https://doi.org/10.5327/276455760301006

Impactos da implantação de fossas sépticas biodigestoras em comunidades rurais

Impacts of the implementation of biodigester septic tank in rural communities

Marina Schulz de Cristo[1], Juscelino Alves Henriques[2]*, Darlan Clayton de Carvalho[3]

RESUMO

As fossas sépticas biodigestoras são uma tecnologia social desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) por meio da interação com a comunidade, com o intuito de atender a população ao buscar solucionar os efeitos negativos causados pelo lançamento de dejetos em fossas rudimentares, cursos d'água ou diretamente no solo a céu aberto. No município de Aimorés/MG, tal tecnologia foi adotada pelo Programa Olhos d'Água, criado pela instituição Instituto Terra, e vem sendo utilizada pelos moradores das zonas rurais inseridos na bacia do Rio Capim. Nesse contexto, o estudo tem por objetivo avaliar os impactos da instalação das fossas sépticas biodigestoras na perspectiva dos proprietários que delas usufruem. Para isso, foram feitas coleta de dados na instituição responsável pela instalação das fossas e análise deles com a ferramenta **online** de formulários do Google Docs. Com isso, constatou-se que as fossas sépticas biodigestoras são uma alternativa com alto índice de aceitação pela população rural e viável do ponto de vista técnico e econômico, uma vez que apresenta baixa manutenção, fácil instalação e baixo custo.

Palavras-chave: fossas sépticas biodigestoras; saneamento rural; tecnologia social.

ABSTRACT

Biodigester Septic Tanks are social technologies developed by *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* (EMBRAPA), through interaction with the community, in order to serve the population by solving the negative effects caused by the disposal of waste in rudimentary cesspools, water courses or directly on the ground in the open. In the municipality of Aimorés, Minas Gerais, this technology was adopted by the *Programa Olhos d'água*, created by *Instituto Terra* and has been used by residents of rural areas, inserted in the Rio Capim basin. In this sense, the study aimed to evaluate the impacts of installing biodigester septic tanks, from the perspective of the owners who use them. For this, data was collected from the institution responsible for installing the biodigester septic tanks and analyzing them through the online Google Docs Forms tool. With this, it was found that the biodigester septic tanks are an alternative with a high rate of acceptance by the rural population, being viable from a technical and economic point of view, since it has low maintenance, easy installation, and low cost.

Keywords: biodigester septic tanks; rural sanitation; social technology.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2019), o setor de saneamento no Brasil apresenta graves deficiências de atendimento à população, especialmente àquela localizada nas zonas rurais, onde apenas 4% dos domicílios estão ligados à rede geral, 16% utilizam fossas sépticas, 64% possuem fossas rudimentares e 16% usam vala, rio, lago e mar. Efluentes líquidos gerados nas pequenas propriedades rurais que, individualmente, não produzem quantidades elevadas de cargas poluidoras, ao se considerar sua totalidade, representam um montante considerável lançado sem tratamento e de forma dispersa no ambiente, podendo atingir cursos d'água e poços que poderão ser utilizados para o abastecimento humano.

O principal risco associado à disposição inadequada dos efluentes domésticos é a possibilidade de transmissão de doenças pelos organismos patogênicos presentes no esgoto *in natura* e/ou na água do lençol freático contaminado. Diante desse cenário que subjaz à população

[1]Instituto Federal do Espírito Santo – Ibatiba (ES), Brasil.
[2]Instituto Federal de Pernambuco – Afogados da Ingazeira (PE), Brasil.
[3]Instituto Terra – Aimorés (MG), Brasil.
***Endereço para correspondência:** Rua Edson Barbosa de Araújo, s/n, Manoela Valadares. Afogados da Ingazeira, PE. CEP: 56800-000. e-mail: henriqueskj@gmail.com

rural, com elevada carência de serviços de saneamento básico, é necessário que se apresentem soluções que sejam acessíveis, seguras e de simples instalação, adequando-se, assim, às chamadas tecnologias sociais (TS).

O termo TS, segundo Dagnino, Brandão e Novaes (2004), advém de um movimento nominado Tecnologia Apropriada (TA), criado na Índia no final do século XIX. Os pensamentos dos reformadores daquela sociedade estavam voltados para a reabilitação e o desenvolvimento das tecnologias tradicionais/convencionais como forma de luta contra a injustiça social. Entre 1924 e 1927, Gandhi dedicou-se a construir programas que visavam à popularização da fiação manual, realizada em uma roca de fiar reconhecida como o primeiro equipamento tecnologicamente apropriado, a *charkha*.

