulo, 2014, 70p. Disponível em: <http://cebds.org/wp-content/uploads/2014/03/Relatorio_Beneficios-Economicos-do-Saneamento.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2019.

FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo.** 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

FRANCO,P. Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública. **Rev. Panam Infectol**, v. 9, n. 4, p. 36-43, 2007.

GALINDO, N. *et al.* **Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora.** Embrapa Instrumentação-Documents (INFOTECA-E), 2010.

GOMES , B. G. L. A. **Tratamento de esgoto de pequena comunidade utilizando tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro areia.** 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2015.

GUIMARÃES, E.F. **Modelo inclusivo para a universalização do saneamento básico em áreas de vulnerabilidade social.** 2015. 415p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde.../TeseEsterFecheGuimaraes.pdf>. Acesso em: 07 de junho de 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável** - Brasil 2010b. Rio de Janeiro, 2010b.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgoto doméstico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2005. 932 p.

KOBIYAMA, M.; *et al.* Saneamento rural. In: Seminário Saneamento Ambiental, Rio Negrinho: ACIRNE, **Anais...** 2008. CD-ROM. 24p. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Projetos/ARTI_2008/Artigo%20%20_Kobiyama%20Mota%20e%20Corceuil_.pdf>. Acesso em: 08 de junho de 2019.

KURIOKI, V.; *et al.* Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio visando à aplicação como fertilizante orgânico. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 2009. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SIGERA, 2009. Disponível em: <<http://www.sbera.org.br>> Acesso em: 15 junho de 2019.

KUROKI, V, A. *et al.* I Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos de animais uso dos resíduos da produção animal com fertilizante. 11 a 13 de março de 2009. Florianópolis, SC, brasil. Avaliação Físico-química de efluentes gerado em biodigestor anaeróbio visando aplicação como fertilizante agrícola. Disponível em <<http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/038.pdf>> . Acesso em 20 de maio de 2019.

LIMA, P. C. V.; ALMEIDA, G. A. Projeto 10ENVOLVER. Ministério Público do Estado de Minas Gerais - Coordenadoria de Inclusão e Mobilização Social - Escola Institucional do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2011.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MERTEN, G. H; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: Um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, v.3, n.4, p.33-38, 2002. Disponível em<http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2019.

Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB): mais saúde com qualidade de vida e cidadania. Brasília, 2013, 172p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2019

MOREIRA, J. P. P. C. **Caracterização do efluente de uma fossa séptica biodigestora, uma alternativa para tratamento de esgoto na zona rural: estudo de caso bacia de captação do Rio Boa Vista, Ouro Preto do Oeste/RO**. 2011. 50f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná.

NOVAES, A. P.; *et al.* Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do Saneamento Rural e desenvolvimento da Agricultura Orgânica. Campinas: Embrapa-CNPDIA, 2002.

NOZAKI, V.T. **Análise do setor de saneamento básico do Brasil**. 2007. 109p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96131/tde-25072007-152652/pt-br.php>>. Acesso em: 06 de junho de 2019.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

OMS; UNICEF. **Progresso na Água Potável, Saneamento e Higiene: 2017 Atualização e Linhas de Base de SDG**. Geneva: Organização Mundial da Saúde (OMS) e Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), 2017.

OTENIO, M. H.; *et al.* **Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor**. Embrapa Gado de Leite-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2014.

PAIVA, R. F. P.S.; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, e00017316, 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2018000105003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 15 mai. 2019.

PEREIRA JÚNIOR, J.S. **Aplicabilidade da lei nº 11.445/2007 – diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Câmara dos Deputados. Brasília, 29p, 2008. Disponível em: <<http://www.daaeriolclaro.sp.gov.br/arquivos/regulacao/04-A-aplicacao-da-Lei-de-Saneamento-2.pdf>>. Acesso em: 08 de junho de 2019.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2014. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7863/RAMPELOTTO%2C%20GERALDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 03 de maio de 2019.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de saneamento, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/5112/2/643.pdf>>. Acesso em: 08 de maio de 2019.

REBÊLO, M. M. P. S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas.** 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia: Recursos Hídricos e Saneamento)C.Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011. Disponível em

<<http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs/sites/default/files/dissertacaomarcellemariapai ssilvarebelo.pdf>> Acesso em: 07 de maio de 2019.

RIBEIRO, J. W.; HOOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** 2010. 28p. Dissertação (Especialização em Análise Ambiental).

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010. Disponível em:

<[http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-](http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%25C3%25BAde.pdf)

SaneamentoeSa%25C3%25BAde.pdf >. Acesso em: 07 de junho de 2019.

SANTOS, G. B. D. dos; GIGLIO, P. H. M. **Estudo de viabilidade econômica e construtiva de um tanque séptico pré-moldado para residências unifamiliares.** 2011. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SILVA, W. T.L.; MERMO, C. R.; LEONEL, L.F. **Memorial descritivo: montagem e operação da fossa séptica biodigestora.** São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2017. 27 p.

SILVA, W.R. **Estudo Cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais.** Tese (Doutorado). UFPB/CCEN, João Pessoa, 2009, 159f. Disponível em

<<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/7187/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

TONETTI, A. L.; *et al.* Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.227–234.Campina Grande, 2010. Disponível em

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n2/v14n02a15.pdf>>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

VALERIANO, J. V. M.; *et al.* Uso de fertilizante de fossa séptica biodigestora como biofertilizante do solo e sua influência na produtividade de grãos na cultura do milho. In: Jornada Científica - Embrapa São Carlos, 9., 2017, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 46. Disponível em <

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167197/1/p-46-Uso-de-fertilizante-de-fossa-septica-biodigestora-....pdf>> Acesso em 15 de maio de 2019.

VICTORINO, C.J.A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 231p. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/planetaagua.pdf>>. Acesso em 13 de junho de 2019.