Entre os anos de 1970 e 1980, houve grande proliferação de grupos de pesquisadores das ideias de TA, bem como significativa produção de artefatos tecnológicos que objetivavam minimizar a pobreza nos países de Terceiro Mundo. Nessa mesma época, a preocupação com as questões ambientais e com as fontes alternativas de energia, de forma genérica, já começava a ser questionada pelos pesquisadores (DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004).

Apesar de sua popularização, as TA perdem força nos anos 1980, e passa a vigorar o marco das TS, que, segundo Dagnino, Brandão e Novaes (2004, p. 15), "ultrapassam a visão estática e normativa de produto previamente especificado" — característica das TA —, destacando-se a necessidade de iniciar um processo nas condições dadas pelo ambiente específico onde ele terá de ocorrer.

Franzoni e Silva (2016, p. 355) definem as TS como "produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas por meio da interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social". Dessa forma, estabelece-se a aplicabilidade da inovação a diferentes comunidades, tornando seu papel social mais efetivo. Ainda assim, segundo Lassance Junior (2004, p. 8), as TS são criadas com o objetivo de "atender à dimensão humana do desenvolvimento e aos interesses coletivos, garantindo, de maneira sustentável, melhor qualidade de vida".

São exemplos de tecnologias sociais no âmbito de saneamento rural a fossa séptica biodigestora, o jardim filtrante, o Clorador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), entre outras já desenvolvidas, aperfeiçoadas e disseminadas, de simples e baixo custo de implementação, que são fundamentais para garantir à população rural uma convivência mais digna e em concordância com o meio ambiente.

Segundo Ribeiro *et al*. (2017), o papel dos agricultores familiares não deve ser de recebedores passivos das tecnologias prontas, mas de protagonistas na mobilização e apropriação dessas tecnologias nas comunidades, dadas suas propriedades no conhecimento de tais realidades e de como seus ambientes se comportam.

Várias são as TS criadas e utilizadas pela população rural para o tratamento de águas negras. No entanto, nesta pesquisa, foi abordado o uso de fossas sépticas biodigestoras desenvolvidas pela EMBRAPA. A escolha deu-se por se tratar de uma tecnologia social de grande disseminação e que substitui, a um custo acessível, as fossas rudimentares (NOVAES *et al*., 2002).

As fossas sépticas biodigestoras de tratamento de esgotos domésticos (SB) são unidades primárias de separação e transformação da matéria sólida contida no esgoto (CHERNICHARO, 1997). Consideradas como benfeitorias complementares e necessárias às residências, são utilizadas principalmente em zonas rurais. Seu uso é essencial para a melhoria das condições de higiene das populações rurais (PERES, HUSSAR e BELI, 2010), no combate a doenças, verminoses e endemias, evitando o lançamento de dejetos humanos diretamente em rios, lagos, nascentes ou mesmo na superfície do solo (RAMOS, 2017).

Nesse contexto, a pesquisa teve como principal objetivo avaliar os impactos da instalação dessa tecnologia, sob a perspectiva dos proprietários que as utilizam, tendo como grupo de análise os moradores da zona rural do município de Aimorés/MG.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da fossa séptica biodigestora

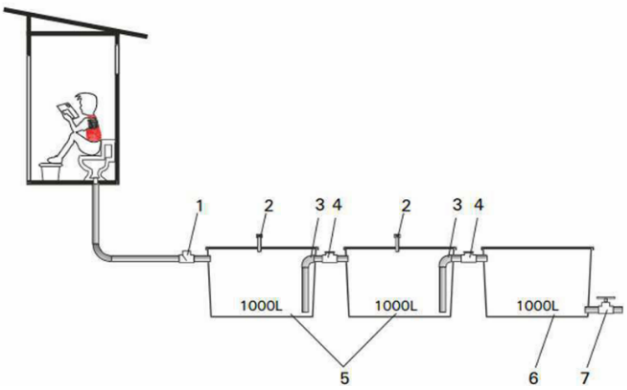
As fossas sépticas biodigestoras são importantes sistemas para a substituição das formas rudimentares, também chamadas de fossas negras, que são tão difundidas nas

comunidades difusas e regiões periurbanas (POSTIGO *et al.*, 2017). A fossa SB (**Figura 1**) é composta de um conjunto de três caixas de cimento amianto ou plástico de 1.000 L cada [5 e 6], sendo a primeira caixa conectada unicamente à tubulação do vaso, já que a água da pia e do chuveiro não possuem potencial patogênico por causa do uso do sabão e detergente, podendo também influenciar negativamente na biodigestão dentro das caixas. A conexão entre as caixas é feita por tubos de cloreto de polivinila (PVC) de diâmetro de 100 mm, com curvas de 90º [3] e T de inspeção [4] para ocasionais desentupimentos, sendo necessário também um sistema de alívio de gases [2] instalado nas tampas das caixas, que promoverá o escapamento do gás metano CH_4, produzido durante a biodigestão dos dejetos. O sistema deve ficar parcialmente enterrado no solo para manter o isolamento térmico e em uma área próxima à casa (NOVAES *et al.*, 2002).

Ainda segundo Novaes *et al.* (2002), inicialmente na primeira caixa devem ser adicionados 20 L de uma mistura de 50% de água e 50% de esterco bovino ou outro ruminante, necessariamente fresco, através da válvula de retenção [1] instalada antes da primeira caixa (**Figura 2**). Segundo Costa e Guilhoto (2014), a função do esterco é inserir bactérias no sistema, pois essas bactérias estão adaptadas à utilização da matéria orgânica como substrato e podem utilizar eficientemente as fezes humanas em seus processos metabólicos.

Nas duas primeiras caixas que devem ser vedadas, ocorre um processo de fermentação natural por meio de bactérias anaeróbias que atuam em ambiente sem oxigênio. Esses processos biológicos visam, principalmente, à remoção de matéria orgânica, sendo realizados por uma grande variedade de microrganismos. Estes convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular, havendo também a produção de metano (VON SPERLING, 2005 *apud* LEONEL, MARTELLI e SILVA, 2013). Com o intuito de aumentar a atividade microbiana e a eficiência da biodigestão, a cada 30 dias se deve repetir o procedimento e acrescentar a mistura, com 5 L de água e 5 L de esterco bovino fresco (BRITO, 2009).

Esse sistema com três caixas é o indicado para uma família composta de até cinco pessoas, resultando em média de 1.500 L/mês lançados ao sistema. O material depositado



Fonte: Novaes *et al.* (2002).

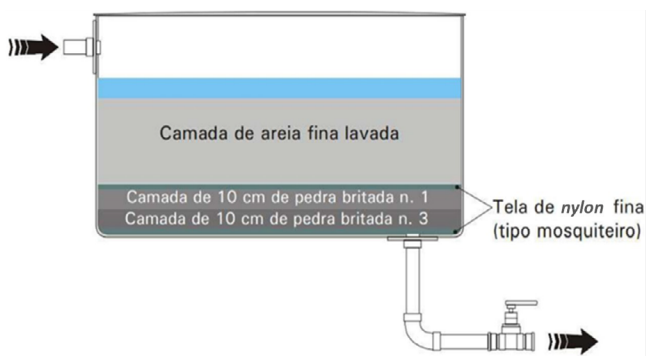
Figura 1 – Esquema do sistema da fossa séptica biodigestora de tratamento de esgotos domésticos instalada.

Fonte: Instituto Terra (2013).

Figura 2 – Adição da mistura de esterco bovino e água na fossa séptica biodigestora de tratamento de esgotos domésticos.

nas caixas fermenta por aproximadamente 35 dias, período suficiente para uma adequada biodigestão (SCHOKENITURRRINO, 1995 *apud* NOVAES *et al.*, 2002).

A coleta do efluente é feita por meio do registro de esfera de 50 mm [item 7 — **Figura 1**] instalado na última caixa. Caso não se queira aproveitar o efluente como adubo e utilizá-lo para irrigação, pode-se montar na terceira caixa um filtro de areia (**Figura 3**), que permitirá a saída de água sem excesso de matéria orgânica dissolvida, quando necessário. O resíduo que fica na terceira caixa, resultado da filtragem, deve ser retirado e pode ser depositado no solo como adubo orgânico (NOVAES *et al.*, 2002).



Fonte: Novaes *et al.* (2002).

Figura 3 – Filtro de área instalado na última caixa caso não seja aproveitado o efluente para adubação.

Segundo Silva, Marmo e Leonel (2017), o efluente tratado, no fim do processo, é um adubo orgânico livre de potenciais patógenos e com quantidade significativa de matéria orgânica e de nutrientes. A aplicação do efluente gerado da biodigestão sobre o solo, em culturas de consumo indireto, tem se mostrado eficiente, uma vez que, concluídas as análises das amostras de solo, verificou-se aumento da matéria orgânica e de alguns nutrientes (NOVAES, 2002 *apud* LIMA *et al.*, 2012).

Ainda segundo estudos realizados por Lima *et al.* (2012), para que a fossa SB tenha melhor eficiência, recomenda-se que o lodo gerado no sistema seja removido a cada três anos. No entanto, aquele aderido às paredes e depositado no fundo, em pequenas quantidades, não deve ser removido, porque será importante para o desenvolvimento mais rápido de nova população bacteriana.

2.2 Caracterização da área de estudo

O município de Aimorés está localizado na bacia hidrográfica do Rio Doce, região leste do Estado de Minas Gerais. A área do município, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), é de 1.348,913 km², sendo 99,73% dessa área constituída por zona rural.

A bacia do Rio Capim está totalmente inclusa na zona rural do município de Aimorés, nascendo no distrito de Alto Capim e banhando os distritos de Conceição do Capim, Expedicionário Alicio, Penha do Capim e São Sebastião da Vala, até desaguar no Rio Manhuaçu, afluente do Rio Doce, a 10 km da sede do município.

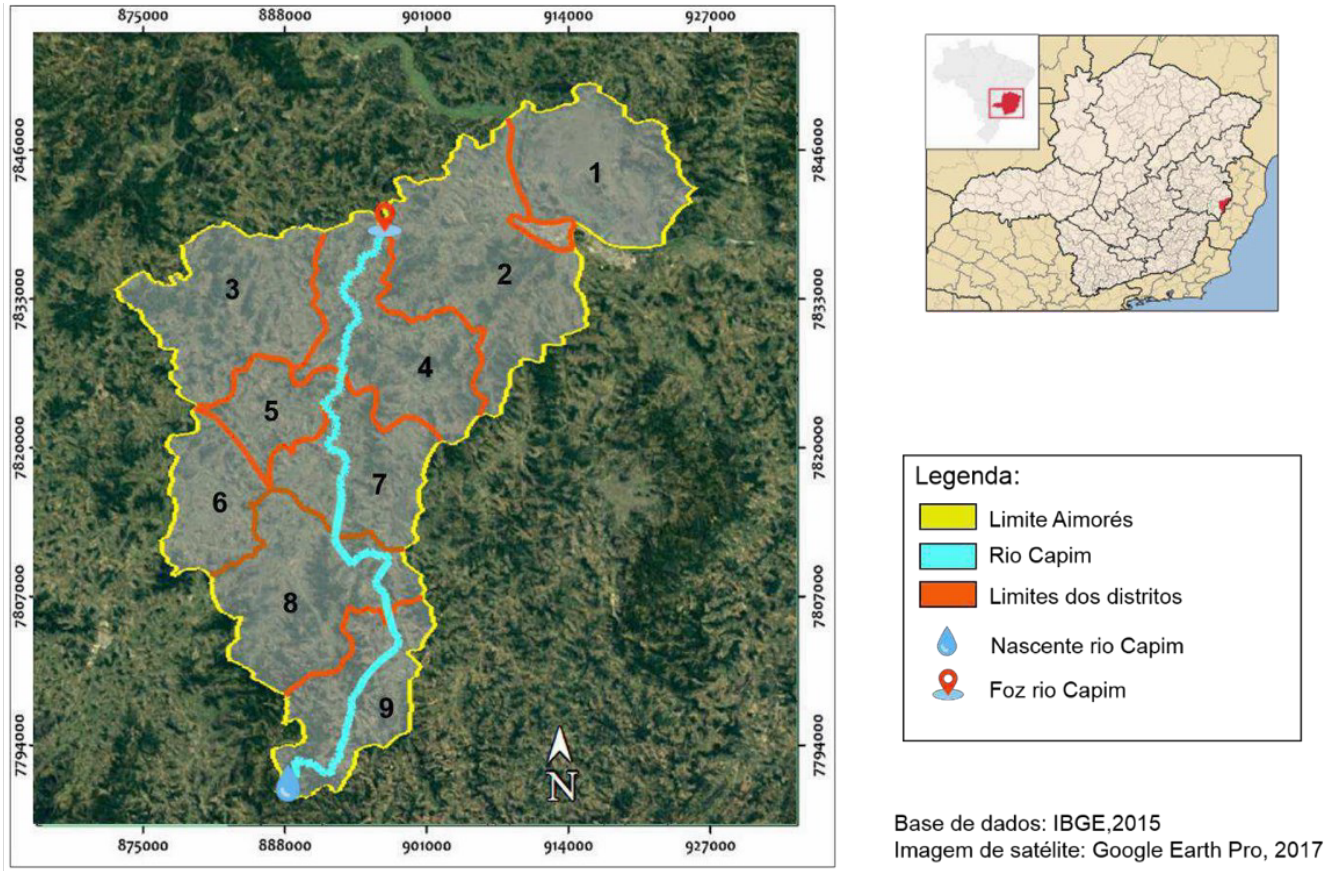
Em consequência da realização indiscriminada de queimadas em suas margens, desmatamento, excessivo, uso da terra para pastagens, o Rio Capim encontra-se em acelerado processo de assoreamento e erosão, até mesmo de desaparecimento por soterramento de suas nascentes, o que provoca diminuição da quantidade de água em seu leito, exigindo ações imediatas para sua recuperação. Por afinidade com a área que abrange a bacia do Rio Capim, este rio foi então escolhido para compor a pesquisa com as fossas SB instaladas nessa bacia.

A instituição responsável pela instalação das fossas SB foi o Instituto Terra, organização sem fins lucrativos com sede no município de Aimorés. Essa organização é dedicada ao desenvolvimento sustentável do Vale do Rio Doce, entre os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo (INSTITUTO TERRA, 2018).

No âmbito da restauração ecossistêmica, o Instituto Terra desenvolveu o Programa Olhos d'Água, que tem por objetivo a recuperação de nascentes, aumentando não somente a quantidade de água com a proteção delas, mas também a qualidade da água da região. É uma das principais ações realizadas para alcançar o proposto, a instalação das fossas SB nas propriedades rurais que abrangem a bacia em questão (**Figura 4**).

Segundo levantamento realizado pelo Instituto Terra, a microbacia do Rio Capim possui 474 nascentes e beneficia 300 produtores rurais. Sendo assim, o referido instituto propôs-se a implantar 180 fossas SB nas propriedades rurais que se sensibilizassem com a realização do programa.

Contudo, até o momento da pesquisa realizada, haviam sido instaladas 124 fossas SB (**Figura 5**) entre os anos de 2012 e 2015 na bacia do Rio Capim, contemplando os distritos de Alto Capim [9], Conceição do Capim [4], Expedicionário Alicio [5], Mundo Novo de Minas [6], Penha do Capim [7], São Sebastião da Vala [8] e Tabaúna [3] (GOMES, 2015). A área considerada como sede e o distrito de Santo Antônio do Rio Doce não receberam a instalação de fossas SB por estarem fora da abrangência da bacia do Rio Capim.



Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 4 – Limites do município de Aimorés com indicação de distritos e delimitação do Rio Capim.

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 5 – Instalação das fossas sépticas biodigestoras de tratamento de esgotos domésticos nas propriedades rurais com a participação da comunidade rural.

2.3 Aquisição de dados

Entre dezembro de 2017 e junho de 2018, o Instituto Terra realizou nas propriedades rurais do município de Aimorés, que receberam as fossas SB, uma pesquisa de campo por meio de questionário formulado por seus técnicos, de modo a gerar dados quantitativos. O resultado desse tipo de pesquisa é obtido de dados numéricos sobre a preferência e o comportamento do consumidor de determinado grupo ou sociedade. O total de questionários realizados até o mês de junho (49) corresponde à amostragem de 39,5% do valor total de fossas SB instaladas na localidade.

Os questionários foram aplicados de forma presencial e por telefone aos proprietários rurais contemplados pelo programa. Após realizarem os questionários, estes foram incluídos em uma ferramenta *online* denominada Formulários do Google Docs, na qual os dados foram analisados por meio de gráficos gerados pela própria ferramenta. Os dados foram adquiridos para este trabalho mediante concessão do Instituto Terra, responsável pela coleta.

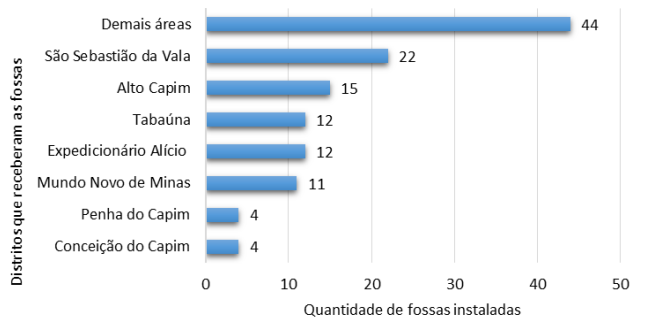
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do estudo realizado, foi possível identificar a instalação de 124 fossas SB nos distritos de Aimorés/MG, distribuídas entre os distritos de Tabaúna, Conceição do Capim, Expedicionário Alicio, Mundo Novo de Minas, Penha do Capim, São Sebastião da Vala e Alto Capim. No entanto, não foi possível identificar a localização da maioria das fossas SB instaladas no município por não haver descrição exata dessas localidades nos dados analisados, ficando as fossas distribuídas conforme a **Figura 6**.

Segundo levantamento, os responsáveis pela manutenção de 77,6% das fossas SB são os proprietários, e essa função é desempenhada predominantemente por homens (81,6%), com idade entre 25 a 76 anos.

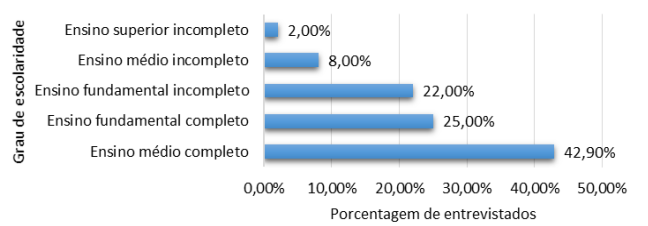
No que concerne ao grau de escolaridade dos produtores rurais, nota-se maior presença de produtores com ensino médio concluído (**Figura 7**) em comparação com aqueles que apresentam baixo grau de ensino, muitos dos quais não chegaram nem sequer a concluir o ensino fundamental.

O fato de mais da metade apresentar nível fundamental completo e incompleto pode ser justificado pela condição financeira de muitos deles. Em vez de priorizarem os estudos, eles eram responsáveis pelo apoio em casa, ajudando na subsistência da família, o que tornava o estudo uma necessidade secundária.



Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 6 – Distribuição de fossas sépticas biodigestoras de tratamento de esgotos domésticos por distrito.



Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 7 – Nível de escolaridade da população rural que foi inserida no programa Olhos d'Água.

Apesar de a internet móvel já ser uma realidade no interior do município de Aimorés, mais da metade (51%) da população rural aimoreense ainda não possui acesso. Esse índice, segundo estudos do IBGE (2018), está ligado ao nível de instrução, pois quanto mais baixo o nível de escolaridade menores são as chances de as pessoas utilizarem a internet.

Segundo o levantamento, 79,6% dos proprietários que receberam as fossas SB possuem renda média de até dois salários-mínimos, diferentemente do restante, que chega a receber entre dois e quatro salários-mínimos. Para se obter uma das fossas SB no mesmo modelo, foi realizado um levantamento de custo para sua instalação com valores fornecidos por lojas de materiais de construção situadas na sede de Aimorés/MG, sendo a média de preço de R$ 1.660 (apenas material de construção). Esse valor é compatível com o que é proposto pelo conceito de tecnologia social, iniciativa mais eficaz para a solução dos problemas sociais relacionados a políticas públicas que abordem a relação ciência-tecnologia-sociedade, num sentido mais coerente com a realidade (DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004), podendo ser facilmente reaplicada a baixo custo. Das fossas SB, 85,7% foram instaladas nas sedes das propriedades e continuam sendo utilizadas em 93,9% delas.

Para aquelas que foram desativadas, um dos principais motivos era o fato de apresentarem mau cheiro — o que, segundo a cartilha produzida pela Fundação Banco do Brasil (2010), seria um indicativo de que a fossa SB não estaria funcionando bem por não receber os cuidados mínimos indicados. Há também a questão da falta de mão de obra para realizar a manutenção, outro dos quesitos apontados como motivação para a desativação das fossas SB, conforme apontado no questionário. Algumas das fossas foram desativadas por não haver moradores (o que justificaria a não produção de adubo, em alguns casos, no fim do processo, conforme resultados demostrados posteriormente).

Conforme orientação dos técnicos durante as visitas para a apresentação das fossas sépticas, todos estão utilizando mistura de esterco bovino e água (10 L de esterco

para 10 L de água) nas fossas. A frequência do uso do esterco foi indicada em 80% das fossas, adicionando-se a mistura de 30 em 30 dias, porém 20% das fossas SB estão recebendo a mistura em frequência diferente do indicado; segundo Pires (2014), isso pode gerar o mau funcionamento de algumas fossas SB. A frequência inadequada do uso do esterco pode ter ligação com a falta de informação transmitidas durante a instalação das fossas.

Não existe indicação sobre a procedência do esterco, porém, segundo orientação de Silva, Marmo e Leonel (2017), é necessário que ele esteja fresco para ser misturado com a água e incluído na fossa SB. Em 91% dos casos o esterco é coletado na propriedade e demora cerca de 15 minutos, em 69% dos casos, para ser misturado com a água e depositado na fossa SB. Não houve valor considerado para aqueles que demoram mais de 24 horas para coletar o esterco e adicioná-lo à fossa SB; assim, os problemas de manutenção apresentados não estão ligados ao tempo de coleta do esterco até sua utilização.

Com o intuito de proteger o sistema das caixas, como é aconselhado por Pires (2014), 46,9% das fossas SB estão cercadas para que seja evitado o trânsito de animais e pessoas próximo às fossas SB. Os demais, que afirmaram não cercar as fossas, não declararam se tiveram problemas por conta da falta da cerca, tendo em vista que é aconselhado pela cartilha da Fundação Banco do Brasil (2010) que as fossas SB sejam instaladas próximo às casas, onde não sofreriam pisoteio de grandes animais, com probabilidade de quebra das tampas.

Segundo Costa e Guilhoto (2014), as duas primeiras caixas, onde ocorre o processo de biodigestão, devem ser enterradas no solo com as tampas pintadas de preto, favorecendo a absorção de radiação e o aumento da temperatura. Apesar disso, em 91,8% dos casos, os responsáveis pela manutenção afirmam que as tampas ainda não tiveram necessidade de ser repintadas de preto, como indicado nas orientações.

Um dos grandes benefícios da instalação das fossas SB é o resultado gerado na terceira caixa. O adubo líquido pode ser utilizado na adubação do solo de pastagens, de culturas frutíferas e outras de ciclo longo, como canaviais e paineiras, bem como no preparo do solo para o cultivo de hortaliças (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010), aumentando a produtividade agrícola, uma vez que contém nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas (FAUSTINO, 2007).

Entretanto, em 49% dos casos, o efluente final é descartado, segundo os usuários, por não possuir (63,6%) utilidade necessária na propriedade. Outros 27,3% não possuem mão de obra para utilizar o adubo e 4,5% consideram complicado o uso. O adubo que não é descartado é utilizado, em sua maior parte, em pastagens (26,5%), culturas (milho, feijão e café — 10,1%) e árvores frutíferas (4,1%); 8% afirmam que não produziram adubo suficiente para o uso, e, apesar de não isto ser o indicado segundo Silva, Marmo e Leonel (2017), 2% dos entrevistados utilizam o adubo em hortaliças. Para os usuários que estão aproveitando o adubo em suas propriedades, os resultados alcançados são considerados bons em 92% e muito bons em 4% dos casos; o restante considera-os regulares.

Durante a análise dos resultados, pode-se concluir que as fossas SB não são de difícil manutenção, já que 93,9% dos entrevistados afirmam que não enfrentam/enfrentaram dificuldade em sua manutenção, e apenas 6,1% afirmam que sim — porém estes, apesar de terem alguma dificuldade, não solicitaram orientação técnica para solucionar os problemas enfrentados.

No questionário, no ícone aberto para outros problemas enfrentados, alguns entrevistados citaram a presença de insetos como moscas e pernilongos em excesso próximo à casa após a instalação das fossas SB, assim como o odor forte e característico de esgoto. A situação apontada pode ser um agravante para a aceitação da fossa SB pelos usuários e um indicativo da falta de manutenção correta. Entretanto, para 81,6% dos entrevistados, não houve qualquer tipo de reclamação sobre fatos acontecidos após a instalação das fossas SB.

Para uma tecnologia ser aceita por muitas pessoas, é necessário que ela seja vista com bons olhos por aqueles que já a utilizam. Assim, é importante ressaltar a quantidade de pessoas que apreciam os resultados apresentados em sua propriedade com a instalação das fossas SB. São apontados 93,9% de entrevistados com avaliação de bom e muito bom resultado, o que é um elevado grau de

confiabilidade pelos usuários. Por conseguinte, 95,9% indicariam a instalação das fossas SB para seus vizinhos e amigos.

4 CONCLUSÕES

Dessa forma, conclui-se que os efeitos da instalação das fossas sépticas biodigestoras foram positivos por apresentarem boa aceitação pela população rural, baixo custo de implantação e pouca necessidade de manutenção. Além disso, elas alcançaram o que é proposto para se adequarem a uma tecnologia social, sendo de fácil expansão e, assim, promovendo maior qualidade de vida da população, sustentabilidade ambiental e melhoria da saúde ambiental.

Constata-se, ainda, a importância dessa tecnologia social para o desenvolvimento da população rural, sobretudo na agricultura de subsistência, na prevenção e controle da poluição dos ambientes aquáticos, entre outros. Outro fato relevante é o custo para a aquisição dos materiais de construção de tal sistema, que ficam abaixo de R$ 2.000,00, sendo necessária apenas a mão de obra. Esta, por sua vez, pode ocorrer de forma colaborativa (o que é característica imprescindível para as TC) entre os membros da comunidade, com a mentoria de um profissional qualificado.

Por fim, verifica-se a efetividade do sistema e a satisfação dos usuários (93,9%), de modo tal que 95,9% dos entrevistados indicam sua utilização para outras famílias. Essa confiabilidade é um aspecto relevante para a disseminação da tecnologia, sobretudo por sua consolidação no meio e pela garantia quanto ao entendimento do que preconiza o Plano Nacional de Saneamento Rural.

REFERÊNCIAS

BRITO, J. Fossa séptica biodigestora: Uma opção viável e economicamente sustentável. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, 2009.

CHERNICHARO, C.A.L. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:* reatores anaeróbios. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. esp., p. 51-60, 2014. https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000171

DAGNINO, R.; BRANDÃO, F.C.; NOVAES, H.T. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. *In*: LASSANCE JUNIOR, A. (org.). *Tecnologia social:* uma estratégia para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p. 65-81. Disponível em: http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/18_ref_capes/arquivos/arquivo_110.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

FAUSTINO, A.S. *Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo*. 2007. 121f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6439?show=full. Acesso em: 20 maio 2020.

FRANZONI, G.B.; SILVA, T.N. Inovação social e tecnologia social: o caso da cadeia curta de agricultores familiares e a alimentação escolar em Porto Alegre/RS. *Desenvolvimento em Questão*, v. 14, n. 37, p. 353-386, 2016. https://doi.org/10.21527/2237-6453.2016.37.353-386

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. Tecnologia Social. *Fossa séptica biodigestora:* saúde e renda no campo. Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2010. (cartilha.)

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). *Programa Nacional de Saneamento Rural*. Brasília: FUNASA, 2019. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb. Acesso em: 15 maio 2020.

GOMES, C. *Programa Olhos D'Água:* projeto de proteção e recuperação de nascentes na microbacia do Rio Capim: relatório. Aimorés: Instituto Terra, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). PNAD Contínua TIC 2016: 94,2% das pessoas que utilizaram a Internet o fizeram para trocar mensagens. *Agência IBGE Notícias*, 21 fev. 2018. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-denoticias/releases/20073-pnad-continua-tic-2016-94-2-das-pessoas-que-utilizaram-ainternet-o-fizeram-para-trocar-mensagens.html. Acesso em: 9 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Território e ambiente:* Aimorés: IBGE, 2017. Disponível

em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/aimores/panorama. Acesso em: 4 abr. 2018.

INSTITUTO TERRA. *Arquivo público* [adquirido por pen-drive]. 2013. 2 fotografias. il. color.

INSTITUTO TERRA. *Quem somos:* O Instituto Terra. Disponível em: https://institutoterra.org/o-instituto/. Acesso em: 30 mar. 2018.

LASSANCE JUNIOR, A. (org.). *Tecnologia social:* uma estratégia para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

LEONEL, L.F.; MARTELLI, L.F.A.; SILVA, W.T.L. Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante. *In*: SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT, 3., 2013. *Anais* [...]. São Pedro, 2013.

LIMA, F.T.S.; PEREIRA, C.S.S.; PEREIRA, A.R.; CÂNDIDA, F.F.S. Projeto de Implantação de Sistema de Fossa Séptica Biodigestora e Clorador no Sítio Rio Manso/RJ. *Revista Fluminense de Extensão Universitária*, v. 2, n. 2, p. 11-26, 2012.

NOVAES, A.P.; SIMOES, M.L.; MARTIN-NETO, L.; CRUVINEL, P.E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E.H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A.R.A. *Utilização de uma fossa séptica biodigestora para a melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica*. Comunicado Técnico 46. Brasil: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. 5 p. il. color.

PERES, L.J.S.; HUSSAR, G.J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 20-36, 2010.

PIRES, G.A. *Solo e água protegidos da contaminação:* os benefícios da utilização da fossa séptica. Minas Gerais: Sindicato dos Trabalhadores em Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais, 2014. ano 6, ed. 4. Disponível em: http://sinter-mg.org.br/orgao/wp-content/uploads/2014/11/Agroecol%C3%B3gico_Edi%C3%A7%C3%A3o-4.pdf. Acesso em: 30 mar. 2018.

POSTIGO, M.D.; BRESSANE, A.; FRANCESCHINI, G.; CHAVES, M.R.M.; LONGO, R.M. Avaliação da eficiência de fossa séptica de baixo custo desenvolvida para o saneamento rural. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 14, n. 1, p. 26-35, 2017.

RAMOS, M.F. *Tecnologia social como facilitadora para tratamento de esgoto em área rural*. 2017. 151f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-17052017-113437/pt-br.php. Acesso em: 10 jun. 2020.

RIBEIRO, P.E.A.; BARROS, L.C.; RODRIGUES, L.S.; MINGOTE, D.A.; MARMO, C.R. Disseminação de tecnologias sociais e percepção da população rural sobre a implantação de fossas sépticas biodigestoras: estudo de caso. Embrapa Milho e Sorgo, 2017. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1063693. Acesso em: 30 mar. 2018.

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

© 2023 Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos de licença Creative Commons.